

lijmen algemeen

algemene inleiding in de kenmerken van de lijmtechniek
en in de kenmerken van lijmsystemen

vm 86

VWM

lijmen algemeen

*algemene inleiding in de kenmerken van de lijmtechniek
en in de kenmerken van lijmsystemen*

vm 86



een uitgave van de

Vereniging FME-CWM
vereniging van ondernemers in de
technologisch-industriële sector

Boerhaavelaan 40

Postbus 190, 2700 AD Zoetermeer
Telefoon: (079) 353 11 00
Telefax: (079) 353 13 65
E-mail: info@fme.nl
Internet: <http://www.fme.nl>

© Vereniging FME-CWM/januari 2008

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke ander wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Hoewel grote zorg is besteed aan de waarborging van een correcte en, waar nodig, volledige uiteenzetting van relevante informatie, wijzen de bij de totstandkoming van de onderhavige publicatie betrokkenen alle aansprakelijkheid voor schade als gevolg van onjuistheden en/of onvolkomenheden in deze publicatie van de hand.

Vereniging FME-CWM
Afdeling Technologie en Innovatie
Postbus 190, 2700 AD Zoetermeer
telefoon 079 - 353 11 00
telefax 079 - 353 13 65
e-mail: info@fme.nl
internet: <http://www.fme.nl>

lijmen algemeen

algemene inleiding in de kenmerken van de lijmtechniek en in de kenmerken van lijmsystemen

Toelichting:

In het kader van actualisering van voorlichtingspublicaties (een samenwerkingsverband tussen FDP, FME, NIL, NIMR, Syntens en TNO Industrie & Techniek), is deze voorlichtingspublicatie aangepast aan de huidige stand der techniek. De originele publicatie is in 1991 tot stand gekomen door samenwerking van de Vereniging FME/CWM en het Nederlands Instituut voor Lastechniek in het kader van het FME/NIL project "Het lijmen als verbindingstechniek".

Deze publicatie vormt een deel van een serie voorlichtingspublicaties over lijmtechnieken. De andere publicaties in deze reeks zijn:

- VM 87 lijmen van metalen;
- VM 88 lijmen van kunststoffen;
- VM 89 keuren van lijmen en lijmverbindingen.

Het lijmen als verbindingstechniek is sterk in opkomst. Het lijmen heeft zich internationaal al een goede positie weten te veroveren naast andere verbindingstechnieken, zoals lassen, solderen en mechanische verbindingstechnieken. Dit komt onder meer door het toenemend gebruik van nieuwe, moeilijk lasbare materialen (bijvoorbeeld beklede staalplaat, technische kunststoffen) en door de toenemende vraag naar het verbinden van ongelijksoortige materialen. Ook zijn er vele ontwikkelingen op het gebied van geavanceerde applicatie-apparatuur en op het gebied van nieuwe lijmformuleringen.

In vele takken van industrie wordt al gebruik gemaakt van de voordelen van het toepassen van de lijmtechnologie. Ontwerpvrijheid bij het construeren, een betere corrosiebestendigheid van de verbinding en een grotere demping van mechanische en geluidstrillingen zijn er enkele voorbeelden van.

De Nederlandse industrie maakt in sommige sectoren onvoldoende gebruik van de mogelijkheden van de lijmtechnologie. Dit is onder meer veroorzaakt door het ontbreken van goede nederlandsstalige voorlichtingspublicaties. De FME en het NIL hebben indertijd het initiatief genomen om de bestaande kennis op overzichtelijke wijze in een aantal voorlichtingspublicaties te bundelen.

De voorlichtingspublicaties zijn zeer geschikt als handleiding bij de introductie van de lijmtechnologie in bedrijven, onderwijsinstellingen of andere organisaties.

Samengesteld in 1991 door:

R.M. Lankreijer (KRI-TNO) en E.H.P. Logtenberg (Hechtingsinstituut TU Delft)

Herzien in 2007 door:

A. Kwakernaak, J.A. Poulis, P.A. de Regt (Hechtingsinstituut TU Delft)

Technische informatie:

Nederlands Instituut voor Lastechniek

- bezoek en correspondentie-adres: Boerhavelaan 40, Zoetermeer (wijk 15)
- correspondentie-adres: Postbus 190, 2700 AD Zoetermeer
- telefoon: 088-4008560
- telefax: 079-3531178
- e-mail: info@nil.nl
- internet: www.nil.nl

Hechtingsinstituut TU Delft

- bezoek- en correspondentie-adres: Kluyverweg1, 2629 HS Delft
- telefoon: 015-2785353
- telefax: 015-2787151
- e-mail: info@hechtingsinstituut.nl
- internet: www.hechtingsinstituut.nl

Informatie over en bestelling van VM-publicaties, Praktijkaanbevelingen en Tech-Info-bladen:

Vereniging FME-CWM, afdeling Technologie en Innovatie/Industrieel Technologie Centrum (ITC)

- bezoekadres: Boerhavelaan 40, Zoetermeer (wijk 15)
- correspondentie-adres: Postbus 190, 2700 AD Zoetermeer
- telefoon: 079-3531341/3531100
- telefax: 079-3531365
- e-mail: info@fme.nl
- internet: www.fme.nl

Inhoudsopgave

1 Inleiding	5	6 Aanbreng- en verhardingstechnieken	29
1.1 Verbindingstechnieken	5	6.1 Het aanbrengen van de lijm	29
1.2 Wat is lijmen?	5	6.1.1 Het aanbrengen van vloeibare lijm	29
1.3 Specifieke voor- en nadelen van het lijmen	6	6.1.2 Het aanbrengen van lijm in vaste vorm	31
1.4 Stappen die de lijmtechniek bepalen	6	6.2 Het totstandkomen van de lijmverbinding	32
1.5 Kwaliteitszorg	6	6.2.1 Verhardingsdruk	32
2 Indeling van lijmen	8	6.2.2 Verhardingstemperatuur	33
2.1 Inleiding	8	6.2.3 Verhardingstijd	33
2.2 Indeling van lijmtypen	8	6.3 Bijzondere toepassingen	33
2.2.1 Natuurlijke versus synthetische lijmen	8	6.3.1 Aanbrengen van de lijm	33
2.2.2 Functie	8	6.3.2 Voorwaarden	34
2.2.3 Chemische karakterisering	8	6.3.3 Doseerinstallatie	34
2.2.4 Fysische karakterisering	8	6.3.4 Onderhoud van lijm/kit-installaties	34
2.2.5 Aantal componenten	8	7 Veiligheid en hygiëne	35
2.2.6 Wijze van aanbrengen	8	7.1 Algemeen	35
2.2.7 Wijze van uitharden	9	7.2 Maatregelen bij voorbehandelingen	35
2.2.8 Verschijningsvorm	9	7.3 Maatregelen bij het werken met lijmen	35
2.2.9 Type oplosmiddel	9	7.4 Werkplek	36
2.2.10 Mengvormen	9	7.5 EHBO	36
3 Kenmerkende eigenschappen van de verschillende lijmtypen	10	7.6 Maatregelen per type lijm	36
3.1 Dispersielijmen	10	Literatuur	37
3.2 Smeltlijmen	10	Definities	38
3.3 Contactlijmen	11	Overzicht lijmleveranciers en enige veelgebruikte lijmen	39
3.4 Oplosmiddellijmen	11	Trefwoordenregister	40
3.5 Dubbelzijdig kleefband	12		
3.6 No-mix acrylaatlijmen	13		
3.7 Anaërobe lijmen	14		
3.8 Cyanoacrylaatlijmen	15		
3.9 Epoxylijmen	16		
3.10 Polyurethaanlijmen	17		
3.10.1 Eencomponent oplosmiddelvrije systemen	17		
3.10.2 Tweecomponenten oplosmiddelvrije systemen	17		
3.10.3 PUR-smeltlijmen	18		
3.11 PVC-plastisol	19		
3.12 Ureumformaldehydelijmen	19		
3.13 Fenol-/resorcinollijmen	20		
3.14 Siliconenlijmen	20		
3.15 Anorganische lijmen	21		
3.16 MS polymeren	21		
3.17 Primers en bindmiddelen voor rubber/metaalverbindingen	22		
4 Toeslagstoffen	23		
4.1 Harsen	23		
4.2 Verharders	23		
4.3 Vernetters	23		
4.4 Versnellers en katalysatoren	23		
4.5 Stabilisatoren	23		
4.6 Vulstoffen	23		
4.7 Weekmakers	24		
4.8 Hechtverbetersaars en primers	24		
4.9 Oplosmiddelen	24		
4.10 Dispergeermiddelen	25		
4.11 Verdunningsmiddelen	25		
5 De keuze van het lijmtypen	26		

Hoofdstuk 1

Inleiding

Deze publicatie geeft een overzicht van de huidige stand van zaken met betrekking tot de algemene aspecten van lijmen. Hierbij is met name aandacht gegeven aan de naamgeving en indeling van lijmen, de belangrijkste eigenschappen van de verschillende lijmtypen, de mogelijke bestanddelen van een lijm, de aanbreng- en verhardingstechnieken, veiligheid en hygiëne. Tevens is in de bijlage een lijst van Nederlandse lijmleveranciers opgenomen.

Meer gedetailleerde informatie met betrekking tot het lijmen van metalen en kunststoffen is opgenomen in de publicaties "lijmen van metalen" (VM 87) respectievelijk "lijmen van kunststoffen" (VM 88). In de publicatie "keuren van lijmen en lijmverbindingen" (VM 89) zijn de onderwerpen kwaliteitsbeheersing en beproeven van een lijmverbinding uitvoeriger beschreven.

1.1 *Verbindingstechnieken*

Het lijmen is één van de vele technieken om materialen met elkaar te verbinden naast het lassen, het solderen en het mechanisch verbinden. De ontwerper en constructeur zullen telkens moeten kiezen welke techniek men zal gaan gebruiken. Ook combinaties van verbindingstechnieken zijn veelal mogelijk. De zogeheten hybride verbindingen. Bij de keuze voor een bepaalde techniek moet rekening worden gehouden met vele overwegingen. Enkele daarvan worden hier besproken.

Welke eisen worden aan het product gesteld?

Hierbij kan het gaan om de sterkte van het product en als afgeleide daarvan van de verbinding, maar ook om duurzaamheid tegen vochtinwerking, temperaturen (inclusief hoge temperaturen bij brand, rookontwikkeling en dergelijke), vermoeiing, schokbelasting en dergelijke. Ook esthetische aspecten kunnen een grote rol spelen, iedere techniek heeft haar eigen invloed op het uiterlijk van het product.

Welke eisen worden specifiek aan de verbinding gesteld?

De karakteristieken van de verbinding worden bepaald door het ontwerp van de verbinding in relatie tot de gekozen materialen en de gekozen verbindingstechniek. Het ontwerp bepaalt mede, zelfs in sterke mate, de eigenschappen van de verbinding. Er zijn soms duidelijke eisen te stellen aan de flexibiliteit van de verbinding, aan geleiding (elektronische componenten), aan bestandheid tegen inwerking door UV-licht (denk bijvoorbeeld aan een op het glas gelijmde spiegel in een auto), de bestandheid tegen vermoeiing enz..

De keuze voor een verbindingstechniek is ook afhankelijk van de materiaalkeuze!

Er wordt overigens nog te weinig aan gedacht om de materiaalkeuze ook af te laten hangen van de meest wenselijke verbindingstechniek. Ongelijksoortige materialen laten zich niet of moeizaam lassen, maar zijn weer wel te verlijmen. Sommige metalen en kunststoffen zijn moeilijk te lijmen, andere metalen en kunststoffen zijn weer moeilijk te lassen. Beschadigingen in de materialen door bijvoorbeeld het aanbrengen van boorgaten zijn soms ongewenst uit oogpunt van sterkte, uit oogpunt van vermoeiingseigenschappen en/of uit esthetisch oogpunt.

De mogelijkheden bij de productie zelf zijn van groot belang. Hier spelen bijvoorbeeld doorlooptijd, bereikbaarheid van de verbinding (hangt mede af van het ontwerp!), bewerkelijkheid, bijvoorbeeld door vereiste

voorbehandelingen, eventueel vereiste naharding en/of nabewerking.

Ook het realiseerbare niveau van kwaliteitsborging kan bepalend zijn. Voor belangrijke verbindingen in seriematige producten kan een mate van materiaal- en procesbeheersing nodig zijn, die misschien door het bedrijf niet kan worden opgebracht.

Uiteraard wordt de keuze voor een verbindingstechniek uiteindelijk bepaald op grond van economische afwegingen. Daarbij blijkt het vaak moeilijk om de kosten (en baten!) van verschillende verbindingsmethoden tegen elkaar af te wegen. Voor het berekenen/afschatten van de prijs van een verbinding moet niet alleen rekening worden gehouden met bijvoorbeeld de prijs van de lijm, maar ook met de kosten voor applicatie-apparatuur, doorloopsnelheid, ontwerptijd, invloed op voor- en nabewerkingen, enzovoorts.

Overwegingen zijn:

- ▶ mogelijke besparing in ontwerp- en constructietijd;
- ▶ ruimere maat- en oppervlaktetoleranties toelaatbaar;
- ▶ verhoging van de duurzaamheid en betrouwbaarheid;
- ▶ verlaging van de onderhoudskosten;
- ▶ eventuele extra benodigde tijd en kosten voor apparatuur ten bate van voorbehandeling van oppervlakken;
- ▶ extra inspanning en apparatuur voor procescontrole;
- ▶ kosten met betrekking tot veiligheid, arbeidsomstandigheden en milieu;
- ▶ kosten personeel en personeelsopleiding.

Hieronder staan, louter voor de beeldvorming en zeer onvolledig weergegeven, enkele karakteristieken van verschillende verbindingstechnieken:

Lassen (booglassen, ultrasoon lassen, laserlassen, thermocompressie enz.):

Verbinden door de materialen onderling te laten versmelten; hierbij zijn plaatselijk zeer hoge temperaturen nodig. De verbinding moet goed bereikbaar zijn voor de lasapparatuur.

Solderen

Verbinden van materialen onderling door gebruik te maken van een smeltbare metallische tussenstof. Ook hierbij zijn plaatselijk hoge temperaturen nodig, zij het lagere dan bij het lassen. De verbinding moet goed bereikbaar zijn voor de soldeerapparatuur.

Mechanisch verbinden (bouten, schroeven, felsen, klinken, nieten, enz.)

Bij schroef/boutverbindingen moeten de te verbinden materialen worden beschadigd. De verbinding is eenvoudig te demonteren. Iets dergelijks geldt voor klink-verbindingen. Voor het klinken moeten de materialen goed vervormd kunnen worden. Bij mechanische verbindingstechnieken worden de materialen niet aan hoge temperaturen blootgesteld.

Lijmen

Verbinden met behulp van een vloeibaar, meestal organisch materiaal (soort kunststof). De te verbinden materialen worden niet beschadigd. Soms is een hoge temperatuur voor uitharding van de lijm vereist.

1.2 *Wat is lijmen?*

Lijmen is een verbindingstechniek naast andere verbindingen als klinken, solderen, lassen enz.. We spreken van gebruik van de lijmtechniek (het lijmen) wanneer twee delen aan elkaar worden bevestigd met behulp van een niet-metallische tussenstof die zich hecht aan het oppervlak van beide delen (adhesie) en die ook zelf voldoende sterkte bezit (cohesie). Deze tussenstof noemen we lijm. Kenmerkend is nog dat de tussenstof meestal in een relatief dunne laag wordt aangebracht en vanuit een vloeibaar of plastisch stadium overgaat in een verharde toestand. Een uitzondering op dit

laatste is een niet-verhardende lijm op een tape. Hierbij kan weliswaar de hechtsterkte in de loop van de tijd toenemen, doordat de lijmoleculen langzaam aan beter met het oppervlak contact krijgen, de sterkte van de lijm laag zelf zal daarbij vaak niet veranderen.

1.3 *Specifieke voor- en nadelen van het lijmen*

Gelet op de specifieke eigenschappen en mogelijkheden van een lijmverbinding wordt het lijmen niet alleen als vervanging van andere verbindingsmethoden gebruikt, maar heeft het een eigen unieke positie in het scala van verbindingstechnieken verworven. In deze publicatie kan niet worden ingegaan op alle karakteristieken van de diverse verbindingstechnieken. Een aantal voor- en nadelen van het gebruik van de lijmtechniek wordt hieronder weergegeven.

Lijmverbindingen bieden de volgende voordelen:

- ▶ lijmverbindingen zijn "ononderbroken" verbindingen; vervormen of verzwakken van de te verbinden materialen, zoals bij klinken en bouten, is bij lijmen niet nodig;
- ▶ lijmverbindingen zorgen voor een gelijkmatige verdeling van spanningen in de verbinding, waardoor een hoge vermoeiingssterkte kan worden verkregen;
- ▶ ongelijksoortige materialen kunnen met elkaar worden verbonden;
- ▶ de verbindingen zijn vaak onzichtbaar, hetgeen het uiterlijk van het product ten goede kan komen;
- ▶ de verbindingen zijn vloeistof- en dikwijls ook gasdicht, waardoor elektrolytische spleetcorrosie wordt voorkomen;
- ▶ zeer dunne materialen en kleine onderdelen kunnen worden verbonden, waardoor miniaturisatie mogelijk is;
- ▶ zowel elektrisch als thermisch geleidende of isolerende verbindingen kunnen worden gemaakt;
- ▶ lijmverbindingen dempen trillingen zoals vibraties of geluid;
- ▶ de ontwerp mogelijkheden worden vergroot;
- ▶ de ontwerp- en constructietijd kan aanzienlijk verminderen;
- ▶ de maattoleranties kunnen minder streng zijn indien de lijm de juiste spleetvullende eigenschappen heeft;
- ▶ onderbreken van warmte-/koudebruggen.

Nadelen kunnen zijn:

- ▶ het maken van een lijmverbinding vergt meestal extra zorg en toezicht;
- ▶ voor een optimale verbinding moeten de te verbinden materialen veelal zorgvuldig worden voorbehandeld;
- ▶ de sterkte van de lijmverbinding als constructie-element is vooraf moeilijk te berekenen;
- ▶ de verkregen hechting is achteraf moeilijk niet-destructief te controleren;
- ▶ er moet een droog- of verhardingstijd in acht worden genomen. Hierdoor moet de verbinding vaak gedurende langere tijd goed gepositioneerd blijven (klemmen). Daarnaast is een langere droog- of verhardingstijd soms nadelig voor de doorlooptijd;
- ▶ de verbindingen kunnen over het algemeen moeilijk worden gedemonteerd.

1.4 *Stappen die de lijmtechniek bepalen*

Voordat een product met een lijmverbinding kan worden geproduceerd, zal er besloten moeten zijn welke lijmtechniek er voor deze verbinding zal gaan worden toegepast. Een optimale lijmverbinding kan worden verkregen, indien tegelijkertijd met verschillende aspecten van het hele lijmproces rekening wordt gehouden. De volgende acht aspecten die hier worden genoemd zijn allen belangrijk en kunnen niet los van elkaar

worden beoordeeld:

- ▶ constructie;
- ▶ substraatmaterialen;
- ▶ type lijm;
- ▶ voorbehandeling;
- ▶ applicatie;
- ▶ uitharden;
- ▶ testen;
- ▶ milieu en Arbo-wet.

Eisen, die worden gesteld aan het product, kunnen worden vertaald in eisen te stellen aan de constructie (sterkte, duurzaamheid, lichtdoorlatendheid, enz.). Dit heeft duidelijk gevolgen voor de keuze van het type lijm, de voorbehandeling en het testen. Omgekeerd stelt het hele lijmproces ook eisen aan het ontwerp van de verbinding.

De keuze van substraatmaterialen is vaak beperkt, omdat deze keuze in sterke mate wordt bepaald door andere aan het product te stellen eisen. De keuze van substraatmaterialen heeft direct gevolgen voor de keuze van het type lijm en de voorbehandeling.

De keuze van het type lijm wordt voornamelijk bepaald door de constructie, de toepassing, de substraatmaterialen en het uitharden. Een randvoorwaarde kan zijn de beschikbaarheid van applicatie-apparatuur. De keuze van het type lijm heeft gevolgen voor applicatie, uitharden en milieu en Arbo-wet.

Als voorgaande is uitgekristalliseerd, dan kan de voorbehandeling en de applicatie-apparatuur worden gekozen. Door het testen kan worden onderzocht of de eisen gesteld aan de constructie zijn gehaald. Het resultaat van een test kan door alle bovengenoemde aspecten (negatief) worden beïnvloed. Het testen of keuren van lijmen en lijmverbindingen wordt uitvoerig beschreven in de voorlichtingspublicatie VM 89 "keuren van lijmen en lijmverbindingen".

De eisen gesteld aan het hele lijmproces door (toekomstige) milieuwetgeving en Arbo-wet kunnen gevolgen hebben voor de keuze van type lijm, voorbehandeling en applicatie, of kunnen noodzaken tot additionele kosten voor bescherming van milieu en mens.

In het voorgaande is een opsomming gegeven van factoren die de keuze bepalen voor het al dan niet gebruiken van de lijmtechniek. Er is een aantal stappen te onderscheiden in het proces van het lijmen. Elk van deze stappen moet goed worden overwogen en op schrift worden gesteld, alvorens een definitieve keuze voor de techniek en de wijze van uitvoering kan worden gemaakt. Voor het maken van een goede keuze moet allereerst bij iedere stap duidelijk zijn wat de *eisen* en wat de *wensen* zijn. Eisen zijn voorwaarden waarvan niet mag worden afgeweken, omdat anders het uiteindelijke product niet zal voldoen. Wensen kunnen worden afgewogen tegen andere voor- en nadelen. Voorbeeld: een eis kan zijn de bestendigheid tegen water. Dit kan worden gerealiseerd door een juiste combinatie van voorbehandeling en lijmkeuze (de lijm respectievelijk de hechting moet bestand zijn tegen inwerking van water), maar ook door het ontwerp (zorgen dat water de lijmvoeg niet kan bereiken). Een wens kan zijn een snelle uithardtijd; gebruik van een langzaam uithardende lijm kan dan soms toch voordelig blijken, omdat bij andere stappen (fraaiere ontwerp, minder kosten voor nabewerking) het "tijdverlies" wordt gecompenseerd.

1.5 *Kwaliteitszorg*

Zoals bij ieder productie-onderdeel vereist de lijmtechniek goede kwaliteitszorg. Kwaliteitszorg is met name voor een lijmtechniek van belang, omdat een lijmverbinding moeilijk is te testen.

Dat betekent dat van iedere stap moet worden nagegaan wat er precies wel (en soms ook wat er niet) gedaan moet worden en dat één en ander voldoende moet worden vastgelegd in voorschriften. Dit geldt met name voor zaken als het voorbehandelen, zekerheid omtrent de kwaliteit van de lijm, het mengen van meercomponentensystemen, het uitharden en het testen. Het proces moet aan de hand van deze voorschriften worden afgewerkt. De controle op de naleving van de werkvoorschriften moet gewaarborgd zijn via een kwaliteitsborgingssysteem. Het voert te ver om binnen het bestek van deze voorlichtingspublicatie deze procedures uitvoerig te beschrijven. Meer informatie is te vinden in bijvoorbeeld de normbladen NEN-ISO 9000, 9001, 9002, 9003 en 9004 en in de publicatie VM 89 "keuren van lijmen en lijmverbindingen".

Hoofdstuk 2

Indeling van lijmen

2.1 Inleiding

In het dagelijkse taalgebruik worden lijmen vaak op een willekeurige manier ingedeeld. Zo worden bijvoorbeeld "witte lijm", "dispersielijm" en "polyvinylacetaatlijm" alle gebruikt om één lijmtypen aan te duiden. De indeling is dan gemaakt op basis van uiterlijk ("wit"), verschijningsvorm ("dispersie") of chemische structuur van het bindmiddel ("polyvinylacetaat"). Ook worden soms in één adem genoemd de epoxylijm, de secundelijm en de smeltlijm. Hier worden achtereenvolgens de indeling op chemie, op snelheid van uitharden en op wijze van aanbrengen (de lijm die eerst moet worden gesmolten) genoemd. In dit hoofdstuk zal worden aangegeven waar die indelingen vandaan komen en welke formele indelingen kunnen worden gemaakt. Indelingen die behandeld zullen worden zijn gebaseerd op:

1. natuurlijke versus synthetische lijmen;
2. functie;
3. chemische karakterisering;
4. fysische karakterisering;
5. aantal componenten;
6. wijze van aanbrengen;
7. wijze van uitharden;
8. verschijningsvorm;
9. type oplosmiddel;
10. mengvormen.

Voor de praktijk is uiteraard vooral belangrijk dat gesprekspartners van elkaar precies weten waar ze het over hebben. Ofwel: dat de bedoelde "witte lijm" tevens een "dispersielijm" is op basis van "polyvinylacetaat", terwijl men zich realiseert dat ook andere lijmen wit kunnen zijn en dat er meerdere soorten dispersielijmen zijn, waarvan ook andere bestanddelen dan polyvinylacetaat deel kunnen uitmaken.

2.2 Indeling van lijmtypen

2.2.1 Natuurlijke versus synthetische lijmen

Onder natuurlijke lijmen vallen alle lijmen die direct afkomstig zijn van plantaardige of dierlijke oorsprong, inclusief de natuurlijke gommen en rubbers. Voorbeelden hiervan zijn caseïne-, bloed-, beender-, albumine-, zetmeel- en natuurlijke rubberlijmen. Kenmerk is vooral de lage prijs, de over het algemeen goede kleverigheid (tack), gekoppeld aan een lage sterkte en mogelijke een relatief geringe duurzaamheid.

Synthetische lijmen zijn al die lijmen die niet onder de natuurlijke lijmen vallen.

Het onderscheid tussen deze groepen wordt langzamerhand steeds vager, met name omdat bijvoorbeeld zetmelen voor zetmeellijmen in toenemende mate gemodificeerd (en dus synthetischer) worden.

Alle lijmen voor hoog belaste verbindingen (zie 2.2.2) zijn tot nu toe nog duidelijk synthetische lijmen.

2.2.2 Functie

Bij deze indeling wordt uitgegaan van de functie van de lijm:

- ▶ niet-structurele lijmen: de lijmverbinding wordt niet zwaar belast (verpakkingen);
- ▶ structurele lijmen: voor relatief zwaar belaste verbindingen (vliegtuigonderdelen, dragende automobielenonderdelen);
- ▶ geleidende lijmen: lijmen voor de elektronica, welke gevuld zijn met metaalpoeder, waardoor geleiding

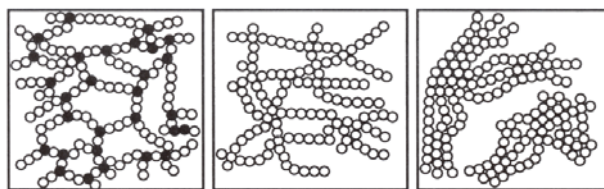
- van stroom en/of warmte mogelijk is geworden;
- ▶ borgende lijmen: zorgen er bijvoorbeeld voor dat schroef/moerverbindingen niet lostrillen.

2.2.3 Chemische karakterisering

De indeling naar chemische karakteristieken is in principe gebaseerd op de kenmerkende chemische groep of verbinding, welke het hoofdbestanddeel van de lijm vormt. Binnen deze classificering vallen de termen epoxy's, polyurethanen, acrylaten, polyvinylacetaat, ureumformaldehyde, polysulfide, siliconen en dergelijke.

2.2.4 Fysische karakterisering

Vaak wordt onderscheid gemaakt tussen zogenoemde thermohardende en thermoplastische lijmen. Thermohardend wil zeggen dat de lijm bij of door temperatuurverhoging verhardt en niet meer verweekt (in tegenstelling tot warmhardende lijm). Thermoplastisch wil zeggen dat bij temperatuurverhoging de lijm wel verweekt (plastisch wordt). Dit onderscheid komt voort uit de mate van onderlinge verknoping van de moleculketens (zie figuur 2.1). Een aantal lijmtypen valt vrijwel altijd onder thermohardend, zoals epoxy's, polyesters, polyurethanen. Andere lijmen zijn meestal thermoplastisch, maar kunnen door gebruik van speciale verharders en vernetters een thermohardend karakter krijgen. Voorbeelden hiervan zijn de polyvinylacetaten, polyvinylalcoholen en acrylaten. Naast thermoplastisch en thermohardend kunnen de elastomere lijmen worden onderscheiden. Kenmerk hiervan is, dat de lijm rubberachtig is met een hoge flexibiliteit en een relatief lage sterkte. Binnen deze groep vallen de contactlijmen (zie 2.2.7 en 3.3), de polysulfides, ééncomponent flexibele polyurethanen, MS polymeer en de siliconenlijmen.



figuur 2.1 a. Thermoharder met vernetste structuur
b. Thermoplast met amorfe structuur
c. Thermoplast met kristallijne structuur

2.2.5 Aantal componenten

Hier is het onderscheid vooral te vinden in eencomponent- en tweecomponentenlijmen. In de praktijk wordt veelal vooral het verschil "wel mengen" met "niet mengen" als belangrijk ervaren. In dit licht kan hier nog de "no-mix" acrylaatlijm (zie ook 2.2.7. en 3.6) worden genoemd, waarbij wel sprake is van een tweecomponentensysteem, maar waarbij de initiatorvloeistof op het ene substraat en de hars op het andere substraat wordt aangebracht. Ook sommige fenolharsen kennen een poedervormige harder, welke op de hars wordt gestrooid, alvorens de lijm onder druk en temperatuurverhoging wordt uitgehard.

2.2.6 Wijze van aanbrengen

Hier kan worden gesproken over bijvoorbeeld versproei-lijmen, lijmen die met de kwast of lijmen die met een spatel worden opgebracht. Ook de term film, tape of kleefband suggereert een wijze van aanbrengen. Ook kan hieronder de smeltlijm (zie ook 2.2.7 en 3.2) worden gerangschikt, die vaak in gesmolten toestand wordt aangebracht. Andere aanbrengtechnieken zijn walsen, gieten, stempelen, zeefdrukken, aanbrengen met lijmpistool, enz..

2.2.7 *Wijze van uitharden*

Veel lijmen worden ingedeeld op basis van de wijze van uitharden. Deze paragraaf geeft daarvan een relatief beperkt overzicht. Hierbij moet uitharden worden opgevat als het verharden van de lijm door bijvoorbeeld een chemische reactie, door het verdampen van oplosmiddel of door stollen. Genoemd worden het verharden van de lijm onder invloed van temperatuurverhoging, harders/initiators, straling (bijvoorbeeld UV-licht), vocht, zuurstof, door contactdruk, op een drager of als film, door smelten + stollen, door verdampen van oplosmiddel of door zelf als oplosmiddel te werken.

Koudhardende lijm: gewoonlijk wordt hiermee een lijm bedoeld die zonder temperatuurverhoging na aanbrengen in verharde toestand over gaat. Voorbeelden hiervan zijn tweecomponentenlijmen, vochtuithardende lijmen, anaërobe lijmen, cyanoacrylaatlijmen, acrylaatlijmen (dit is tevens een voorbeeld van het gebruik van verschillende terminologieën, uitleg zie verder).

Warmhardende lijm: dit is een lijm die na verhoging van de temperatuur uithardt (over het algemeen boven 40°C, gangbaar zijn temperaturen tussen 80 en 120°C). Voorbeelden hiervan zijn eencomponent-epoxylijmen, ureumformaldehyde lijmen, fenollijmen en polyurethanen.

Onder wijze van uitharden wordt ook vaak verstaan of de lijm uithardt na het mengen van componenten (de tweecomponentenlijmen) of "gewoon" als enkele component. Het laatste type wordt vaak op andere aanvullende wijzen gekarakteriseerd (secondenlijm, UV-lijm, vochtuithardende lijm, zie verder).

Indien een uitharding van een lijm tot stand komt na bestraling van de lijm, dan spreken we van stralingshardende lijmen. Dit kunnen lijmen zijn die door middel van ultraviolet licht (UV-lijmen) of door middel van elektrostraling (EBC-lijmen) tot uitharding komen. Ook kunnen lijmen door middel van laag- of hoogfrequente golven ("magnetron") of door een laser worden uitgehard.

Door hun snelheid van uitharden worden de cyanoacrylaatlijmen ook wel secondenlijmen genoemd. Een andere benaming, tevens gebaseerd op een andere indeling, is de superlijm (slaat op de combinatie van sterkte en snelheid).

De anaërobe lijm dankt zijn naam aan het feit de lijm pas uithardt bij afwezigheid van zuurstof, bijvoorbeeld bij het borgen van schroef/moerverbindingen. Bij de chemische indeling valt dit type onder de acrylaatlijmen. Hoewel ook de uitharding van de meeste "no-mix" acrylaatlijmen en de stralingshardende lijmen door aanwezigheid van zuurstof wordt geremd, worden deze lijmtypen gewoonlijk niet onder "anaëroob" gerangschikt.

Sommige lijmen harden uit door of slechts onder invloed van vocht uit de lucht. Deze worden dan ook geclassificeerd als vochtuithardende lijmen. Voorbeelden hiervan zijn eencomponentlijmen of kitten op basis van siliconen, polyurethaan en MS polymeer. Hoewel ook de cyanoacrylaatlijm ("secondenlijm") vocht nodig heeft om uit te harden, wordt deze meestal niet met vochtuithardend aangeduid.

Het type lijm dat uithardt doordat twee vooraf met dezelfde lijm ingesmeerde delen in contact worden gebracht, wordt contactlijm genoemd. Op basis van de naamgeving kan verwarring ontstaan tussen de "echte" contactlijmen en de no-mix acrylaten. Echte contactlijmen zijn eencomponentssystemen, waarbij de lijm op beide zijden van de twee te verbinden materialen wordt aangebracht en na een droogtijd van circa 10-25 minuten, waarbij oplosmiddel verdampt, de verbinding tussen de delen onder aandrukken tot stand wordt gebracht. De lijm krijgt haar sterkte vooral door onder-

ling kristalliseren van de lijm-moleculen. Bij de no-mix acrylaten is er sprake van een tweecomponenten-systeem, waarbij de ene component een initiator of versnelleroplossing is en de andere component de eigenlijke hars. Ook andere aanbrengvormen van acrylaten zijn mogelijk (zie hoofdstuk 3 bij "acrylaten"), het wezenlijke verschil met een contactlijm blijft dat een contactlijm een eencomponentensysteem is.

Het type lijm dat wordt aangeduid op de karakteristiek dat zij niet uithardt is de kleeflijm. Hiermee wordt gewoonlijk de lijm op kleefband (tape, plakband) bedoeld.

Smeltlijmen zijn lijmen die in vaste vorm worden aangeleverd, voor aanbrengen moeten worden opgesmolten en hun eigensterkte weer terugkrijgen na afkoelen. Dit proces van vloeibaar maken en stollen is in principe telkenmale omkeerbaar. Uitzonderingen hierop zijn reactieve smeltlijmen (bijvoorbeeld PUR- en epoxy-smeltlijmen), die na één keer opsmelten verharden door stollen, daarna gevolgd door een chemische reactie.

Van fysische drogende lijmen is het kenmerk dat de lijm voor een groot deel wordt aangeleverd met (organisch) oplosmiddel of water. Als het oplosmiddel verdampt blijven bindmiddel en hulpstoffen in vaste vorm achter. Voorbeelden hiervan zijn zetmeellijmen, polyvinylacetaatlijmen en in 't algemeen dispersielijmen.

Lijmen die hun werking met name ontleen aan de oplozende werking van het oplosmiddel ten opzichte van de te verlijmen onderdelen (met name kunststoffen), worden oplosmiddellijmen genoemd. Het oplosmiddel bevat vaak een zeker percentage bindmiddel, vaak van een zelfde type als de te verbinden kunststof. Voorbeeld: PVC-lijm.

Tenslotte zijn er ook nog lijmen op de markt die uitharden wanneer de in de hars aanwezige bolletjes met (ingekapselde) harder worden stukgemaakt (bijvoorbeeld bij het aandrukken of aandraaien).

2.2.8 *Verschijningsvorm*

Hier worden de lijmen ingedeeld in de vorm waarin ze worden aangeleverd, zoals vloeibaar, pasteus, vast (in poeder of in korrelvorm), filmvormig, op tape (dus met een niet-lijmende drager).

Onder verschijningsvorm kan ook de indeling worden gemaakt in dispersielijm, oplosmiddellijm, smeltlijm. Tenslotte kan ook een andere kenmerkende eigenschap als karakterisering worden gebruikt, zoals de term "witte (hout)lijm". Dit type karakterisering is veelal kenmerkend voor een bepaalde bedrijfstak.

2.2.9 *Type oplosmiddel*

Hier wordt vooral onderscheid gemaakt tussen oplosmiddelgedragen (solvent-based) en watergedragen (water-based) lijmtypen. Dit onderscheidende kenmerk treedt in het licht van de toenemende zorg voor het milieu steeds sterker op de voorgrond. Daar waar vroeger de watergedragen lijmen duidelijk inferieur waren voor wat betreft sterkte en duurzaamheid, wordt dit onderscheid steeds geringer. De indeling zegt nog maar weinig over chemische achtergrond of de eigenschappen van de lijm.

2.2.10 *Mengvormen*

Er komen steeds meer lijmen op de markt die mengvormen zijn van andere lijmen of lijmtypen. Voorbeelden van gemengde chemische kenmerken zijn nitril- of vinylfenolen, nylon-epoxy, nitril-epoxy, epoxy-MS polymeer, silaan-gemodificeerde polyethers en dergelijke. Mengvormen in de zin van fysische classificering zijn bijvoorbeeld de reactieve smeltlijmen of de UV-lijmen met navolgende vochtuitharding.

Hoofdstuk 3

Kenmerkende eigenschappen van de verschillende lijmtypen

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de kenmerkende eigenschappen van de meest voorkomende lijmtypen. Daarbij zal de nadruk liggen op het verduidelijken van de wijze waarop de betreffende lijmtypen werken. Doel is om de ontwerper en toepasser een beter inzicht te verschaffen in die factoren die per lijmtipe het meest belangrijk zijn, zoals gevoeligheid voor mengverhouding, voor luchtvochtigheid en dergelijke. In het vorige hoofdstuk is reeds beschreven op welke wijzen de verschillende lijmen ingedeeld kunnen worden in verschillende categorieën en is ook aangegeven dat een lijmtipe op meerdere wijzen kan worden gekarakteriseerd. In dit hoofdstuk is vooral gekozen voor een indeling op basis van chemie. In enkele gevallen is daarop een uitzondering gemaakt, op basis van karakteristiek voor een type toepassing of voor een bepaalde gebruikersgroep.

3.1 *Dispersielijmen*

Beschrijving

Dispersielijmen of zogenaamde witte lijmen bestaan uit een kunsthars welke gedispergeerd is in water. Het vaste stof percentage ligt meestal tussen 50-65%.

De soort kunsthars bepaalt in hoge mate het toepassingsgebied van deze lijmen. De meest gebruikte kunstharsen zijn polyvinylacetaat, acrylaat, PUR en derivaten daarvan.

Uithardingsmechanisme

Door het onttrekken van het dispersiewater aan de lijm ontstaat een lijmfilm. Dit is een fysisch verschijnsel en berust dus niet op een chemische reactie. Indien aan de lijm zogenaamde vernetters zijn toegevoegd, dienen deze niet voor het uitharden van de lijm, doch om de lijm laag speciale eigenschappen te geven. Vanwege de noodzakelijkheid van het wegtrekken van het dispersiewater uit de lijm, zal in principe altijd één van de te lijmen delen vocht moeten kunnen opnemen of doorlaten.

Toepassing

De lijmen worden toegepast in de houtverwerkende-, textiel-, papier-, kartonnage- en verpakkingindustrie. Door de milieu-eisen worden de dispersielijmen meer en meer ingezet ter vervanging van oplosmiddelhoudende lijmen in onder andere de bekledingindustrie (meubels en automobiel).

Ontwerpcriteria

Omdat het dispersiewater aan de lijm moet worden onttrokken, zal in principe één van de te lijmen delen vocht op moeten kunnen nemen of doorlaten. De lijmfilm van een dispersielijm is een plastisch-elastische film. Hierdoor zijn deze lijmen niet geschikt om verbindingen te maken waarop hoge statische belastingen worden uitgeoefend. De temperatuurbestendigheid ligt maximaal bij circa 100°C. De vochtbestendigheid kan worden verhoogd door het gebruik van vernetters.

Door het wegtrekken van het dispersiewater zal tijdens de uitharding het volume van de lijmfilm minder worden. Om deze reden zal men tijdens de uitharding op de te lijmen delen druk moeten uitoefenen.

Te verlijmen materialen

Hout, papier en textiel kunnen goed worden gelijmd, zowel onderling alsook op andere ondergronden, zoals metaal, kunststof, isolatiemateriaal en dergelijke. De lijm kan ook worden toegepast voor het lijmen van poreuze keramiek.

Oppervlaktebehandeling

De oppervlakken moeten vetvrij zijn. Apolaire kunststoffen zoals polypropreen, siliconen rubbers en PTFE (Teflon) vergen een speciale voorbehandeling.

Voordelen

De lijmen zijn gemakkelijk te verwerken en relatief goedkoop.

Beperkingen

Tenminste één van de ondergronden moet poreus zijn. De lijm is minder goed bestand tegen warmte. De sterkte is relatief gering. Metaal kan, door de inwerking van water, gaan corroderen.

Aandachtspunten bij de verwerking

De applicatie moet niet op koude oppervlakken plaatsvinden. Dit in verband met het zogenaamde witpunt van de lijm (het vasthouden van dispersiewater in het polyvinylacetaatmolecuul).

Veiligheid en hygiëne

Voor de gangbare dispersielijmen zijn geen speciale opmerkingen ten aanzien van veiligheid en hygiëne noodzakelijk.

De speciale toevoegingen om de lijmen ook via chemische bindingen extra sterkte te geven, vergen extra aandacht in verband met eventuele giftigheid, gevoeligheid van de huid en corrosieve eigenschappen.

3.2 *Smeltlijmen*

Beschrijving

Smeltlijmen worden in vaste vorm aangeleverd. Om ze te verwerken worden ze door verhitting vloeibaar gemaakt. De smeltlijmen krijgen hun eigenschappen door de hoeveelheid en soort polymeren, harsen, wassen en toevoegingen te variëren.

Uithardingsmechanisme

Smeltlijmen harden uit door de vloeibare lijm (hoge temperatuur) te laten afkoelen, waarbij de lijm zijn vaste vorm weer aanneemt. De verbinding is direct op sterkte, zodra de lijm is afgekoeld. Er zijn ook reactieve smeltlijmen, waarvan voorbeelden worden besproken in § 3.9 en 3.10.

Toepassing

De lijmen worden gebruikt daar waar snelle uitharding gewenst is. Tevens worden ze gebruikt op oppervlakken die ondoorlaatbaar zijn voor water of oplosmiddelen.

Ontwerpcriteria

Met smeltlijmen is snel een lijmverbinding te produceren. Echter de eigenschappen bij hoge belasting en hogere temperatuur zijn beperkt in verband met de optredende kruip.

Te verlijmen materialen

Bijna alle materialen kunnen worden gelijmd met smeltlijmen. De materialen moeten wel bestand zijn tegen de temperatuur waarmee de smeltlijm wordt aangebracht. Deze varieert van 150-170°C.

Oppervlaktebehandeling

Oppervlakken moeten vet- en stofvrij zijn.

Voordelen

De smeltlijmen harden zeer snel uit (enkele seconden) en hebben een goede waterbestendigheid.

Beperkingen

Door hun smelteigenschappen hebben ze geen hoge temperatuurbestendigheid. Tevens is de oplosmiddelbestendigheid gering. Metalen dienen vaak te worden voorverwarmd om een goede bevochtiging en vloeï over het oppervlak te krijgen.

Aandacht bij verwerking

Geen.

Veiligheid en hygiëne

Gesmolten smeltlijm kan brandwonden veroorzaken.

3.3 Contactlijmen

Beschrijving

Contactlijmen zijn op rubbers (meestal polychloropreen) gebaseerde lijmen. De rubbers zijn opgelost in organische oplosmiddelen of water. Men spreekt van contactlijm, omdat de lijm op beide te verlijmen oppervlakken wordt aangebracht en de beide materialen direct na het in contact brengen vastzitten. Er zijn ook contactlijmen op nitril- en SBR-basis. Tevens zijn er ontwikkelingen op het gebied van contactlijmen op waterbasis.

Afbindmechanisme

Nadat de lijm is aangebracht, dient men te wachten om het oppervlak te laten aandrogen. Deze wachttijd is afhankelijk van de temperatuur, de lijmdikte en het materiaal en is minimaal 10 minuten bij 20°C. De lijmverbinding krijgt haar sterkte, doordat na het aandrukken van de twee oppervlakken de rubberdeeltjes uit de twee lijmfilms gezamenlijk vernetten.

Toepassing

Toepassingen worden vooral gevonden in de productie van panelen, matrassen en bij schuimverlijmingen, enz..

Ontwerpcriteria

Contactlijmen op basis van polychloropreen zijn goed bestand tegen water, zuren en loog. Voor het maken van elastische verbindingen (bijvoorbeeld rubbers of kunststofschuimen) is contactlijm bijzonder geschikt.

Te verlijmen materialen

Metalen en de meeste kunststoffen laten zich goed met contactlijm verbinden.

Oppervlaktebehandeling

Voor een optimaal resultaat moeten de oppervlakken vet- en stofvrij zijn.

Voordelen

- ▶ de verbinding is direct na het persen op sterkte;
- ▶ zeer elastische, schokbestendige lijmverbinding;
- ▶ goed bestand tegen water, zuren en loog;
- ▶ brede gebruikstemperatuur (van -40 tot +120°C);
- ▶ hoge cohesie in de lijmfilm.

Beperkingen

De contactlijmen bevatten oplosmiddelen, die tijdens de verwerking moeten verdampen. Dit geeft nadelen op het gebied van milieu/veiligheid en het nadeel van een wachttijd voor verlijmen (minimaal 10 minuten bij 20°C).

Het te verlijmen materiaal kan slecht bestand zijn tegen de oplosmiddelen uit de lijm (vooral polystyreenschuim kan soms problemen geven).

Contactlijmen met water als oplosmiddel kennen een tragere verdamping dan vergelijkbare lijmsystemen met organisch oplosmiddel. Om vergelijkbare productiesnelheid te bereiken, is verdamping door verwarming veelal noodzakelijk.

De weerstand tegen kruip van contactlijm onder constante belasting is aan de lage kant.

Aandachtspunten bij de verwerking

Nadat het oplosmiddel is verdampt, worden de twee oppervlakken tegen elkaar gedrukt. Dit wordt gedaan door middel van een kalender, een pers of een lijmtang. De persdruk is afhankelijk van het materiaal (bijvoorbeeld hardplastic op spaanplaat 5 à 10 kg/cm² bij een perstijd van 5 sec.).

Contactlijmen bevatten organische oplosmiddelen en zijn daardoor brandbaar. Ventileer goed en werk nooit in gesloten ruimten.

Na het aanbrengen van de lijm dient men enige tijd te wachten om de lijmfilm te laten aandrogen. Afhankelijk van de lijmkeuze is er daarna een verwerkingstijd beschikbaar (de open tijd) van enkele minuten tot uren. Een andere verwerkingsmethode is het reactiveren door middel van warmte.

Veiligheid

Vermijd de inademing van oplosmiddelen; gebruik een afzuiging als u binnen werkt. Geen open vuur in de werkruimte en niet roken.

3.4 Oplosmiddellijmen

Beschrijving

Onder lijmen op basis van oplosmiddelen verstaat men in het algemeen een oplossing van rubber en hars in organische oplosmiddelen.

Men maakt bij het verlijmen van thermoplastische kunststoffen ook wel gebruik van een oplossing van de te verlijmen kunststof.

De oplosmiddelen dienen als drager tijdens het opbrengen van het rubber/harsmengsel op de werkstukken. Direct na het aanbrengen verdwijnen de oplosmiddelen uit de lijmlaag, meestal door verdamping, soms door opname in het oppervlak.

De verschillende opgeloste basismaterialen zorgen voor een grote variatie aan mogelijkheden qua bestendigheid tegen omgevingsinvloeden.

In het algemeen hebben deze producten een goede flexibiliteit en afpelsterkte, de weerstand tegen kruip onder constante belasting is aan de lage kant.

Met betrekking tot de prijs kan men stellen dat deze producten in de lagere prijsklassen vallen. Vanwege het vrijkomen van oplosmiddelen mogen deze lijmen niet meer industrieel worden toegepast. Lijmen op waterbasis zijn hiervoor in de plaats gekomen.

Hechtingsmechanisme

Zolang de oplosmiddelen aanwezig zijn, is de lijm in een vloeibare vorm. Dit zorgt voor een goede oppervlaktebevochtiging.

Na het verdwijnen van de oplosmiddelen blijft, afhankelijk van het type lijm, gedurende een zekere tijd een lijmlaag achter, die door aandrukken een verbinding kan geven.

De oplosmiddellijmen geven een goede hechting op vele materialen en hebben meestal direct na het aanbrengen al een hanteerbare sterkte. De opbouw tot eindsterkte verloopt zeer snel.

Toepassing

Men gebruikt deze lijmen in het algemeen voor laag belaste verbindingen op grotere oppervlakken.

Men kan hierbij denken aan het verlijmen van dun plaatmateriaal, het verlijmen van rubbers, schuimrubbers, kunststofschuim, kunststoffen, enz..

Men dient er rekening mee te houden dat de verbindingen praktisch altijd direct een zekere sterkte hebben, zodat verplaatsen van de oppervlakken ten opzichte van elkaar vlak na het verlijmen niet meer mogelijk is. Er is een aantal toepassingsmethoden:

1 Contactverlijming

Na het verdampen van de oplosmiddelen blijft de lijm een bepaalde tijd gevoelig voor verlijming met

behelp van contactdruk. Direct na het aandrukken is de verbinding gemaakt en niet meer los te maken. Dit is alleen bruikbaar bij tweezijdig inlijmen en vraagt om speciale lijmtypes, de zogenaamde contactlijmen (zie § 3.3).

2 *Natte verlijming*

De werkstukken worden op elkaar gebracht zonder dat de oplosmiddelen verdampt zijn. Dit kan alleen als één van de twee oppervlakken poreus is, zodat de ingesloten oplosmiddelen later kunnen verdampen. Op deze wijze kan men éézijdig inlijmen. Deze methode geeft geen directe sterkte.

3 *Verlijming door reactiveren*

Ook deze methode is alleen bruikbaar bij tweezijdig inlijmen. Na het aanbrengen van de lijm laat men de oplosmiddelen geheel verdampen. Het werkstuk met de volkomen droge lijm laag kan eventueel worden opgeslagen. Voor de eigenlijke verlijming wordt de lijm laag zacht (kleverig) gemaakt met behulp van oplosmiddelen of warmte, direct daarna wordt met behulp van druk de verbinding tot stand gebracht. Deze methode geeft direct sterkte.

4 *Open tijd verlijming*

De lijm wordt aangebracht op beide werkstukken, deze laat men uitdampen tot de lijm nog net kleverig aanvoelt, direct daarna wordt de verbinding gemaakt. Er is dan nog een klein restant oplosmiddel aanwezig, die door latere verdamping verdwijnen moet. Deze methode werkt het best als tenminste één van de oppervlakken poreus of semi-poreus is en geeft direct sterkte.

5 *Drukgevoelige verlijming*

Een deel van deze producten blijft permanent kleverig (tacky), op dezelfde wijze als de lijm laag op tape. Deze lijmen bevochtigen een glad oppervlak voldoende door aandrukken, en vloeien in 72 uur dieper in de structuur van het oppervlak. Het grote voordeel van dit type lijm is het gebruiksgemak.

Nadelen zijn de mindere bruikbaarheid op ruwe oppervlakken, doordat het product niet als een natte lijm laag aangebracht wordt en dus minder goed kan bevochtigen, en de gevoeligheid voor kruip.

6 *Diffusieverlijming*

Bij deze verlijming van thermoplastische kunststoffen maakt men gebruik van een oplossing van dezelfde kunststof. Het gebruikte oplosmiddel lost ook de oppervlakte van het te verlijmen materiaal op en zorgt voor een goede vermenging van beide kunststoffen.

Het oplosmiddel trekt deels door het verlijmd materiaal heen en men krijgt een verbinding die zeker zo sterk is als het basismateriaal.

Verwerking

Deze producten zijn in vele viscositeiten leverbaar. De brede range aan viscositeiten maakt toepassing met het grootste deel van de bestaande aanbrengapparatuur mogelijk.

Tot de belangrijkste aanbrengapparatuur behoren de lijm kam, de lijm wals en spuiten.

Door variaties in het oplosmiddelmengsel kan men een grote verscheidenheid in de benodigde uitdamp-/open tijden bereiken.

Voorbehandeling

Voor deze producten, die niet in hoog belaste verbindingen worden ingezet, zijn eenvoudige voorbehandelingsmethoden meestal voldoende. Voorbeelden hiervan zijn bijvoorbeeld ontstoffen, opruwen en ontvetten.

Bestendigheid

Afhankelijk van het basismateriaal kan men producten verkrijgen met een goede bestendigheid tegen bijvoorbeeld olie, weekmakers, oplosmiddelen en weersinvloeden.

Een aantal van deze producten vernetten door verhoogde temperatuur of door een toegevoegde harder, hetgeen extra sterkte geeft. De temperatuurbestendigheid ligt in het algemeen rond 80°C, speciale uitvoeringen hebben een bestendigheid tot 150°C.

Veiligheid

Het woord oplosmiddellijmen geeft al aan dat men over oplosmiddelen praat. Alle gebruikelijke voorzorgsmaatregelen met betrekking tot de toepassing van oplosmiddelen dienen dan ook te worden genomen.

3.5 Dubbelzijdig kleefband

Beschrijving

Dubbelzijdig kleefband bestaat uit zelfklevende lijmfilms, al dan niet in combinatie met een drager. Het dubbelzijdige kleefband wordt afgedekt door een gemakkelijk te verwijderen beschermfolie. Het kleefband kan in diverse vormen worden aangeleverd; meestal als banden op rol, maar folies en voorgestante vormen zijn ook mogelijk. Deze producten blijven tijdens de gehele levensduur onveranderd; ze harden dus niet uit en gaan ook niet, door bijvoorbeeld verdamping van een oplosmiddel, over in een andere vorm.

Eigenschappen en samenstelling

De chemische, fysische en mechanische eigenschappen worden bepaald door de lijmsamenstelling en de eventueel toegepaste drager. Dubbelzijdig kleefband kan op diverse manieren zijn opgebouwd:

- ▶ lijmfilms en beschermfolie;
- ▶ lijmfilms met drager en beschermfolie.

De drager kan bestaan uit kunststofschuim (PE, PVC, PU, rubber, acrylaat, enz.), non-woven, papier en kunststof- of metaalfolie. Als beschermfolie worden meestal gesiliconeerd papier of kunststoffolie (bijvoorbeeld PE of PVC) toegepast. Lijmen voor dubbelzijdig kleefband zijn er op basis van natuurrubber, blokcopolymeren (bijvoorbeeld SBS), PIB of butylrubber, acrylaten, siliconen en polyvinylethers.

Algemene kenmerken zijn:

- ▶ lijmen op basis van natuurrubber zijn oxidatiegevoelig;
- ▶ lijmen op basis van SBS zijn minder oxidatiegevoelig, maar zijn minder kleverig en zijn, doordat het thermoplasten zijn, temperatuurgevoelig;
- ▶ lijmen op basis van PIB of butylrubber bezitten een hoge oxidatiebestendigheid. Butylrubber heeft verder als voordeel de hoge dampdiffusieweerstand;
- ▶ acrylaten bezitten een goede vocht- en UV-bestendigheid. De acrylatlijmen zijn in het algemeen zeer goed bestand tegen oplosmiddelen, brandstoffen, chemicaliën, ontvettingsmiddelen, enz., uitgaande van het met intervallen blootstaan van de kleefbanden. Een ander voordeel is, dat er met acrylaten glas-heldere lijmfilms mogelijk zijn. Beneden -20°C kunnen acrylaatlijmen gevoelig worden voor breuk ten gevolge van hoogfrequente trillingen en slagbelasting;
- ▶ een specifiek voordeel van lijmen op siliconenbasis is het relatief brede temperatuurbereik, waarin deze lijmen kunnen worden toegepast;
- ▶ polyvinylethers tenslotte hebben een hoge vocht-doorlatendheid.

Hechtingsmechanisme

Dubbelzijdig kleefband bezit een kleverig oppervlak. Tijdens het aandrukken treedt er een plastische vervorming van de lijm laag op, waardoor een goede bevochtiging en een bepaalde aanvangshechting wordt verkregen. Het zijn dan ook drukgevoelige (pressure sensitive) lijmen.

Toepassing

Dubbelzijdige kleefbanden worden daar toegepast waar

men kan werken met vastliggende banddiktes, die slechts beperkte toleranties van de lijmmaad toelaten.

Ontwerpcriteria

Door het visco-elastische gedrag zijn kleefbanden gevoeliger voor kruip onder constante belasting dan vele andere lijmsystemen.

Voorbehandeling

Het oppervlak dient zo glad mogelijk, schoon, droog en vet-vrij te zijn.

Voordelen

Voordelen van dit lijmsysteem zijn, dat dergelijke kleefbanden in het algemeen geen speciale voor- en nabehandelingen (bijvoorbeeld verwijderen overtollige lijm) vereisen en dat de verbinding snel tot stand komt. Het aanbrengen is relatief eenvoudig, vooral als er voorgestanst kleefband wordt gebruikt.

Beperkingen

Door het visco-elastische gedrag zijn deze producten relatief gevoelig voor kruip onder constante belasting. Ze zijn daardoor minder geschikt voor hoog belaste verbindingen.

Verwerking

De meeste dubbelzijdige kleefbanden worden vanaf de rol aangebracht. Het kleefband wordt op het eerste oppervlak aangebracht, waarbij de andere zijde van het kleefband bedekt blijft met beschermfolie. Na het verwijderen van de beschermfolie kan het tweede oppervlak worden verlijmd.

Goed aandrukken (eventueel aanrollen) is nodig om een goede bevochtiging van het oppervlak en een goede aanvangshechting en eindsterkte te verkrijgen.

Veiligheid

Normaal gesproken gelden er tijdens de verwerking van deze producten geen speciale veiligheidseisen.

3.6 *No-mix acrylaatlijmen*

Beschrijving

De acrylaatlijmen kunnen globaal worden ingedeeld in drie hoofdgroepen: de anaërobe lijmen, de conventionele acrylaatlijm en de tweede generatie acrylaatlijm, de taai gemaakte (Engels: 'toughened') acrylaatlijmen. De anaërobe acrylaatlijmen harden uit bij afwezigheid van zuurstof en worden veelal gebruikt als borgmiddel. Zij worden behandeld in § 3.7.

De conventionele (eerste generatie) tweecomponentensystemen dienen te worden gemengd voor de applicatie en worden veelal gebruikt in de algemene constructieve sfeer.

De tweede generatie 'toughened' tweecomponentenlijmsystemen zijn vooral bedoeld voor hoogwaardige structurele lijmverbindingen. Behalve de gebruikelijke tweecomponentensystemen zijn er vooral in deze categorie ook een aantal 'no-mix' systemen op de markt. De 'toughened' lijmsystemen zijn vooral bestemd voor hoogwaardige structurele lijmverbindingen.

Kenmerkend voor de no-mix acrylaten is dat zij bestaan uit een systeem van hars, initiator en versneller. Uitharding vindt plaats als alle drie de delen gemengd worden. De hars is meestal hoogviskeus, de initiator of de versneller-oplossing is dun vloeibaar. Bij toevoeging van taai-makers (toughened) paart de lijm een hoge eindsterkte aan een taai (scheurremmend) scheurgedrag. De taai-gemaakte acrylaten zijn ook wel bekend onder de naam "second-generation" acrylaten.

Uithardingsmechanisme

De lijm hardt uit door de reactie te starten met een initiator/versneller combinatie. Als de reactie eenmaal op gang is, loopt zij vrijwel volledig door. De lijm hardt

uit via een soort kettingreactie (radicaalpolymerisatie), dat wil zeggen dat als de reactie door de initiator en versneller eenmaal op gang is gebracht, de hars dan verder volledig uithardt. Initiator en versneller zijn hier dus de gangmakers, in tegenstelling tot de harders bij epoxy's en polyurethanen, die mee reageren en een wezenlijk deel van het polymere netwerk uitmaken. Daardoor is de mengverhouding van versneller/initiator met de hars weinig kritisch. De verhouding versneller/initiator ten opzichte van de hars ligt in de grootteorde van procenten.

Er zijn twee systemen van uitharding te onderscheiden. Bij de A-B methode, bestaat deel A uit hars met daarin initiator gemengd en bestaat B uit hars met versneller. Door A op het ene deel aan te brengen en B op het andere deel, zal na samenvoeging de lijm uitharden.

De andere methode berust op het aanbrengen van een dunne vloeistof op het ene deel. De vloeistof bevat initiator of versneller. Op het andere deel wordt de hars met de andere component (respectievelijk versneller of initiator) gebracht. Bij het samenvoegen vindt de uitharding plaats. De reactie is zeer snel. In enige seconden kan een sterkte worden bereikt welke voldoende hanteerbaar is, na enige minuten kan de volledige eindsterkte zijn bereikt. De uitharding vindt vrijwel altijd bij kamertemperatuur plaats.

Toepassing

De no-mix acrylaten worden voor vele toepassingen gebruikt, variërend van micro-toepassing tot constructieve verlijming van dragende constructies. Voor hoogbelaste lijmverbindingen worden meestal de taaie tweecomponentensystemen gebruikt.

Ontwerpcriteria

Er zijn vele mogelijkheden om de no-mix acrylaten toe te passen. Er moet rekening worden gehouden met de vereisten die het tweezijdig aanbrengen met zich meebrengt. Voor zeer dunne spleten is applicatie moeilijk. De lijmverbinding moet direct na het in contact brengen van de twee delen, gedurende enige minuten goed gepositioneerd blijven. Praktische ervaringen met langdurende belasting van de constructies, zeker in combinatie met vocht en warmte, zijn nog beperkt. Een acrylaatlijm is meestal thermoplastisch van aard, waardoor kruip bij hogere temperaturen en bij hogere belastingen voor kan komen.

Te verlijmen materialen

De lijm hecht op vele substraten. Apolaire oppervlakken zoals rubber, polypropreen, siliconen en dergelijke laten zich slecht verlijmen.

Oppervlaktebehandeling

Veelal volstaat een goede reiniging (ontvetten) van het oppervlak. Voor het verkrijgen van een goede duurzame verbinding van metalen is een speciale oppervlaktebehandeling, net als bij epoxy's en polyurethanen, gewenst. Bij kunststoffen vragen alleen de apolaire materialen om een speciale, polariteitsverhogende, voorbehandeling. De no-mix acrylaten zijn over het algemeen wat minder gevoelig voor op het oppervlak aanwezige vetten (bijvoorbeeld walsemulsies op staalplaat) dan andere lijmen, doordat deze vetten redelijk goed in de acrylaatlijm zelf worden opgenomen.

Voordelen

De lijmen zijn makkelijk te gebruiken, harden uit bij kamertemperatuur en geven vrij hoge bindingssterktes. De lijm is relatief ongevoelig voor vetten op metaaloppervlakken.

Beperkingen

Sommige kunststoffen zijn gevoelig voor spanningscorrosie, dat wil zeggen dat er bij toepassingen haarscheurtjes in kunnen komen. Het spleetvullend vermo-

gen is meestal niet groot. De keuze uit verschillende typen lijmen met verschillende uithardsnelheden en dergelijke is nog gelimiteerd.

Aandachtspunten bij de verwerking

De pot-life van de lijmen kan beperkt zijn. Niet altijd is duidelijk hoeveel tijd er tussen applicatie en binding mag zitten (open tijd).

Veiligheid en hygiëne

De meeste acrylaatlijmen hebben een vrij sterke geur, die meestal als hinderlijk wordt ervaren. Goede afzuiging of keuze van een minder sterk ruikende lijm kan uitkomst bieden. Er zijn zogenaamde "low odor" types verkrijgbaar. Sommige bestanddelen uit de lijm kunnen huidirriterend werken.

3.7 Anaërobe lijmen

Beschrijving

Anaërobe producten zijn vloeibare kunstharsen, die bij kamertemperatuur verhardten wanneer zij met metaal in contact komen en verstoken zijn van zuurstof. Er zijn eencomponent- en tweecomponenten- (met activator) systemen. Anaëroben bevatten geen oplosmiddelen en kunnen temperaturen verdragen vanaf -55°C tot circa 200°C .

Uithardingsmechanisme

De uitharding vindt niet onmiddellijk plaats na het aanbrengen, maar pas nadat er geen zuurstof meer bij de lijm kan komen. Normaal gesproken begint de uitharding na enkele minuten, waarbij voorafgaand de mogelijkheid aanwezig is om de onderdelen in de juiste positie te plaatsen. Na circa 30 minuten is de verbinding handvast, terwijl de volledige verharding plaats heeft na circa 3 - 24 uur afhankelijk van het type en soort anaërobe product. Volledige verharding is tevens afhankelijk van de substraatkeuze, spleetruimte en temperatuur.

Bij niet metalen oppervlakken, of metalen met een weinig actief oppervlak, wordt gebruik gemaakt van een activator om de polymerisatiereactie te starten c.q. te versnellen.

Door een thermische uitharding ($120 - 150^{\circ}\text{C}$) uit te voeren, verkrijgt men niet alleen een snellere uitharding, maar ook een sterkere verbinding.

Toepassing

► Anaërobe lijmen

Deze producten worden voornamelijk toegepast voor het verlijmen van magneten, ferrietkernen, dunne metaalplaat of -folie, glas, kleine metalen delen, sintermaterialen of combinaties hiervan. Deze anaërobe lijmen vereisen "altijd" een inzet van een ACTIVATOR op één van de te verlijmen oppervlakken, terwijl de lijm op de andere zijde dient te worden aangebracht.

► Impregnatieproducten

Deze impregnatieproducten worden toegepast om poreuze materialen (bijvoorbeeld gietstukken) in hun materiaalstructuur af te dichten. Dit geschiedt in een druk/vacuümsysteem waarin de onderdelen worden geplaatst.

► UV-uithardende anaërobe lijmen

In tegenstelling tot de hiervoor genoemde anaërobe lijmen, verhardten dit soort lijmen ook bij de aanwezigheid van lucht (zuurstof) indien gebruik gemaakt wordt van een geconcentreerde en gerichte dosis ultraviolette straling. Deze UV-hardende lijmen geven een sterke en spanningsvrije verbinding, welke in tegenstelling tot hiervoor genoemde lijmen niet in uitgehard stadium gevoelig zijn voor bijvoorbeeld zonlicht en weersinvloeden. Zij verkleuren niet en hebben een heldere doorzichtigheid en een lage lichtbrekingsindex van circa 1,4. UV-lijmen worden onder meer ingezet in de glas-, optische, elektro-

nische en automobielenindustrie.

Voorbeelden hiervan zijn bijvoorbeeld:

- ♦ objectieven en lensverlijmingen;
- ♦ glas/glas of glas/metaal verlijmingen;
- ♦ Potting, Sealing en Coating van elektronische componenten;
- ♦ verlijming van de achteruitkijkspiegel aan de voorruit van automobielen.

► Pre-applied borgingssystemen

Deze methode voorziet in het machinaal vooraf aanbrengen van een anaërobe borgproduct. Dit systeem is in feite niets anders dan een anaërobe borgproduct opgenomen in micro-capsules, welke worden vermengd met een binder. Deze gemengde substantie wordt machinaal op schroefdraad van bouten, tap- of draadeinden aangebracht, waarna een thermisch droogproces in de oven volgt. Wordt het deel voorzien van de microcapsules in een tegencomponent geschroefd, dan breken de microcapsules en het daarin aanwezige borgproduct verricht zijn werk.

Ontwerpcriteria

Een diametrale speling van 0,05 mm wordt aanbevolen om een maximale sterkte te verkrijgen. Voor minder zwaar belaste verbindingen kan deze oplopen van 0,07 tot maximaal 0,15 mm. Voor afdichtingen is een spleetruimte van 0,5 mm toelaatbaar. Voor een chemische belasting, alsmede voor gas- en vloeistofdrukken, wordt een maximale speling van 0,05 mm wenselijk geacht.

Te verlijmen materialen

De meeste metalen, hebben een actief oppervlak, hetgeen de uitharding van anaërobe producten bevordert. Sommige materialen zijn minder actief (bijvoorbeeld goud, zilver, cadmium, zink, chroom en zuiver aluminium), terwijl andere, zoals kunststoffen, keramiek en glas, passief zijn. In beide gevallen kan het gebruik van een activator noodzakelijk zijn.

Oppervlaktebehandeling

Bij substraten welke onderling of in combinatie met elkaar een verbinding moeten vormen, dient men er zich vooraf van te overtuigen of deze ontvet, vrij van oxide, verontreinigingen en verf zijn.

Voordelen

- verbindingen zijn hoog dynamisch en statisch belastbaar;
- hoge chemische bestendigheid;
- geen voedingsbodem voor schimmels en bacteriën.

Beperkingen

- als anaërobe producten een activator nodig hebben, zijn ze in feite tweecomponentig en moet er worden gemengd;
- sommige thermoplastische kunststoffen, zoals vinyl, PVC, cellulose en polystyreen worden aangetast door de activator (spanningscorrosie).

Aandachtspunten bij de verwerking

Een totaal gevulde lijmspleet draagt in belangrijke mate bij tot het welslagen van de verbinding. Het verdient dan ook aanbeveling bij cilindrische verbindingen en bij verbindingen die gas- en vloeistofdicht (bijvoorbeeld pijpdraadafdichtingen) moeten zijn, het anaërobe product op beide oppervlakken aan te brengen, zodat deze volledig worden benut.

Men dient rekening te houden met materiaal aantasting van sommige thermoplastische kunststoffen, zoals vinyl, PVC, cellulose en polystyreen door de activator. In gesloten verpakking bij kamertemperatuur en in een droge omgeving zijn de producten tenminste 1 jaar houdbaar. De verpakking is altijd veel ruimer dan de netto inhoud vraagt, zodat er voldoende zuurstof in de verpakking aanwezig is om het product stabiel te houden. Tevens is de verpakking vervaardigd uit een

speciale kunststof die permeabel is en in staat is zuurstof van buiten naar binnen toe te laten. Vervang "NOOIT" de originele verpakking door een andere en plaats nimmer kwastjes, schroeven en andere metalen delen in de flacons. "NOOIT" mag men de producten onderling of met activatoren vermengen. Breng het teveel aangebrachte product nimmer terug in de flacon.

Veiligheid en hygiëne

Anaërobe producten worden beschouwd als niet giftig bij inname, niet tot matig oogirritant en zijn geen primaire huidirritatoren. Wanneer de huid in geavanceerde staat is, kan overgevoeligheid voor anaërobe producten optreden. Voorkoming van herhaaldelijk contact is dan ook aan te bevelen, bijvoorbeeld door middel van het gebruik van doseerapparatuur. De geringe geur van anaërobe producten heeft minimale betekenis voor de gezondheid. Goede ventilatie is niettemin aan te bevelen. Tevens is het vermeldenswaard dat tal van keuringsinstanties sommige anaërobe producten hebben goed bevonden voor direct contact (in verharde toestand) met voedingsmiddelen, drinkwater en in medische apparatuur.

3.8 Cyanoacrylaatlijmen

Beschrijving

In cyanoacrylaatlijmen of ook wel snellijmen genoemd, vindt de gebruiker een combinatie van snelheid, sterkte en eenvoud. Cyanoacrylaatlijmen hechten bij kamertemperatuur binnen enkele seconden, waarbij de treksterkte, na uitharding, in sommige gevallen kan oplopen tot 35 MPa. Cyanoacrylaatlijmen zijn direct doseerbaar uit de verpakking en/of te verwerken met eenvoudige doseerunits. Slechts een lichte contactdruk is voldoende.

Cyanoacrylaatlijmen zijn kleurloos, waardoor over het algemeen de lijmnaad helder en onopvallend blijft. Zij bevatten geen oplosmiddelen, zodat alle lijm die is aangebracht ook verhardt. Dit betekent een hoge mechanische stabiliteit, zonder dat van een krimp sprake is. De uitgevoerde verbinding kan goed bestand zijn tegen oplosmiddelen en weersinvloeden, mits de keuze van het type cyanoacrylaatlijm en het gekozen ontwerp juist zijn.

Uithardingsmechanisme

Tijdens de uitharding gaat het vloeibare monomeer over in een vast polymeer. Vaak is water nodig als initiator van de uithardingsreactie. Aan de lijm is een zure stabilisator toegevoegd om te voorkomen, dat de lijm in de verpakking uithardt.

De aanwezige relatieve luchtvochtigheid bepaalt de snelheid waarmee cyanoacrylaatlijmen uitharden. De meest optimale relatieve luchtvochtigheid ligt op $\pm 60\%$. Is deze lager dan circa 50%, dan verloopt de uitharding erg langzaam, terwijl bij waarden $> 75\%$ een haast explosieve verharding plaatsvindt. In het laatste geval vormen zich echter zoveel molecuulketens gelijktijdig, dat geen van allen tot volledige ontwikkeling komt en de verbinding zwakker wordt.

Toepassing

Cyanoacrylaatlijmen verschillen sterk van elkaar, niet alleen in fysisch opzicht, bijvoorbeeld de viscositeit, maar ook chemisch, doordat zij methyl-, ethyl-, butyl- of alkoxy-ethylesters bevatten. Hierdoor verschillen vooral de grootte van hun moleculen.

Methylester:

Aanbevolen voor het verlijmen van metalen. Dit type ester geeft een verbinding met een grote sterkte en stijfheid.

Ethylester:

Aanbevolen voor het verlijmen van onder meer kunststoffen, rubbers, enz.. Het grotere ethylmolecuul re-

sulteert in een wat grotere flexibiliteit. Deze eigenschap maakt lijmen uit de ethylreeks geschikt voor het verlijmen van de meer flexibele materialen.

Butylester:

Aanbevolen indien verlijmingen moeten plaatsvinden onder hoge luchtvochtigheid en geringe luchtbewegingen, alsmede voor het verlijmen van onderdelen die tijdens de montage nog gepositioneerd moeten worden (bijvoorbeeld decoratieve onderdelen, juwelen, instrumenten, enz.). Van het butylester is het molecuul aanzienlijk groter dan die van de methyl- en ethylesters. Als gevolg daarvan harden butylcyanoacrylaatlijmen langzamer uit dan die op de eerder genoemde methyl- en ethylbasis. Hierdoor zijn zij verhoudingsgewijs geringer in sterkte en minder vluchtig. Door het relatief grote en daardoor zware butylmolecuul laten deze moeilijker van het vloeistofoppervlak los, waardoor de geur van butylcyanoacrylaten laag is. Ook wanneer "blooming" optreedt, wordt wel gebruik gemaakt van butylcyanoacrylaten (Blooming, een witte waas rondom de lijmverbinding, veroorzaakt door ontsnappende lijmoleculen die in reactie met de luchtvochtigheid in de omringende atmosfeer neerslaan. Vaak is onvoldoende luchtcirculatie hiervan de oorzaak).

Alkoxy-ethylester:

Om het verschijnsel van blooming volledig weg te nemen, is er de alkoxy-ethylcyanoacrylaat. Inzetbaar voor alle decoratieve, alsmede alle andere verlijmingen waaraan hoge visuele eisen worden gesteld. De sterkte en de vochtbestendigheid na uitharding zijn iets minder. Naast de eigenschap van "Non - Blooming", is de geur van deze cyanoacrylaat nagenoeg niet waarneembaar.

Ontwerpcriteria

Het vullend vermogen van cyanoacrylaten is beperkt, zodat niet-vlakke producten goed gedimensioneerd moeten zijn.

Te verlijmen materialen

Cyanoacrylaten geven goede hechting op vele materialen, zoals, metalen, hout, kunststoffen, rubbers, leer, papier, kurk en sintermaterialen. Uitzonderingen zijn teflon, polyethyleen en polypropyleen, alsmede siliconenhoudende stoffen die apolaire oppervlakken hebben en daardoor niet of zeer moeizaam zijn te verlijmen zonder voorafgaande voorbehandeling.

Oppervlaktebehandeling

Voor het verkrijgen van een goede en duurzame verlijming dienen de te verlijmen oppervlakken goed gereinigd (ontvet) te zijn. Materialen zoals de eerder vermelde teflon, polyethyleen en polypropyleen vragen een plasma- of coronavorbehandeling of speciale primers (voor PE, PP).

Voordelen

- ▶ cyanoacrylaten geven zeer snelle fixatie en harden snel uit bij kamertemperatuur;
- ▶ geven een hoge verbindingsterkte;
- ▶ zijn eencomponent;
- ▶ verbinden een grote reeks van materialen;
- ▶ er is geen klemgereedschap nodig.

Beperkingen

- ▶ beperkt opvullend vermogen;
- ▶ beperkt thermisch belastbaar.

Aandachtspunten bij de verwerking

De verpakkingen met lijm dienen in verticale stand te worden opgeslagen bij een temperatuur die lager is dan 25°C voor een normale houdbaarheid. Door de temperatuur te verlagen tot circa 0 - 5°C wordt de houdbaarheid verlengd. Het verdient aanbeveling alvorens tot het gebruik over te gaan de cyanoacrylaatlijm te laten acclimatiseren.

Veiligheid en hygiëne

Cyanoacrylaten zijn nauwelijks giftig bij inname. Hoewel beschouwd als oog-irritators, schuilt hun gevaar vooral in het vermogen snel de oogleden aan de oogbol te hechten. Bij oog-vasthechting, het oog grondig wassen met warm water en het oog vochtig houden door middel van een kussentje. Het cyanoacrylaat zal gewoonlijk binnen vier dagen loskomen, zonder gevaar voor het oog.

Bij onvoldoende ventilatie en lage luchtvochtigheid kan irritatie van het oog- en neusslijmvlies optreden. Gemorste cyanoacrylaat overvloedig met water spoelen en na verharding wegschrappen. Doeken mogen niet gebruikt worden om grote hoeveelheden cyanoacrylaat op te nemen. Dit zou snelle polymerisatie kunnen veroorzaken, vergezeld van warmte-ontwikkeling en dampvorming.

3.9 Epoxylijmen

Beschrijving

Epoxy's zijn lijmen die met een aparte harder bij kamertemperatuur uitharden en zonder harder bij hogere temperaturen, meestal rond de 120°C. Epoxy's hebben over het algemeen een vrij hoge eigen sterkte (hoger dan 10 MPa) en een lage flexibiliteit. Zij zijn veelal goed bestand tegen oliën en oplosmiddelen en vertonen relatief weinig krimp bij uitharden.

Met epoxy's kunnen sterke, hoog-belastbare verbindingen worden gemaakt. De bestandheid tegen afpellen en schokbelasting is vaak gering. Deze kunnen worden verhoogd door toevoeging van rubber (zogenaamde toughened, taai gemaakte variant). De vaak hoge viscositeit maakt een epoxylijm minder geschikt voor het verbinden van kleine delen en/of delen met een nauwe pasvorm.

Een aparte toepassingsvorm is de epoxyfilm, waarbij de lijm in de vorm van een flexibele folie wordt geleverd. De lijm moet ook door temperatuurverhoging worden uitgehard. Daarnaast zijn er ook nog epoxy's in poedervorm, welke door temperatuurverhoging worden uitgehard. Dit type is ook toepasbaar als reactieve smeltlijm (zie § 3.2).

Tenslotte zijn er nog epoxy's die onder invloed van ultraviolet licht kunnen uitharden, de zogenaamde kationische UV-epoxy's. Hierbij komt de reactie op gang door belichting met ultraviolet licht. Na belichten kunnen de materialen worden samengevoegd en vindt verdere uitharding plaats.

Uithardingsmechanisme

Epoxy's kunnen op twee manieren uitharden. Bij de koudhardende epoxy's worden hars en harder voor het aanbrengen gemengd en vindt een vernettingsreactie plaats bij kamertemperatuur. Deze reactie kan overigens worden versneld door temperatuurverhoging. Bij mengen is de verhouding van hars en harder, op basis van het aantal moleculen, meestal rond de 50/50%.

De mengverhouding is hierbij vrij kritisch. Bij het afwijken van de optimale mengverhouding wordt de lijm meestal minder sterk en duurzaam. Bij eencomponent-systemen (inclusief folies en poeders), komt de vernetting op gang door temperatuurverhoging. De vernettingstemperatuur is van grote invloed op de uiteindelijke sterkte van de verbinding. Warm uitgeharde systemen hebben in het algemeen een hogere sterkte en taaiheid dan koud uitgeharde systemen. Tweecomponentensystemen worden vaak ook warm uitgehard en hebben dan een hogere sterkte dan bij kamertemperatuur uitharding.

Toepassing

Epoxy's worden veel toegepast daar waar een sterke,

duurzame verbinding gewenst is. Ook wordt epoxy toegepast als gereedschapshars, of als hars voor het maken van vezelversterkte kunststoffen.

Ontwerpcriteria

Omdat de epoxy's relatief stijf zijn, kunnen zij beter niet worden toegepast bij verbindingen die flexibel moeten zijn, zoals verbindingen van de meeste kunststoffen. Door de hoge sterkte en vaak uitstekende hechting is het verwijderen van epoxy's, bijvoorbeeld voor reparaties, niet eenvoudig. Door de vaak hoge viscositeit kan het werken met kleine componenten en/of nauw passende verbindingen moeilijk zijn. Voor de warm uithardende epoxy's moet bij het ontwerpen rekening worden gehouden met de vraag of de te verbinden materialen tegen de uithardingstemperaturen bestand zijn en of bij het uitharden geen overmatige thermische spanningen in de verbindingen zullen worden geïntroduceerd.

Te verlijmen materialen

Metalen, thermohardende kunststoffen en keramiek kunnen uitstekend met epoxy worden verbonden, zij het dat vaak een primer, bijvoorbeeld tegen corrosievorming, gewenst is. Thermoplastische kunststoffen en rubbers kunnen veelal minder goed worden verbonden; hierbij speelt enerzijds een rol dat deze materialen apolair zijn (hetgeen is te verhelpen via een geschikte voorbehandeling), anderzijds dat deze materialen zeer flexibel kunnen zijn.

Oppervlaktebehandeling

Epoxy is vrij gevoelig voor verontreinigingen op oppervlakken. Een goede reiniging is dan ook noodzakelijk; soms is een primer, bijvoorbeeld voor het tegengaan van corrosie, gewenst. Enkele speciale typen, zoals de rubbergemodificeerde varianten, zijn minder gevoelig voor verontreinigingen.

Voordelen

De voordelen van epoxy's zijn vooral te vinden in de hoge sterkte, de hoge duurzaamheid van de lijm zelf en de algemene toepasbaarheid. Het voordeel van de folie is, dat de lijm als het ware op maat gesneden kan worden aangebracht en dat knoeien wordt voorkomen. Het voordeel van poeders is dat gemorst poeder weer kan worden herverwerkt (minder verliezen).

Beperkingen

De uithardingtijd is vaak relatief lang. Bij snel hardende systemen is zowel het mengen als de hanteerbaarheid moeilijk. Het wegen en mengen van de lijmcomponenten vereist nauwkeurig werken. Door de lange uitharding is een goede fixering van de verbinding gedurende langere tijd vereist. Door het uitharden bij hogere temperatuur en het afkoelen daarna kunnen, vooral bij ongelijksoortige materialen, grote krimpspanningen optreden. Door het vaak brosse karakter zijn de epoxy's gevoelig voor slagbelasting en trillingen. Bij folies moet er goed op worden gelet dat geen luchtinsluitingen plaatsvinden. Bij poeders moet de constructie goed worden aangepast, zodat het poeder voor en tijdens het aanbrengen goed op de plaats blijft. Bij gebruik van poeder als reactieve smeltlijm geldt dit uiteraard niet.

Aandachtspunten bij de verwerking

Bij handmatige menging van twee componenten moet zeer goed worden gemengd. Doordat de componenten vaak verschillend zijn gekleurd, heeft het geen problemen op te leveren om die goede menging tot stand te brengen. Eenvoudiger is het aanbrengen met een mengpistool, voorzien van statische of dynamische mengers. Nadeel hiervan kan zijn, dat de uitharding van de lijm aanleiding geeft tot verstopping van de spuitmond.

Veiligheid en hygiëne

Sommige componenten uit epoxylijm kunnen aanleiding geven tot huidirritaties. Hierbij kunnen voor gevoelige personen, vooral op de langere duur, heftige irritaties optreden bij blootstelling aan deze componenten. Dit treedt vooral op bij onzorgvuldig mengen en/of aanbrengen van de epoxy's. De epoxy-films en -poeders geven, voor zover bekend, geen aanleiding tot deze problemen.

3.10 Polyurethaanlijmen

Polyurethaanlijmen kunnen in 5 groepen worden ingedeeld, namelijk:

- ▶ oplosmiddelhoudende systemen (zie § 3.4);
- ▶ dispersielijmen (zie § 3.1);
- ▶ eencomponent oplosmiddelvrije systemen;
- ▶ tweecomponenten oplosmiddelvrije systemen;
- ▶ polyurethaansmeltlijmen.

Door de keuze van de lijm kan de uithardingsnelheid, vernettingsnelheid, flexibiliteit en dergelijke worden veranderd.

3.10.1 Eencomponent oplosmiddelvrije systemen

Beschrijving

Eencomponent PUR-lijmen kennen een ingebouwde harder, die door middel van vocht reageert. Door het wijzigen van de samenstelling kunnen de eigenschappen, zoals sterkte, adhesie, elasticiteit, temperatuurbestendigheid, uithardingsnelheid en dergelijke worden beïnvloed. Eencomponent PUR-lijmen hebben, al dan niet in combinatie met een primer, een goede hechting op uiteenlopende materialen. Hierdoor vindt toepassing plaats in een grote diversiteit van industrietakken.

Uithardingsmechanisme

Een eencomponent PUR-systeem is een prepolymeer van een isocyanaat/hars combinatie, waarvan de isocyanaten in overmaat aanwezig zijn. Door de reactie van vocht uit de lucht of omgeving zal een doorharding plaatsvinden. De uithardingsnelheid is te verkorten door extra vocht toe te voegen en/of de lijmnaad te verwarmen. Er is een speciale PUR-lijm, die bij verhoogde temperatuur (meestal hoger dan 70°C) een volledige doorharding verkrijgt tussen 5 minuten en een uur.

Toepassing

De polyurethaansystemen worden in de volgende branches ingezet:

- ▶ bouwindustrie, onder andere bouw- en dakpanelen, tussenwanden, fabricage en montage van panelen voor koelhuizen;
- ▶ wagenbouw, onder andere voor koelwagens, isolatiecontainers en caravans;
- ▶ technische isolatie, onder andere scheepsbouw, tankerbouw, opslagtanks;
- ▶ filterindustrie, onder andere lucht-, olie-, benzine- en industriefilters.
- ▶ diverse toepassingen zoals gietmassa's voor vensterprofielen en de elektronica-industrie.

Ontwerpcriteria

Eencomponent PUR-systemen zijn door hun geringe treksterkte (kleiner dan 10 MPa) en goede elastische eigenschappen bijzonder geschikt voor het maken van verbindingen, die aan dynamische belastingen blootstaan. Deze systemen bezitten een goede lage temperatuur- en chemische bestandheid.

Te verlijmen materialen

Polyurethaanlijmen zijn geschikt voor elastische, buig-

vaste verlijmingen van metalen, hout, beton, keramiek en kunststoffen.

Oppervlaktevoorbereiding

De substraten dienen droog, alsmede stof- en vetvrij te zijn. Het is aan te bevelen de substraten eerst met een reinigingsmiddel te ontvetten. Bij het verlijmen van metalen oppervlakken is het aan te bevelen een geschikte wash-primer te gebruiken, zeker als de verbinding later aan vochtigheid wordt blootgesteld. Kunststofoppervlakken moeten vrij zijn van lossingsmiddelen en licht opgeruwd zijn. Bij gebruik van polyethyleen en polypropyleen dienen deze materialen goed te zijn voorbehandeld (bijvoorbeeld corona). Bij gebruik van isolerende kernmaterialen bij de sandwich-fabricage, dienen deze schuimstoffen voorzien te zijn van rillen, waardoor ingesloten lucht kan ontwijken.

Voordelen

Geen mengen (eencomponent), hoge weers- en ouderdomsbestendigheid, groot hechtspectrum op uiteenlopende materialen en hoge elasticiteit.

Beperkingen

Geringe treksterkte (kleiner dan 10 MPa).

Aandachtspunten bij de verwerking

Eencomponent PUR-systemen hebben vocht nodig voor de uithardingsreactie. Wees voorzichtig bij het besproeien van de voegdelen met water, omdat bij een teveel aan water blaasvorming door CO₂-afsplitsing kan ontstaan. De reactie van eencomponent PUR-systemen begint direct na het verwerken c.q. openen van de luchtdicht afgesloten verpakking.

Veiligheid en hygiëne

De oplosmiddelvrije polyurethaansystemen bevatten geen oplosmiddel en zijn niet etsend of brandgevaarlijk. De harscomponent veroorzaakt over het algemeen geen probleem. De harders (isocyanaat, meestal op basis van MDI) hebben bij kamertemperatuur een zeer lage dampdruk (0,0006 mbar). Op grond van deze lage dampdruk wordt er een MAC-waarde aangehouden van 0,01 ppm (= cm³ isocyanaatdamp per m³ lucht) bij normale werkomstandigheden. Tijdens het spuiten van deze systemen is het als voorzorgsmaatregel aan te bevelen om af te zuigen en voor een goede ventilatie te zorgen. Daar de oplosmiddelvrije eencomponentensystemen een ingebouwd isocyanaat als eindgroep hebben, dient men deze voor wat betreft veiligheidsmaatregelen te beschouwen als een harder. Door het feit dat isocyanaten reageren met vocht, kunnen deze systemen irriterend voor handen en ogen zijn. Beschermende maatregelen zijn dan ook noodzakelijk. Bij eventueel huidcontact dient men zo veel mogelijk te spoelen met water en zeep. Bij oogcontact minimaal 10 minuten spoelen met water en een arts raadplegen.

3.10.2 Tweecomponenten oplosmiddelvrije systemen

Beschrijving

Tweecomponenten PUR-systemen bestaan uit een A-component op basis van een polyol en een B-component op basis van een isocyanaat. Door het toevoegen van diverse vulstoffen kunnen de eigenschappen, zoals sterkte, adhesie, flexibiliteit, temperatuurbestendigheid, uithardingsnelheid en dergelijke worden beïnvloed. Tweecomponenten PUR-lijmen hebben, al dan niet in combinatie met een primer, een goede hechting op uiteenlopende materialen. Hierdoor vindt toepassing plaats in een grote diversiteit van industrietakken.

Uithardingsmechanisme

Tweecomponenten oplosmiddelvrije systemen harden uit door het mengen van de A en B component in een

voorgeschreven mengverhouding. Door de chemische reactie tussen polyol en isocyanaat ontstaat polymere met een netwerkstructuur. Deze reactie is niet omkeerbaar. Afhankelijk van de gewenste verwerkingseigenschappen varieert de uithardingstijd in het algemeen tussen 1 tot 8 uur. De eindsterkte wordt in 24 tot 72 uur bereikt. Door het gebruik van speciale versnellers is de uithardingstijd te versnellen tot beneden de 5 minuten. Ook het verhogen van de temperatuur geeft een belangrijke verkorting van de uithardingstijd.

Toepassing

De polyurethaansystemen worden in de volgende branches ingezet:

- ▶ bouwindustrie, onder andere bouw- en dakpanelen, tussenwanden, fabricage en montage van panelen voor koelhuizen;
- ▶ wagenbouw, onder andere voor koelwagens, isolatiecontainers en caravans;
- ▶ technische isolatie, onder andere scheepsbouw, tankerbouw, opslagtanks;
- ▶ filterindustrie, onder andere lucht-, olie-, benzine- en industriefilters.
- ▶ diverse toepassingen zoals gietmassa's voor venterprofielen en de elektronica-industrie.

Ontwerpcriteria

Tweecomponenten PUR-systemen zijn door hun hoge treksterkte (groter dan 10 MPa) en flexibiliteit - met name ten opzichte van epoxysystemen - geschikt voor het maken van constructies die dynamisch worden belast. Verder bezitten deze systemen een goede lage temperatuur- en chemische bestendigheid. De lijm biedt ten opzichte van de meeste eencomponent PURlijmen het voordeel, dat men een gecalculerde uithardingstijd heeft (niet afhankelijk van vocht) en substraten kan verbinden, die geen vocht bevatten of waar geen vocht kan intreden, bijvoorbeeld grote oppervlakken van kunststof of metaal.

Te verlijmen materialen

Polyurethaanlijmen zijn geschikt voor elastische, buigvaste verlijmingen van metalen, hout, beton, keramiek en kunststoffen.

Oppervlaktevoorbereiding

De substraten dienen droog en stof- en vetvrij te zijn. Het is aan te bevelen de substraten eerst met een reinigingsmiddel te ontvetten. Bij het verlijmen van metalen oppervlakken is het aan te bevelen een geschikte wash-primer te gebruiken, zeker als de verbinding later aan vochtigheid wordt blootgesteld. Kunststoppervlakken moeten vrij zijn van lossingsmiddelen en licht opgeruwd zijn. Bij gebruik van polyethyleen en polypropyleen dienen deze materialen goed te zijn voorbehandeld (bijvoorbeeld corona).

Voordelen

- ▶ gecontroleerde uitharding;
- ▶ hechting op uiteenlopende materialen;
- ▶ goede doorharding, ook bij grote oppervlakken;
- ▶ temperatuurbestendigheid, hardheid, uithardingssnelheid en dergelijke in overleg met de fabrikant in te stellen;
- ▶ goede verouderingsbestendigheid;
- ▶ treksterkte hoger dan 10 MPa.

Beperkingen

- ▶ de lijm moet zorgvuldig en in de juiste verhouding worden gemengd;
- ▶ het gemengde product is beperkt houdbaar (pot-life); hierdoor is vaak speciale tweecomponentenapparatuur noodzakelijk.

Aandachtspunten bij de verwerking

Bij de verwerking moet er nauwkeurig op worden toegezien, dat de beide componenten homogeen en vol-

gens voorschrift worden gemengd. De pot-life dient goed in de gaten te worden gehouden, zodat bij mechanische verwerking de lijm niet in de machine uithardt en bij menging met de hand niet meer lijm wordt aangeemaakt dan kan worden verwerkt binnen de pot-life.

Veiligheid en hygiëne

De oplosmiddelvrije polyurethaansystemen bevatten geen oplosmiddel en zijn niet etsend of brandgevaarlijk. De harscomponent veroorzaakt over het algemeen geen probleem. De harders (isocyanaat, meestal op basis van MDI) hebben bij kamertemperatuur een zeer lage dampdruk (0,00019 mbar). Op grond van deze lage dampdruk wordt er een MAC-waarde aangehouden van 0,02 ppm (= cm³ isocyanaatdamp per m³ lucht) bij normale werkomstandigheden. Tijdens het vernevelen van deze systemen en bij het verwerken op temperaturen hoger dan 70°C moet worden afgezoogen. Door het feit dat isocyanaten reageren met vocht, kunnen deze systemen irriterend zijn voor handen en ogen. Beschermende maatregelen zijn dan ook noodzakelijk. Bij eventueel huidcontact dient men zo veel mogelijk te spoelen met water en zeep. Bij oogcontact minimaal 10 minuten spoelen met water en een arts raadplegen.

Voor het onschadelijk maken van gelekte harder wordt een mengsel van 90% water, 8% geconcentreerde ammoniak en 2% detergent aanbevolen.

3.10.3 PUR-smeltlijmen

Beschrijving

PUR-smeltlijmen worden in vaste vorm aangeleverd, waarbij - in verband met het speciale karakter van deze lijm - de verpakking luchtdicht is afgesloten.

Uithardingsmechanisme

Smeltlijmen harden uit door de vloeibare lijm (hoge temperatuur) terug te brengen in zijn vaste vorm (lage temperatuur).

In het algemeen betekent dit, dat de lijm - afhankelijk van type en opgebrachte laagdikte - in enkele seconden tot enkele minuten zich omzet van een vloeibare lijm tot een vaste verbinding.

PUR-smeltlijmen reageren met de vochtigheid uit de omgeving en/of substraten, waardoor binnen enkele dagen een uitgereageerde verbinding ontstaat, welke temperatuur- en chemisch bestendig is.

Toepassing

De lijmen worden door de specifieke eigenschappen (zeer korte uithardingstijd, hoge temperatuur- en chemische bestendigheid) toegepast voor het lijmen van diverse kunststoffen, metalen, hout en textiel.

Ontwerpcriteria

Omdat PUR-schuismeltlijmen hun specifieke eigenschappen krijgen door het vernetten met vocht, zal dit aanwezig moeten zijn in één van de substraten.

Bij niet vochthoudende substraten moet het verbindingsoppervlak zodanig zijn, dat vocht van buitenaf kan toetreden (inwerkdiepte vocht door de lijmverbinding circa 1 à 2 cm).

Door de keuze van de lijm kan de uithardingssnelheid, vernettingssnelheid, flexibiliteit en dergelijke worden veranderd.

Te verlijmen materialen

Door de uitstekende hechting op diverse kunststoffen wordt de lijm gebruikt in de automobiel-, elektronica- en textielcacheringsindustrie. Speciaal daar waar lage temperatuur- (-40°C tot 120°C) en chemische bestendigheid wordt verlangd.

PUR-smeltlijmen zijn weekmakerbestendig en kunnen worden gebruikt voor toepassingen welke later gestriliseerd moeten worden.

Oppervlaktebehandeling

Voor een optimaal resultaat moeten de oppervlakken vetvrij zijn. Apolaire kunststoffen zoals polypropyleen en polyethyleen moeten worden voorbehandeld. Metalen dienen vaak te worden voorverwarmd om goede bevochtiging en vloeï van de lijm op het oppervlak te verkrijgen.

Voordelen

De PUR-smeltlijmen bieden de voordelen van een smeltlijm - zeer snelle verwerking - gecombineerd met de eigenschappen van tweecomponenten PUR-lijm (oplosmiddelhoudend en oplosmiddelvrij), zoals goede temperatuur- en chemische bestendigheid.

Beperking

De lijm moet worden verwerkt in speciale smeltlijm-apparatuur.

Aandacht bij de verwerking

Omdat PUR-smeltlijmen ook bij kamertemperatuur reageren met vocht, zal een geopende verpakking onder een inert gas of stikstof moeten worden bewaard.

Veiligheid en hygiëne

Bij het verwerken van PUR-smeltlijmen moeten de veiligheidsvoorschriften voor wat betreft de omgang met isocynaathoudende stoffen worden aangehouden. Het NCO gehalte ligt tussen de 2-6%. Als gevaarstof komt het vrije monomeer MDI in aanmerking. De MAC-waarde voor MDI ligt op 0,01 ppm. De werkelijk optredende MDI-concentratie is afhankelijk van de verwerkingstemperatuur, het verbruik en de opstelling van de apparatuur. Op grond van de huidige ervaring is bij het handhaven van de voorschriften een overschrijding van de MAC-waarde niet te verwachten. Het afzuigen van dampen wordt aangeraden ter plekke van het lijmopbrengstation. Het gehalte vrije MDI monomeer ligt beneden 2%.

3.11 PVC-plastisolen

Beschrijving

PVC-plastisolen zijn gelerende polymeer/weekmaker-mengsels, waarbij het PVC-poeder is gedispergeerd in een vloeibare weekmaker. Hieraan worden drie middelen toegevoegd, te weten:

- ▶ hechtmiddel;
- ▶ stabilisatoren;
- ▶ vulstoffen.

Een hechtmiddel is nodig omdat de PVC-plastisol zelf geen uitgesproken hechtvermogen op substraten vertoont (zeker niet op geoliede carrosserieplaten).

Een stabilisator is nodig om te voorkomen dat het chloorhoudende molecuul van PVC bij hoge temperaturen (vanaf circa 210°C) zich afsplitst als chloorwaterstof.

De vulstoffen zorgen voor het juiste vloeigedrag, waardoor een exacte en schone dosering mogelijk is, terwijl de opgebrachte pasta niet meer uit de voegdelen weg-vloeit.

Uithardingsmechanisme

De geling van PVC-plastisolen is eigenlijk een fysisch proces. De deeltjes PVC "zwemmen" in de weekmakerfase. Door de inwerking van de temperatuur (120°C) zwellen de deeltjes op onder opname van de weekmaker. De gezwollen PVC-deeltjes beginnen vervolgens samen te smelten. Bij meer dan 160°C smelten deze deeltjes definitief samen. De ontstane pasta gedraagt zich rubberelastisch als een gel. Bij stijging van de temperatuur ontstaat een nog beter vloeibare fase.

Tijdens het afkoelen verstijft de gesmolten massa tot een flexibel polymeer. De glastemperatuur van PVC

van circa 80°C wordt door de weekmaker tot ver onder 0°C teruggebracht.

Toepassing

PVC-plastisolen worden voornamelijk in de automobiellindustrie gebruikt voor hechtings- en afdichtingsdoeleinden van de carrosserie, deuren, motorkap en kofferdeksel. Deze kit kan op vet en geoliede platen worden aangebracht en door voorgelering kunnen deze kisten het reinigings- en fosfateerbad doorstaan.

Door deze lijmtoepassing wordt niet alleen een verbinding tot stand gebracht, maar tevens een afdichting, waardoor corrosie wordt tegengegaan.

Verwerking

De PVC-plastisolen worden door speciale opbrengapparatuur als dikke, niet druipende vloeistoffen gedoseerd op geoliede carrosserieplaten. Door de specifieke vloeieigenschappen loopt deze kit niet uit de voegen.

Door de voorverwarming ontstaat een voorgelering waardoor de PVC-plastisol tijdens het reinigingsproces de hete chemicaliënoplossingen, die met hoge druk op de carrosseriedelen worden gespoten, verdraagt. Ook bij het onderdompelen kan de binnenstromende vloeistof de lijm niet meeslepen. Na het fosfateerbad gaan de carrosseriedelen naar de lakstraat, alwaar de PVC-plastisol bij hoge temperaturen zijn eindsterkte bereikt.

Voorgeleer-methoden

In de automobiellindustrie worden in de praktijk twee methoden van thermisch voorgeleren toegepast:

- ▶ luchtcirculatie-ovens met horizontaal of ruimte besparend verticaal transport van de delen;
- ▶ inductieve verhitting, waardoor zeer snelle verhittingstijden (5 sec., 200°C) zijn te realiseren. Dit proces is echter wel moeilijker te beheersen.

Oppervlaktebehandeling

Het metaaloppervlak dient optisch schoon en glad te zijn. Ontvetten of ontdoen van geringe hoeveelheden olieachtige bestanddelen is niet nodig.

Bestendigheid

Gegeleerde PVC-plastisolen bezitten een hoge hittebestendigheid (kort tot meer dan 230°C), terwijl bij lage temperaturen (-40°C) nog een hoge flexibiliteit overblijft.

De verouderingsbestendigheid is zeer hoog (meer dan 1000 uur bij 120°C). Hoge hechtingssterkten worden bereikt, maar vooral een zeer goede corrosiebestendigheid, ook na zoutsproei- en condensstesten (480 uur).

Veiligheid

Alleen bij het puntlassen dient men erop te letten, dat de daarbij voorkomende temperaturen ver boven de toegestane temperaturen liggen en men dient dan ook voor afzuiging te zorgen.

3.12 Ureumformaldehydelijmen

Beschrijving

Deze lijmen worden geleverd in poedervorm (om op te lossen) of reeds opgelost in waterige oplossing. Soms is toevoeging van een versneller gewenst. Ureumformaldehydelijmen behoren tot de thermohardende lijmen.

Uithardingsmechanisme

Onder invloed van warmte en/of een versneller vindt een vernettingsreactie plaats, onder afsplitsing van watermoleculen.

Toepassing

Deze lijmen worden vooral in de houtverwerkende industrie toegepast (spaanplaat, triplex, meubels).

Ontwerpcriteria

De ureumformaldehydelijmen zijn verkrijgbaar in vele variëteiten, met verschillende viscositeiten, uithardingssnelheden, enz.. Voor het verkrijgen van een goede binding moet tenminste één van de ondergronden poreus zijn, om het water van de oplossing en/of het bij de reactie vrijkomende water te kunnen afvoeren. Het spleetvullend vermogen is gering. Vaak is hoge druk bij uitharding noodzakelijk.

Te verlijmen materialen

Er kunnen sterke bindingen met hout worden gevormd, hechting aan metaal vereist speciale primers. Dit lijmtype is niet geschikt voor het verlijmen van kunststoffen, waarbij het verlijmen van kunststof lamineerfolies op hout als uitzondering mag gelden.

Oppervlaktebehandeling

Voor hout is geen speciale oppervlaktebehandeling vereist, zij het dat een juiste wijze van voorschuren tot een optimaal resultaat zal leiden. Voor metalen is een speciale hechtprimer nodig.

Voordelen

De lijmen zijn gemakkelijk te verwerken en relatief goedkoop.

Beperkingen

Tenminste één van de ondergronden moet poreus zijn. De lijm is minder goed bestand tegen warmte en vocht. De sterkte is relatief gering. Metaal kan, door de inwerking van het bij de uitharding vrijkomende water, gaan corroderen.

Aandachtspunten bij de verwerking

De verwerking van de lijm levert over het algemeen geen problemen op. De lijm in oplossing is niet stabiel over langere tijd; met opslag moet hiermee rekening worden gehouden.

Veiligheid en hygiëne

De lijm bevat formaldehyde dat in dampvorm kan vrijkomen, zowel tijdens de productie als tijdens het gebruik. Goede afzuiging bij productie is vereist. Veelvuldig contact met de huid kan leiden tot huidirritaties.

3.13 Fenol-/resorcinollijmen

Beschrijving

De lijmen zijn beschikbaar als middel- of hoogviskeuze, vaak donkerbruine, vloeistoffen, als films en in poedervorm. Met name de fenollijmen zijn bijzonder duurzaam. Bij uitharding is een verhoogde temperatuur en hoge druk noodzakelijk. Er zijn ook koudhardende varianten.

Uithardingsmechanisme

De lijm hardt chemisch uit, hetzij bij verhoogde temperatuur, dan wel door toevoeging van een versneller. Bij de reactie wordt water afgesplitst. Ook het oplosmiddel is vaak water. Vanwege die aanwezigheid respectievelijk het ontstaan van water is er bij uitharding een hoge druk noodzakelijk, omdat anders blaasvorming kan plaatsvinden. Aangenomen wordt dat de lijm ook reageert met metaaloppervlakken, waardoor een zeer stabiele binding ontstaat.

Toepassing

De lijmen worden veel toegepast in de houtbouw (spanten, triplex), vooral voor zeer duurzame verbindingen. Daarnaast vindt toepassing in de vliegtuigbouw plaats. Bij uitzondering worden de lijmen toegepast bij het verlijmen van keramiek of kunststoffen voor hoge temperatuur toepassing.

Ontwerpcriteria

Vanwege de benodigde druk bij uitharden worden vooral relatief vlakke verbindingen met fenol- c.q.

resorcinollijmen gerealiseerd. De gangbare typen zijn bros, waardoor toepassing in flexibele verbindingen moet worden ontraden. Wel zijn er gemodificeerde fenollijmen op de markt met een verhoogde taaierheid.

Te verlijmen materialen

Vooral staal, aluminium en hout worden met fenol-respectievelijk resorcinollijmen verlijmd. Thermoplastische materialen zijn over het algemeen niet geschikt om met deze lijmen verbonden te worden. Thermo-hardende kunststoffen (inclusief composieten) kunnen wel worden verbonden.

Oppervlaktebehandeling

Hout vereist geen speciale voorbehandeling, zij het dat aan het schuren de nodige aandacht moet worden besteed. Voor metalen is voor het verkrijgen van een duurzame verbinding een bijzondere voorbehandeling vereist, welke afhangt van het type metaal.

Voordelen

De fenol- en in mindere mate de resorcinollijmen hebben een zeer hoge sterkte, een goede hechting op metalen en een uitstekende duurzaamheid.

Beperkingen

De hoge druk en de vaak hoge uithardingstemperatuur maken het verlijmingsproces nogal omslachtig. De lijmen zijn over het algemeen nogal bros, waardoor bij falen van de verbinding snelle en uitgebreide scheurvorming kan optreden.

Aandachtspunten bij de verwerking

Omdat de lijmen veelal worden aangeleverd in een deels uitgeharde vorm, is de stabiliteit bij opslag beperkt. Gangbare problemen met fenol- en resorcinollijmen zijn terug te voeren op slechte menging van de componenten, slechte voorbehandeling van het oppervlak en ongelijkmatige opwarming en persdruk tijdens het uitharden van de lijmverbinding.

Veiligheid en hygiëne

De fenol- en resorcinollijmen vergen geen bijzondere voorzorgsmaatregelen. De lijmen kunnen huidirritatie veroorzaken bij herhaalde blootstelling aan de huid. Vrijkomende dampen moeten worden afgezogen.

3.14 Siliconenlijmen

Beschrijving

Siliconenlijmen worden vooral gebruikt voor het lijmen van glas, als afdichtingskit en voor toepassingen waar vooral een hoge bestandheid van belang is. Hierbij is de uitstekende hechting van siliconenlijm aan glas van groot belang. Siliconenlijm heeft een hoge flexibiliteit bij een soms eveneens hoge sterkte.

Uithardingsmechanisme

Siliconenlijmen kunnen bij kamertemperatuur uitharden, waarbij vocht van het oppervlak van het te lijmen materiaal en vocht uit de lucht nodig zijn. Bij deze eencomponentensystemen is de uithardingstijd zeer lang (1-2 mm per dag). Bij de reactie komt vaak azijnzuur vrij, hetgeen een voor siliconenlijm kenmerkende geur veroorzaakt. Bij tweecomponentensiliconenlijmen wordt een vernetter of versneller toegevoegd, waardoor de uitharding wordt versneld.

Toepassing

Siliconenlijm wordt veel als afdichtingskit toegepast. Voor speciale toepassingen kunnen de specifieke elektrische eigenschappen, zoals lage diëlektrische verliezen en lage diëlektrische constante, alsmede de hoge flexibiliteit, bij zeer lage temperaturen van belang zijn. Door de prijs/prestatieverhouding worden de siliconenlijmen niet veel als "gewone" lijmen toegepast, maar wel vooral toegepast daar waar hoge eisen aan bij-

voorbeeld bestendigheid tegen vocht, olie, ozon en extreme temperaturen worden gesteld.

Ontwerpcriteria

Voor eencomponentensiliconenlijmen moet toetreding van lucht van niet te lage luchtvochtigheid mogelijk zijn. Voor constructievormen waarbij veel afpelbelasting kan optreden zijn siliconenlijmen relatief geschikt.

Te verlijmen materialen

Metalen, glas, papier, kunststoffen en rubbers (inclusief de apolaire kunststoffen en rubbers). Voor het lijmen van kunststofbeglazing moet zuurvrije siliconenlijm worden gebruikt.

Oppervlaktebehandeling

De hechting aan de meeste materialen is zeer goed. Voorbehandeling kan meestal alleen bestaan uit reinigen. Voor sterk zuigende ondergronden is een primer aan te bevelen. Bij het gebruik van siliconenlijm op ajijszuurbasis bij kunststoffen verdient het aanbeveling om ook een primer te gebruiken.

Voordelen

De siliconenlijmen blijven flexibel over een groot temperatuurgebied, zijn goed bestand tegen hoge temperaturen, vocht en buitenomstandigheden. Voor speciale toepassingen kunnen de specifieke elektrische eigenschappen, zoals lage diëlektrische verliezen en de lage diëlektrische constante van belang zijn. De viscositeit kan over een groot temperatuurgebied worden geregeld; ook bij lage temperaturen kan een siliconenlijm voldoende vloeïend blijven. Voor enkele toepassingen kan de hoge bestendigheid tegen ozon van belang zijn.

Beperkingen

Sommige afsplitsingsproducten van de reactie (zuren) kunnen tot corrosie van metalen aanleiding geven. De uithardingstijd is vaak relatief lang. Prijstechnisch gezien zijn siliconenlijmen ten opzichte van andere alternatieven vaak in het nadeel.

Aandachtspunten bij de verwerking

Geen.

Veiligheid en hygiëne

De zure afsplitsingsproducten van siliconen kunnen irriterende werken op de huid. Deze afsplitsingsproducten kunnen, in dampvorm, in afgesloten ruimten als onprettig worden ervaren (stank).

3.15 *Anorganische lijmen*

Beschrijving

Anorganische lijmen worden veelal daar toegepast waar de verbinding aan hoge temperaturen moet worden blootgesteld. Bekend zijn vooral de silicaten, fosfaten, aluminium-, magnesium- en zwavelcementen. Organische lijmen hebben een bestandheid tegen temperaturen die een lange temperatuurbelasting boven circa 150°C vaak niet goed mogelijk maakt, anorganische lijmen kunnen soms langdurig tot temperaturen boven 1000°C worden toegepast. De lijmen zijn hard en krimpen zeer weinig, reden waarom ze dan ook veel worden toegepast als basismateriaal in de tandheelkunde.

Uithardingsmechanisme

Er zijn twee typen reacties: drogen aan de lucht, waarbij door verdamping van water een vaste lijmlaag ontstaat en uitharden bij verhoogde temperatuur. Bij hoge temperaturen vindt een reactie plaats, waarin de lijm in een glasachtige toestand overgaat (vergelijk het smelten van zand tot glas). De uithardingstemperaturen liggen veelal boven de circa 400°C.

Een ander mechanisme berust op een reactie met vocht, vergelijkbaar met cement in de bouw. Ook hier is nog

vaak een verwarmingsstap tot boven 150°C nodig.

Toepassing

Anorganische lijmen worden veel toegepast bij bijvoorbeeld verlijmen van glas of keramiek onderling of met staal, voor hoge temperatuur toepassingen (lampen, thermo-elementen, ovens).

Ontwerpcriteria

De lijmen hebben een lage uitzettingscoëfficiënt en een zeer lage flexibiliteit. Dat betekent dat bij het ontwerp terdege met spanningsopbouw ten gevolge van het uitzetten van de te verbinden materialen rekening moet worden gehouden. De lijm is slecht bestand tegen schokbelasting. Indien de betreffende lijm op hoge temperatuur moet worden uitgehard, moeten de te verbinden materialen daar uiteraard tegen kunnen.

Te verlijmen materialen

Glas, keramiek, soms metalen.

Oppervlaktebehandeling

Voor op hoge temperatuur uithardende lijmen meestal niet nodig. Voor de waterige lijmen moet het oppervlak schoon (vooral vetvrij) zijn.

Voordelen

Goede bestendigheid tegen hoge temperaturen.

Beperkingen

Weinig flexibel, bros. Weinig bestand tegen slag of stootbelasting. Veelal hoge temperaturen (hoger dan 150°C) nodig voor het uitharden.

Aandachtspunten bij de verwerking

Producten die in waterige vorm worden aangeleverd, moeten voor het aanbrengen goed worden geroerd om een goede verdeling van alle componenten te verkrijgen. Het werken (doen uitharden) bij hoge temperaturen stelt speciale eisen aan bijvoorbeeld de positionering en het fixeren van de lijmverbinding. De temperatuurschema's voor het opwarmen en afkoelen moeten nauwkeurig worden vastgesteld en aangehouden.

Veiligheid en hygiëne

Geen opmerkingen.

3.16 *MS polymeren*

Beschrijving

MS Polymeren zijn opgebouwd uit een basisketen van polypropyleenoxide (een polyether) met een dimethoxysilyl als functionele groep. Zij zijn verkrijgbaar als eencomponent- en tweecomponentenlijmsysteem. De eencomponentlijmsystemen harden uit onder invloed van vocht bij kamertemperatuur. Dit geeft direct een beperking aan van dit lijmsysteem, namelijk de trage doorharding (bij kamertemperatuur ongeveer 24 uur) als gevolg van de noodzakelijke vochtindringing. Bij de tweecomponentensystemen wordt het vocht toegevoerd via een parallelle cilinder. Vaak wordt de opsplitsing van de tweecomponentensystemen gebruikt om in beide containers een ander tweecomponentenlijmsysteem bij te mengen, zoals een epoxy hars en harder. Hierdoor ontstaan combinaties van lijmsystemen die buiten een hoge flexibiliteit ook een aanzienlijke sterkte en verbeterde waterbestendigheid kunnen behalen. Dit lijmsysteem gedraagt zich in het gebruik vaak kitachtig. Het is erg flexibel met een breukrek die, afhankelijk van het gekozen systeem, soms wel 450% kan bereiken. De te bereiken breuksterkte van deze lijmsystemen ligt afhankelijk van het gekozen systeem in tussen de 1,5 en 8 MPa.

Toepassing

De toepassing van de MS-lijmsystemen is breed vanwege de lage gevoeligheid van het lijmsysteem voor

de oppervlaktevoorbereiding. Goed reinigen en in een aantal gevallen reinigen in combinatie met het aanbrengen van een primer blijkt vaak voldoende. MS polymeren zijn geschikt om zowel metalen als hout, glas, alsook de meeste kunststoffen behalve PP en PE te verlijmen. Ze zijn over het algemeen erg goed vocht- en UV-licht bestendig en overschilderbaar.

3.17 *Primers en bindmiddelen voor rubber/metaalverbindingen*

Beschrijving

Voor de verbinding van rubber aan metaal of andere harde kunststoffen worden zogenaamde samengestelde bindmiddelen gebruikt. Het hier beschreven deel gaat vooral over het maken van verbindingen met rubber, waarbij ook gebruik wordt gemaakt van de gelijktijdige vulkanisatie van de rubber. In principe gaat het hier om opgeloste polymeren met toevoegingen van gedispergeerde stabilisatoren, activatoren, vulstoffen en één of twee geschikte verhardingssystemen. In de meeste gevallen wordt bij de fabricage van rubber/metaalverbindingen een tweelaags hechtingssysteem gebruikt.

De primer dient hierbij als corrosiebescherming en/of als tussenlaag ter verbetering van de hechting van het bindmiddel op het dragermateriaal.

Uithardingsmechanisme

Door het voorverwarmen van het met bindmiddel bestreken substraat ontstaat tijdens de eerste contactfase met het rubber een onderlinge menging van primer en rubber, alvorens de verhardingsreactie begint. Deze diffusie wordt gestuurd door de keuze van de verharders in het bindmiddel en door de temperatuur.

Door de temperatuuractivering beginnen parallel aan elkaar de aflopende verhardingsreacties, zowel van de verharders in het bindmiddel als van de vulkanisator in het rubbermengsel.

De warmte-overdracht van het vormdeel-metaal-bindmiddel-rubbermengsel veroorzaakt een transport van de verharder naar het rubberoppervlak. In combinatie met het vulkanisatiesysteem van het rubbermengsel wordt een harde tussenlaag gevormd. Tegelijkertijd beïnvloedt het vulkanisatiesysteem van het rubbermengsel de verhardingssnelheid van het bindmiddel.

Het warmtetransport van de rubberzijde naar het metaal (bijvoorbeeld bij metaal met rubberommanteling) geeft vaak een storing van bovenbeschreven uithardingsmechanismen. In deze gevallen dient men een bindmiddel met twee verhardingssystemen te kiezen.

Toepassing

Met deze bindmiddelen worden moderne constructie-elementen gefabriceerd, zoals voor de trillingsdemping (bijvoorbeeld motorenophanging), krachtoverdrachtsystemen (bijvoorbeeld koppelingen), dichtingstechniek (bijvoorbeeld golfdichtringen), in de transportsector (bijvoorbeeld lopende band) en vele andere toepassingsgebieden, waar zeer hoge hechtingen en resistenties worden vereist.

Verwerking

De binding ontstaat - in tegenstelling tot een verlijming - tijdens het vulkanisatie- en vormgevingsproces. Dit kunnen alle mogelijke vulkanisatieprocessen zijn, zoals drukvormvulkanisatie (CM), vloeibare vulkanisatie (TM), spuitvulkanisatie (IM), enz..

De polymeerbindmiddelen dienen voor en tijdens het gebruik regelmatig door oproeren goed te worden gehomogeniseerd, om te voorkomen dat gedispergeerde bestanddelen bezinken. Aan te bevelen is om met een gesloten systeem te werken. Het aanbrengen (de op-

dracht) van het bindmiddel op het substraat kan door strijken, dompelen, spuiten of door walsen gebeuren. Over het algemeen dient men voor spuitopdracht het systeem met een daarvoor geschikt oplosmiddel te verdunnen.

Over het algemeen drogen de polymeerbindmiddelen bij kamertemperatuur in circa 30 minuten. Door hete lucht (max. 100°C) is deze tijd te verkorten. Een andere manier is het vloeibare bindmiddel op warm metaal (40-50°C) te spuiten.

De primer dient eerst goed droog te zijn alvorens het bindmiddel aan te brengen. De meeste polymeerbindmiddelfilms zijn niet kleverig, zodat de onderdelen eenvoudig kunnen worden gestapeld. Mechanische beschadiging en aanraking met vette handen dienen te worden vermeden. Lange tussenopslagtijden van deze delen, zelfs bij hoge luchtvochtigheid beïnvloeden de hechting niet. Een vers opgebracht rubbermengsel geeft de zekerste en beste hechtingsresultaten.

De vulkanisatietemperatuur kan oplopen van 130°C tot meer dan 200°C. Bij vulkanisatietemperaturen hoger dan 170°C is het aan te bevelen een tweelaags-systeem te kiezen.

Bij het IM- of TM-proces dient men er voor te zorgen, dat de menging niet vulkaniseert alvorens de vloeifase beëindigd is.

Oppervlaktebehandeling

Voor een optimaal resultaat zijn stof- en vetvrije oppervlakken noodzakelijk. De substraten kunnen chemisch of mechanisch worden voorbereid. De metalen delen worden voornamelijk mechanisch voorbereid (stralen). Het ontvetten gebeurt over het algemeen met koolwaterstoffen in de dampfase. Alkalische reinigingsmiddelen zijn ook mogelijk. Kunststoffen worden, voor zover mogelijk, ook met koolwaterstoffen in de dampfase ontvet. Textiel, zoals katoen, rayon, nylon of polyester, kunnen door een ontsluitingsbad worden gereinigd. Voor glas is een alkalische reiniging mogelijk.

Eigenschappen uitgeharte systemen

De bindmiddelen geven hechtingsniveaus die de sterkte van het rubber overtreffen. Bij trekproeven ontstaat over het algemeen een breuk in het rubber.

De primer geeft een zeer hoge corrosiebestendigheid. Deze water- c.q. corrosiebestendigheid is ook mede afhankelijk van de voorbereiding van de substraten. Soms kan een drukwaterbestendigheid bij 120°C worden bereikt.

Door hun samenstelling zijn deze polymeren beter bestand tegen zuren dan tegen logen. Over het algemeen zijn deze systemen olie- en oplosmiddelbestendig; ook bezitten zij een goede verouderings- en temperatuurbestendigheid.

Daar het hier gaat om een uitermate complexe materie, is het aan te bevelen in elk afzonderlijk geval uitgebreide testen uit te voeren.

Veiligheid en hygiëne

Deze bindmiddelen bevatten organische oplosmiddelen en zijn daardoor brandbaar. Ventilair goed en werk niet in afgesloten ruimten. Geen open vuur in de werkruimte en niet roken. Door de milieuproblematiek wordt naarstig gezocht naar bindmiddelen met minder schadelijke oplosmiddelen of zelfs op waterbasis.

Hoofdstuk 4

Toeslagstoffen

4.1 Harsen

Onder hars kan worden verstaan dat bestanddeel van de lijm, dat voor het belangrijkste deel verantwoordelijk is voor de moleculaire samenhang van de lijm. Dit deel wordt ook wel bindmiddel genoemd. Het bindmiddel is de hoofdcomponent van de lijm welke uithardt, al dan niet onder invloed van een harder, versneller of andere externe factoren.

Onder hars wordt in praktijk verstaan een samenstelling van bindmiddel en andere hulpstoffen, welke met behulp van een tweede component of externe factoren tot een volledig uitgehard lijmsysteem moet komen, denk hierbij aan een harder en een hars van een tweecomponentenepoxylijm of polyurethaanlijm of aan de hars en de initiatoroplossing van een acrylaatlijm. Tenslotte kan onder hars ook een toevoeging van hoogmoleculair organisch materiaal worden verstaan, welke als doel heeft om de extra kleverigheid of hechting te verschaffen. Ook kan de stroperigheid, de viscositeit van de lijm worden beïnvloed door een hars-toevoeging, waardoor formuleringen met een verhoogd vastestofgehalte, een verlaagd oplosmiddelgehalte en bijvoorbeeld kortere droogtijd of uithardingstijd kunnen worden gemaakt.

4.2 Verharders

Het begrip verharder (vaak ook harder genoemd) kan verschillende betekenissen hebben:

- ▶ het meest laagmoleculaire deel van een tweecomponentenlijm, welke volledig aan een reactie deelneemt, bijvoorbeeld de verharders van een epoxylijm of een polyurethaanlijm;
- ▶ een toevoeging welke nodig is om een reactie te starten en te onderhouden, bijvoorbeeld een organisch peroxide bij acrylaatlijmen;
- ▶ zuren, die door verlaging van de zuurgraad (pH-waarde) de polycondensatiereactie van bijvoorbeeld formaldehydelijmen kunnen initiëren;
- ▶ activatoren zoals metaalionen of -complexen, die de uitharding van bijvoorbeeld anaërobe lijmen in gang zetten.

In de Duitse norm DIN 16 920 wordt een harder gedefinieerd als een bestanddeel van een lijm, die zorgt voor de vernetting van de lijm. In die zin zijn bovengenoemde typen dan ook daadwerkelijk als "harder" aan te merken. Een wezenlijk onderscheid is te vinden in het feit dat de eerstgenoemde "harder" daadwerkelijk in gelijke verhouding met de "hars" mee reageert, terwijl de andere "harders" meer dienen om de reactie op gang te brengen, dan wel te houden. Deze componenten dragen zelf, in de moleculaire structuur van de uitgeharde lijm, niet bij aan de sterkte van de lijm. Een overeenkomst tussen de verschillende typen is, dat zij allen opgenomen worden in de hoofdketens van de uitgeharde lijm (in tegenstelling tot bijvoorbeeld versnellers en katalysatoren).

4.3 Vernetters

Vernetters bestaan uit moleculen die er voor zorgen dat een verknoping van de bindmiddelmoleculen niet in één richting plaatsvindt, waardoor een louter draadvormige structuur zou ontstaan, maar dat er allerlei zijtakken in de ketens ontstaan. Hierdoor ontstaat een meer verknoopte structuur, welke over het algemeen

leidt tot vorming van zogenaamde thermoharders: lijmen die bij temperatuurverhoging niet meer smelten. Tevens geldt: hoe meer verknoppingen, hoe brosser de lijm. Onder vernetters wordt ook wel verstaan die stoffen, die in staat zijn om twee typen moleculen, die zonder aanwezigheid van de vernetter niet zouden reageren, wel te laten reageren. Van dit laatste is bijvoorbeeld een hechtverbeteraar (zie § 4.8) als koppeling tussen een glasoppervlak en een reactieve hars een voorbeeld.

4.4 Versnellers en katalysatoren

Versnellers en katalysatoren zijn hulpstoffen die na de uitharding van de hars in ongewijzigde vorm aanwezig zijn; zij reageren dus niet mee in de zin dat zij in de lijmketens worden opgenomen. De functie van versnellers en katalysatoren is om de reactie tussen hars en harder sneller te laten verlopen en/of een reactie tussen deze bestanddelen bij lagere temperaturen mogelijk te maken. Zo kan bijvoorbeeld bij een acrylaatlijm het systeem zodanig zijn opgebouwd, dat de hars en de harder al bij elkaar gevoegd zijn, maar pas tot uitharding over gaan als contact optreedt met de versneller. Het is echter ook mogelijk dat de versneller in de hars is gemengd, waarbij pas uitharding optreedt bij contact met de harder.

4.5 Stabilisatoren

Stabilisatoren dienen om ongewenste en voortijdige reacties in de lijm tegen te gaan, waardoor het mogelijk wordt om de lijm langer in opslag te houden. Daarbij kunnen voor wat betreft de effectieve werking de volgende onderscheiden worden gemaakt:

- ▶ er zijn reactieve monomeren die ongewenste voortijdige reacties blokkeren;
- ▶ sommige polymeren remmen de afbraak van polymeren tijdens de verwerking (bijvoorbeeld stabilisering tegen afbraak bij de verwerking van smeltlijmen);
- ▶ het bieden van bescherming tegen veroudering van de uitgeharde lijm, bijvoorbeeld door bescherming tegen afbraak van de lijm onder invloed van UV-licht;
- ▶ het bieden van bescherming tegen oxidatieve veroudering van de lijm of de uitgeharde lijm. Deze categorie stabilisatoren wordt ook wel anti-oxidanten genoemd.

4.6 Vulstoffen

Vulstoffen kunnen dienen om de prijs van de lijm (per kg) laag te houden, maar, in meer positieve zin, ook gebruikt worden om mechanische, fysische en chemische eigenschappen van de lijm in te stellen. Vulstoffen zijn vaste stoffen, die ten opzichte van de andere lijncomponenten min of meer inert zijn. Zij nemen niet deel aan uithardingsreacties.

Vulstoffen spelen een rol bij:

- ▶ *verhogen van de temperatuurbestendigheid*
Hierbij berust de werking van vulstoffen er vooral op, dat vulstoffen weinig krimp en uitzetting vertonen bij temperatuurveranderingen, waardoor in de lijnvoeg minder eigenspanningen en krimpstreken ontstaan;
- ▶ *verbetering van de thixotropie van de lijm*
Bepaalde vulstoffen kunnen de thixotropie van de lijm verbeteren, zodat lijm die aangebracht is op een verticaal vlak niet uitzakt;
- ▶ *versterking van de lijnvoeg*
Door toevoeging van vulstoffen wordt de lijm vaak stijver en sterker. Soms heeft een vulstof ook een hechtverbeterende werking;
- ▶ *verminderen van de krimp*
Tijdens en na de reactie krimpt de lijm. Vulstoffen zijn in veel mindere mate aan krimp onderhevig en

leveren dan ook geen bijdrage aan de krimp van de lijm in de lijmvoeg. Dit betekent dat een gevulde lijm in een zelfde lijmvoeg minder krimpt dan een onge vulde lijm;

- ▶ *instelling van de geleiding*
Zowel de thermische als de elektrische geleiding kunnen door vulstoffen worden beïnvloed;
- ▶ *geschikt maken als vulmassa*
Door toepassing van vulstoffen kan een lijm geschikt worden gemaakt als reparatiemassa (vulmassa) voor hout, beton, metaal en dergelijke. In dit geval is de lijm voorzien van extreem veel vulstof (tot ca. 80%), waardoor ook de krimp van de vulmassa + lijm gering is;
- ▶ *vermindering van het water c.q. oplosmiddelgehalte*
Door gebruik van vulstoffen kan de hoeveelheid water (in gewichtsprocent ten opzichte van de totale gewichtshoeveelheid lijm) beduidend afnemen, waardoor bijvoorbeeld een substraat als papier of karton minder water hoeft op te nemen. Ook kan door het gebruik van vulstoffen de hoeveelheid vrijkomend organisch oplosmiddel worden verminderd.

Vulstoffen in lijmen hebben ook nadelen. Voorbeelden daarvan zijn:

- ▶ de reactiesnelheid neemt af c.q. de uithardtijd neemt toe;
- ▶ de vloeit van de lijm vermindert sterk, hetgeen onder andere nadelig kan uitwerken op de hechting;
- ▶ het breukgedrag van de lijm kan nadelig worden beïnvloed door vroegtijdig ontstaan van microscheuren in brosse vulstofdeeltjes;
- ▶ gevulde lijmen geven over het algemeen dikkere lijmvoegen, waarbij de sterkte van de verbinding nadelig wordt beïnvloed.

4.7 Weekmakers

Weekmakers zijn vloeistoffen, die de elasticiteit van een lijm kunnen verhogen. Zij nemen niet deel aan de uithardingsreactie. Zij werken als een soort intern smeermiddel tussen de moleculen van de uitgeharte lijm. De weekmakers vinden vooral toepassing in kleefstoffen die permanent kleverig moeten blijven, waarbij zij zowel bijdragen aan een verhoging van de beweeglijkheid van de ketenmoleculen, als aan de hechting op vele ondergronden.

Toepassing van weekmakers in met name de hoog belaste lijmen kent echter vele nadelen. De duurzaamheid en hechting kunnen afnemen, de sterkte van de lijm gaat achteruit en de neiging tot kruip neemt toe. Tijdens het gebruik kunnen weekmakers uit de lijm komen. Dit kan nadelig zijn voor de hechting van de lijm en kan ook tot aantasting leiden van kunststoffen of laklagen. Door uittreding van weekmakers kan de lijm verbrossen. Ook migratie van weekmakers uit weekgemaakte kunststoffen naar de lijmvoeg kan leiden tot onthechting of tot ongewenste flexibiliteit.

4.8 Hechtverbeteraars en primers

Het onderscheid tussen hechtverbeteraars en primers is in de praktijk wat vaag. Veelal wordt onder hechtverbeteraar verstaan een bepaald type chemische stof, welke zich hecht aan het oppervlak. De hechtverbeteraar kan (in oplossing) als zodanig op het oppervlak worden aangebracht, in combinatie met andere bindmiddelen door de fabrikant zijn ingemengd in de lijm, of zelf door de gebruiker worden ingemengd. De hechtverbeteraar zelf wordt vaak in een niet of nauwelijks zichtbare laag aangebracht.

Onder een primer wordt meestal een lijm- of verfachtige laag in verdunde vorm en/of van speciale samenstelling verstaan. Een primer wordt vaak in een duidelijk zichtbare laag aangebracht.

Hechtverbeteraars

Er zijn reactieve en niet-reactieve hechtverbeteraars. Het meest bekende reactieve type hechtverbeteraar is de silaanverbinding. Daarnaast worden ook titanaten en in mindere mate zirkoniumaluminaten toegepast als hechtverbeteraar. De werking van de reactieve hechtverbeteraar komt voort uit de structuur van de moleculen. Schematisch is het zo voor te stellen, dat het ene deel van het molecuul, de kop, aan het oppervlak kan hechten, terwijl het andere deel van het molecuul de staart- of functionele groep met de lijm een verbinding aangaat. Daarnaast verknoepen bijvoorbeeld de silaanmoleculen zich ook onderling tot een netwerk. De keuze van de eigenschappen van de staartgroep is vrij; deze kan dus voor de betreffende lijm zo optimaal mogelijk worden gekozen. Voordeel van toepassen van reactieve hechtverbeteraars is, dat de hechting, en met name de duurzaamheid van de verbinding, vaak aanmerkelijk verbetert. Nadeel is dat de stabiliteit van hechtverbeteraars, vóór het aanbrengen, vaak gering is en dat voor een goed resultaat uiterste zorgvuldigheid in acht moet worden genomen. De meeste reactieve hechtverbeteraars werken goed op glas, redelijk tot goed op metalen en slecht op kunststoffen.

Van de niet-reactieve hechtverbeteraars wordt de gechloreerde polyolefine het meest gebruikt. Dit is meestal een oplossing van gechloreerde polypropreen of gechloreerde polyetheen in hexaan. De werking berust op het vormen van een brug tussen een apolaire kunststof (bijvoorbeeld polypropreen of polyetheen) en de meer polaire lijm. De hechtcracht blijft echter meestal relatief gering.

Primers

Primers bestaan in de meeste gevallen uit verdunde oplossingen van de lijm, die nadien zal worden gebruikt. Sommige primers voor metalen bevatten corrosiewerende stoffen. Primers worden vooral gebruikt als het niet praktisch is om na de oppervlakte-voorbehandeling direct de uiteindelijke verlijming tot stand te brengen. Het voorbehandelde oppervlak moet echter wel zo spoedig mogelijk na de oppervlakte-behandeling worden beschermd tegen stof en vet. Primers bieden deze bescherming, doordat zij enerzijds het metaal afschermen en anderzijds voldoende reactief blijven om met de nadien opgebrachte lijm (bij de juiste uithardomstandigheden) een reactie aan te gaan.

Voordelen van het gebruik van primers en hechtverbeteraars zijn:

- ▶ alleen het te lijmen gedeelte van het product wordt behandeld;
- ▶ de behandeling is relatief eenvoudig, zowel voor handmatige toepassing als voor automatisering;
- ▶ voor de meeste combinaties van kunststof en lijm zijn primers beschikbaar.

Nadelen zijn:

- ▶ extra droogtijd van de primer;
- ▶ in een aantal gevallen is de tijd tussen aanbrengen van de primer en de verlijming gelimiteerd;
- ▶ vrijkomen van oplosmiddeldampen.

4.9 Oplosmiddelen

Oplosmiddelen worden aan lijmen toegevoegd om de lijm minder viskeus en beter verwerkbaar te maken. Een andere reden kan zijn, dat het oplosmiddel het te lijmen oppervlak aantast en wel zodanig, dat een betere hechting wordt verkregen. Een derde reden is om de oppervlakte-energie van de lijm af te laten nemen, zodat de bevochtiging van het te verlijmen oppervlak beter verloopt. Kenmerk van een oplosmiddel is, dat het niet reageert met de lijm, en dat het uit de lijm verdampt. Het toepassen van oplosmiddelen is niet gebruikelijk bij hoog belaste lijmen.

Voor industrieel gebruik zijn lijmen met een hoog gehalte aan organisch oplosmiddel niet meer toegestaan.

4.10 *Dispergeermiddelen*

Dispergeermiddelen worden gebruikt in lijmen op waterbasis en voorkomen, dat de lijmdeeltjes coaguleren (voortijdig vervloeien). Dispergeermiddelen worden toegepast in houtlijmen en latexlijmen.

4.11 *Verdunningsmiddelen*

Verdunningsmiddelen worden aan thermohardende lijmen toegevoegd met het doel de lijm beter verwerkbaar en minder viskeus te maken. Het verschil met een oplosmiddel is, dat een verdunningsmiddel reactief is en tijdens het uitharden in de lijm wordt ingebouwd.

Hoofdstuk 5

De keuze van het lijmtyp

De keuze van een geschikt lijmtyp voor een verbinding is geen eenvoudige zaak. De keuze moet immers niet alleen worden gemaakt op basis van de te verbinden materialen, maar ook zijn afgestemd op de eisen die worden gesteld aan sterkte, duurzaamheid, aanbrengsnelheid, uithardtijd, enzovoort.

Aan de hand van de karakteristieken van de verschillende lijmsystemen, zoals beschreven in hoofdstuk 3, kan de gebruiker zich al een beeld vormen over welke mogelijkheden er zijn voor de gewenste toepassing.

In tabel 5.1 zijn overzichten gegeven van de diverse eigenschappen, zoals die aan verschillende lijmtypen kunnen worden toegeschreven. Duidelijk dient te zijn dat de tabel een globaal overzicht verschaft; binnen elk van de genoemde lijmen zijn er speciale typen die "sterker" of "duurzamer" zijn dan door de tabel bij het betreffende lijmtyp wordt gesuggereerd.

In tabel 5.2 is een overzicht gegeven van de lijmen die geschikt zijn om verschillende combinaties van materialen met elkaar te verbinden. Ook hier geldt weer dat de keuze en het resultaat zeer sterk worden bepaald door zaken zoals voorbehandeling, constructie en dergelijke. Zo wordt de contactlijm zeer veelvuldig genoemd, waarbij moet worden bedacht, dat dit lijmtyp vooral geschikt is voor vlakverlijming en/of laagbelaste verbindingen.

Cyanoacrylaatlijmen ("secondenlijmen", "superlijmen") worden vaak niet genoemd, ervan uitgaande dat bij de betreffende materiaalcombinaties een puntverlijming meestal niet aan de orde is. Echter, voor de meeste puntverlijmingen van de genoemde materialen zijn cyanoacrylaatlijmen zeker inzetbaar.

Kleefbanden (tapes) zijn in dit overzicht niet opgenomen, juist omdat ervan wordt uitgegaan, dat voor iedere materiaalcombinatie wel een geschikte kleefband is te vinden.

De lijmselektietabel kan dan ook vooral dienen als een ruwe indicatie voor welke materialen onderling met welke typen lijmen zijn te verbinden.

Bij metalen is geen onderscheid gemaakt tussen verschillende metaalsoorten en -legeringen. De hechting van de lijm aan metalen en de duurzaamheid van die hechting is in sterke mate afhankelijk van het type voorbehandeling. Dit geldt ook voor beklede metaalplaten (bijvoorbeeld verzinkt of van een organische deklaag voorzien). Voorbehandelingen voor verschillende metalen en metaallegeringen staan beschreven in de voorlichtingspublicatie VM 87 "lijmen van metalen". Informatie over het lijmen van beklede dunne (staal)plaat is te vinden in de betreffende inventarisatiestudie (verkrijgbaar bij het NIL).

Bij het lijmen van hout geldt dat de mogelijkheden voor het lijmen afhangen van het type hout, bijvoorbeeld een vette of een minder vette houtsoort, of een houtsoort met speciale inhoudsstoffen. Verder is van belang dat het hout op de juiste wijze is gedroogd. Over dit onderwerp zijn uitstekende, ook Nederlandstalige, boeken verkrijgbaar via het Centrum Hout te Naarden.

Ook bij de kunststoffen geldt dat de kwaliteit van de lijmverbinding sterk afhangt van de voorbehandeling. Dit geldt zowel voor de genoemde lijmen, als voor de mogelijkheden die niet in de tabel staan vermeld, omdat hier een meer intensieve voorbehandeling nodig zou zijn dan bij de in de tabel vermelde lijmtypen.

De mogelijkheden voor het lijmen van textiel hangen uiteraard nauw samen met het type weefsel (zie hiervoor onder de betreffende kunststof) en bijvoorbeeld van de dichtheid van het weefsel.

tabel 5.1 De belangrijkste lijmtypen en hun toepassings- en verwerkingstechnische eigenschappen

lijmsort	componenten	organisch oplosmiddel (o) of waterbasis (w)	bijzondere kenmerken	open tijd ²⁾ letten op	vloeikarakter	opslagstabiliteit o.i.v.	potlife, voor 2C na mengen	milieu, ARBO	apparatuur voor het uitharden	omstandigheden bij het uitharden	lijmvoegeigenschappen					
type uitharding					laag viskeus middelviseus vast	vocht warme koude	< 60 seconden 1 - 60 minuten 1 - 5 uur langer dan 5 uur	oorzaak	explosie/brand ARBO dampen	koud/vacuumpersen warpers stapelen fixeren klemmen + oven drukwalzen verw. gereedschap	temperatuurbereik T tijdbereik t minimale druk P	belasting van de lijmvog na samenvoegen	sterkte laag middel hoog	hardheid laag middel hoog	bestendigheid tegen water laag middel hoog	bestendigheid tegen temperatuur laag middel hoog
fysisch	dispersie	1,2	w één van de materialen moet vocht opnemen	lijm moet nog vochtig zijn	laag viskeus	vocht	< 60 seconden	harder ⁴⁾	explosie/brand ARBO dampen	koud/vacuumpersen warpers stapelen fixeren klemmen + oven drukwalzen verw. gereedschap	T kamertemperatuur na drogen van de lijn t 30 min. P contact	belasting van de lijmvog na samenvoegen	laag middel hoog	laag middel hoog	laag middel hoog	laag middel hoog
	contact	1	o.w als boven, bij oplosmiddelen moeten materialen tegen oplosmiddelen kunnen	lijm moet droog aanvoelen	laag viskeus	vocht	1 - 60 minuten	oplosmiddelen harder ⁴⁾	explosie/brand ARBO dampen	koud/vacuumpersen warpers stapelen fixeren klemmen + oven drukwalzen verw. gereedschap	T kamertemperatuur direct na het persen t < 0,1 min. P contact	direct na het persen	laag middel hoog	laag middel hoog	laag middel hoog	laag middel hoog
	smelt	1	materialen moeten tegen de warmte van de lijn kunnen	lijm moet nog vloeibaar zijn	laag viskeus	vocht	1 - 5 uur	temperatuur	explosie/brand ARBO dampen	koud/vacuumpersen warpers stapelen fixeren klemmen + oven drukwalzen verw. gereedschap	T 90 - 220°C t < 0,1 min. P contact	na afkoeling van de verbinding	laag middel hoog	laag middel hoog	laag middel hoog	laag middel hoog
	cyanacrylaat	1	-	zeer snel verbinden	laag viskeus	vocht	1 - 5 uur	monomeren	explosie/brand ARBO dampen	koud/vacuumpersen warpers stapelen fixeren klemmen + oven drukwalzen verw. gereedschap	T kamertemperatuur direct na het samenvoegen t 0,1 - 1 min. P contact	direct na het samenvoegen	laag middel hoog	laag middel hoog	laag middel hoog	laag middel hoog
chemisch	polyurethaan	1	(zie hiernaast)	voldoende vocht op materiaal of in de lucht aanwezig	laag viskeus	vocht	1 - 60 minuten	isocyaanaatgroepen	explosie/brand ARBO dampen	koud/vacuumpersen warpers stapelen fixeren klemmen + oven drukwalzen verw. gereedschap	T kamertemperatuur afhankelijk van vochtigheid en versterking, doorgaans enige uren t 2 uur - 2 dagen P 0,5 bar	afhankelijk van vochtigheid en versterking, doorgaans enige uren	laag middel hoog	laag middel hoog	laag middel hoog	laag middel hoog
	MS polymeer	1	-	voldoende vocht op materiaal of in de lucht aanwezig	laag viskeus	vocht	1 - 60 minuten	-	explosie/brand ARBO dampen	koud/vacuumpersen warpers stapelen fixeren klemmen + oven drukwalzen verw. gereedschap	T kamertemperatuur afhankelijk van vochtigheid en versterking, doorgaans enige uren t 2 uur - 2 dagen P 0,5 bar	afhankelijk van vochtigheid en versterking, doorgaans enige uren	laag middel hoog	laag middel hoog	laag middel hoog	laag middel hoog
	fenolhars	1/1 ¹⁾ o,w	-	na drogen van oplosmiddelen lang houdbaar	laag viskeus	vocht	1 - 60 minuten	monomeren	explosie/brand ARBO dampen	koud/vacuumpersen warpers stapelen fixeren klemmen + oven drukwalzen verw. gereedschap	T 130 - 170°C t 6 - 30 min. P 7 bar	direct na het persen en afkoelen	laag middel hoog	laag middel hoog	laag middel hoog	laag middel hoog
	acrylaat	1/1 ¹⁾ 2	2 componenten gescheiden aanbrenge, of no-mix, of mengen 2C)	no-mix: lang houdbaar 2C: binnen de potlife ³⁾	laag viskeus	vocht	1 - 60 minuten	monomeren peroxiden oplosmiddelen in initiator/vloeistof	explosie/brand ARBO dampen	koud/vacuumpersen warpers stapelen fixeren klemmen + oven drukwalzen verw. gereedschap	T kamertemperatuur direct tot enige uren t 15 min. P contact	direct tot enige uren	laag middel hoog	laag middel hoog	laag middel hoog	laag middel hoog
polyurethaan	epoxy	1,2	1C uitharden bij verhoogde temperaturen	binnen de potlife ³⁾	laag viskeus	vocht	1 - 60 minuten	hars harder	explosie/brand ARBO dampen	koud/vacuumpersen warpers stapelen fixeren klemmen + oven drukwalzen verw. gereedschap	T 10 - 180°C t 10 min. - 4 dagen P contact	enige minuten tot enige uren, afhankelijk van harder en temperatuur	laag middel hoog	laag middel hoog	laag middel hoog	laag middel hoog
	polyurethaan	2	te hoge vochtigheid vermijden	binnen de potlife ³⁾	laag viskeus	vocht	1 - 60 minuten	harder	explosie/brand ARBO dampen	koud/vacuumpersen warpers stapelen fixeren klemmen + oven drukwalzen verw. gereedschap	T 10 - 140°C t 1 min. - 4 dagen P contact	enige minuten tot enige uren, afhankelijk van harder en temperatuur	laag middel hoog	laag middel hoog	laag middel hoog	laag middel hoog

1) 1/1 = lijm bevat twee componenten, die niet worden gemengd
2) open tijd = tijd na het aanbrengen van de lijn, waarbinnen de materialen met elkaar in contact gebracht moeten worden
3) potlife = tijd waarin de lijn na het mengen nog verwerkbaar is
4) komt incidenteel voor

Hoofdstuk 6

Aanbreng- en verhardingstechnieken

6.1 Het aanbrengen van de lijm

De wijze van aanbrengen van de lijm hangt af van:

- ▶ het product dat moet worden gelijmd:
 - ◆ formaat;
 - ◆ aantallen;
 - ◆ kwaliteitseisen;
 - ◆ vervolgproces.
- ▶ de leveringsvorm van de lijm:
 - ◆ vloeibaar;
 - ◆ als pasta;
 - ◆ vast- (staaf, pil, poeder, film);
 - ◆ eencomponent, meercomponenten.
- ▶ eisen/normen qua milieu.

6.1.1 Het aanbrengen van vloeibare lijm

Vloeibare lijmen kunnen worden aangebracht door:

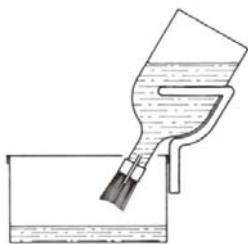
- ▶ kwasten;
- ▶ strijken (rakelen);
- ▶ gieten;
- ▶ dompelen;
- ▶ drukken;
- ▶ met behulp van hand- of luchtdrukbevestigde cartouchepistolen;
- ▶ automatische hoge-drukpistolen;
- ▶ lijmrollen en lijmwalzen;
- ▶ spuiten;
- ▶ gebruik van meng- en/of doseerapparaten.

Kwasten

Het werken met kwasten is eenvoudig. De lijm kan precies daar worden opgebracht waar dat nodig is. Het gelijkmatig aanbrengen van de lijm met de gewenste laagdikte is een kwestie van ervaring en afhankelijk van de eigenschappen van de lijm. De viscositeit van de lijm is bepalend voor de stijfheid van de te gebruiken kwast. Een dunne lijm kan met een "slappe", langharige kwast worden aangebracht. Een dikke lijm vereist daarentegen een "stugge", kortharige kwast.

Correctie van de strijkeigenschappen van lijmen is mogelijk met speciale verdunners. Overleg daaromtrent met de leverancier. Met name bij het gebruik van verdunners voor de lijm dient rekening te worden gehouden met de persoonlijke bescherming. Behalve door dompelen van de kwast, kan men de lijm ook toevoeren door een doorboorde kwast (figuur 6.1). Toevoer kan ook plaatsvinden via een slang vanuit een drukvat (figuur 6.2). Dit principe wordt ook toegepast bij het aanbrengen van lijmprimers. Op het drukvat dient een beveiliging tegen overdruk aanwezig te zijn.

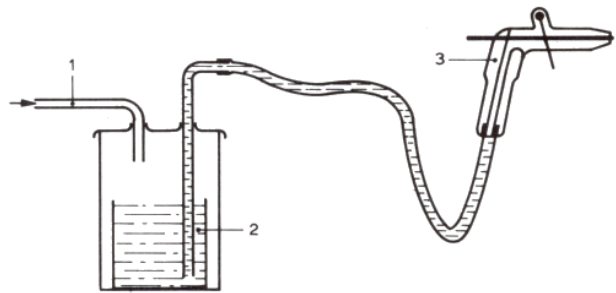
Voor massawerk komt het met de hand kwasten nauwelijks in aanmerking.



figuur 6.1 Lijmkwast met reservoir waarin oplosmiddel

Strijken (rakelen)

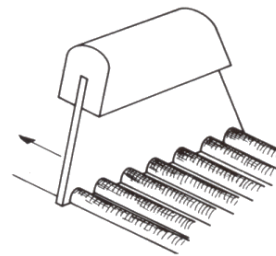
Strijkmessen zijn bijzonder geschikt voor platte oppervlakken. Men onderscheidt messen met een rechte en



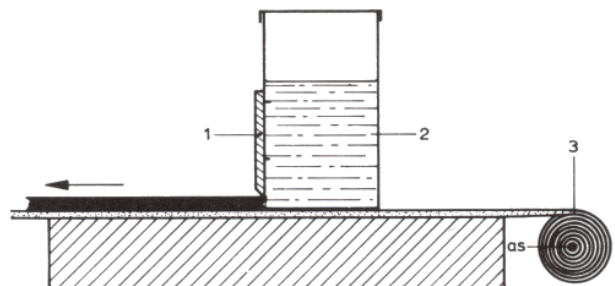
figuur 6.2 Drukvat met drukspuit (spuittechniek)

- 1 = perslucht toevoer
- 2 = lijmreservoir
- 3 = spuitpistool

met een geprofileerde strijkkant (lijmkam, figuren 6.3 en 6.4).



figuur 6.3 Rakel



figuur 6.4 Rakelen van lijm op folie

- 1 = Rakel
- 2 = Lijmreservoir
- 3 = Afwikkelrol

Heeft het strijkmes een rechte strijkkant, dan moet het mes of het te belijmen oppervlak zorgvuldig worden geleid voor het verkrijgen van een gelijkmatige lijmlaag. In geval van een geprofileerde strijkkant mag het strijkmes op het oppervlak rusten, waarbij de lijm tussen de profielopeningen doorstroomt. De geleiding is dan geen probleem, maar wel is een zeer goed vloeiende lijm nodig. Strijkmessen zijn vooral geschikt voor lijmsoorten die matig tot dikvloeibaar of thixotropoort zijn.

Opmerking

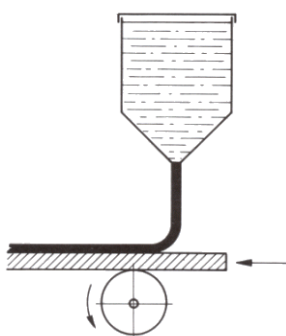
Een thixotrope lijm is een dikvloeibare lijm, die door roeren of uitstrijken dunvloeibaar wordt. Deze eigenschap is in de regel omkeerbaar. In rust zal de lijm weer dik vloeibaar worden. Met name bij automatische doseersystemen kan deze eigenschap voor een ongecontroleerd proces zorgen. Het verpompen van het materiaal door een leidingstelsel kan dezelfde invloed hebben als roeren of uitstrijken.

Voor kleine of niet platte oppervlakken worden voor dergelijke lijmen ook spatels (plamuurmessen) toegepast. In principe komt deze opbrengmethode overeen met die van strijkmessen. De methode is echter alleen geschikt voor handwerk.

Strijkmessen hebben het voordeel dat men grote oppervlakken snel van een gelijkmatige lijmlaag kan voorzien.

Gieten

Bij het gieten vloeit de lijm uit een reservoir op het te lijmen oppervlak. De uitstroomopening kan op verschillende manieren worden aangepast aan het werkstuk. Niet platte oppervlakken (met een profielvorm of gebogen) kunnen van lijm worden voorzien met behulp van een vrijvallend "gordijn" van lijm (gordijngietmachine). Hierbij stroomt de lijm uit een smalle spleet en het werkstuk wordt horizontaal door het "lijmgordijn" bewogen (figuur 6.5). De lijm moet voldoende dunvloeibaar zijn om te kunnen worden rond gepompt en als een dunne film te kunnen stromen. Ook smeltlijmen kunnen door middel van een gordijngietmachine met speciale voorzieningen worden opgebracht. Deze machines zijn vooral geschikt voor het lijmen van grote aantallen: snelheid tot 120 m/min.



figuur 6.5 Lijmgordijn

Dompelen

Een lijmlaag kan op eenvoudige wijze worden verkregen als het werkstuk geheel of gedeeltelijk in de lijm gedompeld wordt. De snelheid waarmee het werkstuk uit de lijm wordt gehaald is belangrijk voor een gelijkmatige dikte. De vorm van de werkstukken dient geschikt te zijn voor dompelen.

Drukken

Ontleend aan de grafische industrie zijn ook druktechnieken voor het opbrengen van lijm ontwikkeld. Het meest bekend zijn de zeefdrukmethode en de offset-drukmethode. Het voordeel van deze methoden is, dat volgens een bepaald patroon kan worden gelijmd.

Lijmrollen en lijmwalsen

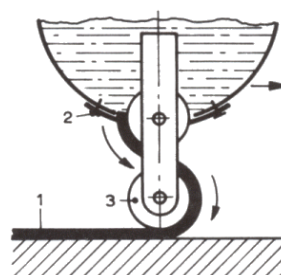
Lijmrollen en lijmwalsen zijn vooral geschikt voor plaatmateriaal en platte vlakken (figuren 6.6 t/m 6.9). Zeer gelijkmatige lijmlaagdikten kunnen worden verkregen wanneer de lijmrol wordt gecombineerd met afstrikmessen en doseerrollen. De opbrengrollen kunnen glad of gekarteld zijn, of van een raster zijn voorzien, afhankelijk van de aan te brengen lijmlaagdikten.

Spuiten

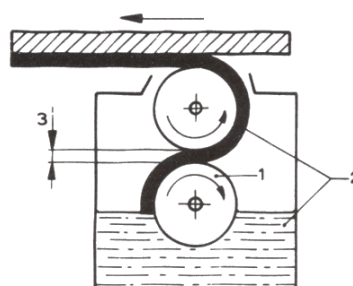
Men onderscheidt nevelspuiten (door middel van perslucht, onder hoge druk of elektrostatisch) en drukspuiten (zonder verneveling).

Nevelspuiten zijn zeer geschikt om grote of ingewikkelde oppervlakken van een dunne laag lijm te voorzien. Het aanbrengen van een dunne laag lijm komt onder andere voor bij zogenaamde primers in combinatie met lijmen in filmvorm. Men gebruikt hiervoor handspuiten en automatische spuiten die vast worden opgesteld of beweegbaar zijn. De methode waarbij perslucht wordt gebruikt om een vloeistofnevel te verkrijgen komt het meest voor (hoge- en lagedrukverfspuit).

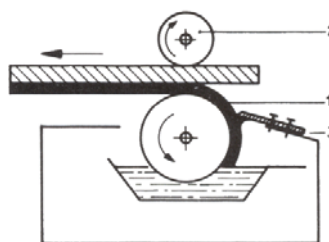
Verneveling is behalve door middel van lucht ook mogelijk onder hoge druk ("airless sprayguns"). Ook is het mogelijk de spuitnevel elektrostatisch op het voorwerp aan te brengen (betere kantdekking).



figuur 6.6 Handlijmrol met dubbele rol
1 = Lijmlaag
2 = Verstelbaar geleideschot
3 = Gekartelde rol



figuur 6.7 Lijmopbrengwals
1 = Aangedreven rol
2 = Lijm
3 = Dikte van de lijmlaag (instelbaar)



figuur 6.8 Lijmopbrengwals met rakel
1 = Lijm
2 = Transportwals
3 = Rakel



figuur 6.9 Lijmwalsen
1) Voor twee banen
2) Voor meerdere banen
3) Voor smalle enkelvoudige banen

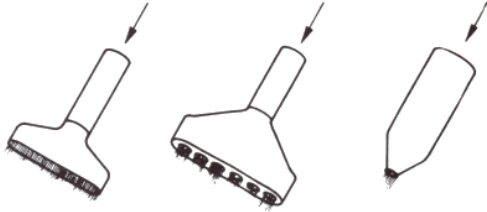
Bij het spuiten van lijmen komen dikwijls moeilijkheden voor door:

- ▶ "spinnweb"-vorming tijdens het spuiten;
- ▶ het vormen van een onregelmatige lijmlaag (druppelvorming resulterend in "sinaasappel"-effect).

Deze verschijnselen zijn bij lijmen die oplosmiddelen bevatten sterker dan bij lijmen zonder oplosmiddelen. Door temperatuurverhoging van de lijm neemt de viscositeit af en wordt de spuitbaarheid beter (warm en heet spuiten).

Ten behoeve van een homogene lijmlaag verdient het aanbeveling het oppervlak voor elke laag 90° te verdraaien ten opzichte van de spuitbeweging (kruislagen spuiten). Bij het spuiten ontstaat een nevel die bij inademing meestal gevaarlijk is. Hiertegen moeten steeds doeltreffende maatregelen worden genomen (afzuiging, spuitkamers, maskers, enz.). Wat dit betreft gelden in overleg met de Arbeidsinspectie dezelfde veiligheidsvoorschriften als voor lakspuitcabines.

Een drukspuit bestaat uit een lijmreservoir, waaraan bijvoorbeeld met behulp van een slang, een verwisselbaar spuitstuk is bevestigd (figuur 6.10). Onder druk, verkregen door handkracht of perslucht, wordt de lijm op het oppervlak aangebracht. De lijm treedt hierbij als vloeistof naar buiten, dus zonder verneveling. Drukspuiten, ook wel uitdrukspuiten of vloeistofspuiten genoemd, zijn tevens geschikt voor dikvloeibare lijmen, pasta's en smeltlijmen.



figuur 6.10 Verschillende spuitmondten

Hand- en luchtdrukbevestigde pistolen met cartouchehouders

Met behulp van deze "pistolen" worden lijmen en afdichtingsmiddelen, die verpakt zijn in standaard cartouches, aangebracht. De inhoud kan 70, 170 of 340 cm³ bedragen. De hoeveelheid laat zich redelijk nauwkeurig doseren door het formaat van het mondstuk, de opgelegde druk en de snelheid van bewegen. Ook tweecomponenten materialen en hoogviskeuze lijmen laten zich op deze manier verwerken. De eerste door cartouches te gebruiken waarin de lijm en de verharder gescheiden zijn aangebracht en in een speciaal mondstuk (statische mengbuis) worden gemengd, de tweede door cartouchehouders te gebruiken die zijn voorzien van verwarmingselementen.

Het gebruik van meng- en doseerapparatuur

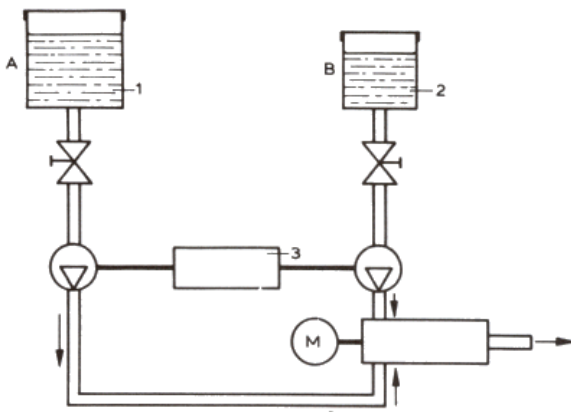
Om lijmsystemen in de massafabricage te kunnen toepassen is, zowel meng- als doseerapparatuur ontwikkeld. Deze apparatuur maakt het mogelijk een van tevoren vastgestelde hoeveelheid lijm - ingeval van tweecomponentenlijm tevens in de goede verhouding gemengd - op de juiste plaats aan te brengen.

Dergelijke apparatuur heeft de volgende voordelen:

- ▶ doelmatig en efficiënt gebruik van de lijm;
- ▶ grotere betrouwbaarheid van de lijmverbinding (minder handelingen);
- ▶ tijdbesparing (het mengen geschiedt veel sneller dan met de hand).

Voor het doseren bestaan twee principieel verschillende systemen:

- ▶ het mechanische pompsysteem (figuur 6.11);
- ▶ het pneumatische druk-tijdsysteem.



figuur 6.11 Meng- en doseerapparaat
1 Component A
2 Component B
3 Uitwisselbare aandrijving voor de gewenste mengverhouding

De keuze van het systeem hangt af van de te doseren materialen. Bij toepassen van tweecomponentenlijm moet het doseren van de componenten in de juiste verhouding geschieden. Daarbij kan een mogelijk verschil in viscositeit problemen geven. Om dit probleem te voorkomen, verhoogt men de temperatuur van beide (of één van beide) componenten in de vaten. Daardoor worden de componenten dunner vloeibaar en zijn ze beter te verpompen. Dit opwarmen van de componenten kan het best gebeuren in een verwarmd vloeistofbad (au bain marie), daar bij andere verwarming (bijvoorbeeld elektrische weerstandelementen) het gevaar van plaatselijke verhitting kan voorkomen. Het doseren van de lijm geschiedt door middel van een pistool in de vorm van druppels, banden of nevel.

Vaak vindt het mengen automatisch plaats, vlak voor het moment dat de lijm het doseerpistool verlaat, om verharding van de lijm in het systeem te voorkomen. De componenten worden dan ongemengd rond gepompt door het systeem en alleen in het doseerpistool wordt de gewenste hoeveelheid van elke component afgenomen en door turbulentie in het pistoolmondstuk gemengd. Dergelijke apparatuur kan worden aangesloten op een vat oplosmiddel, zodat onmiddellijk na het mengen het doseerpistool (en eventueel het gehele systeem) kan worden gereinigd met oplosmiddel. Alternatief kan bij minder continu gebruik een pistool gekozen worden, voorzien van een losneembare statische mengbuis. Deze mengbuis kan na stilstand en uitharding van gemengde lijm in de buis vervangen worden door een nieuwe mengbuis.

Ook voor eencomponent materialen zijn verschillende systemen voor het verpompen van materiaal voorhanden. Onder andere plunjerpompen opgehangen in een portaalframe voor vaten van 200 kg of kleinere exemplaren die op een vat van 25 kg kunnen worden geplaatst. Ook tandwielpompen worden toegepast. Feit is wel dat met name bij massafabricage kennis aanwezig dient te zijn over de vloeistofstromingseigenschappen van het te verwerken materiaal.

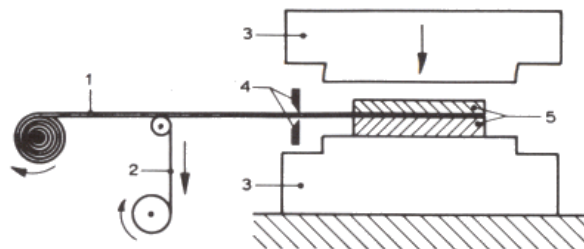
6.1.2 Het aanbrengen van lijm in vaste vorm

Deze lijmen worden geleverd als:

- ▶ lijmfilms (zie ook figuur 6.12);
- ▶ poeders, staaf of pil.

Films

Lijmfilms hebben meestal aan weerszijden een beschermende folie. Na het in vorm snijden of knippen wordt aan één zijde de beschermende folie verwijderd, waarna de film op het werkstuk wordt gelegd. Dan wordt de tweede beschermende folie verwijderd en daarna het andere deel van het werkstuk opgebracht. Om tijdens deze behandeling de lijmfilm en de voorbehandelde werkstukken schoon te houden, moet men handschoenen (liefst wit katoenen) dragen.



figuur 6.12 Principe van het lijmen met lijmfolie
1 = Lijmfilm
2 = Drager
3 = Verwarmde pers
4 = Snijmes
5 = Te lijmen delen

Lijmfilms hebben de volgende voordelen:

- ▶ er is geen mengapparatuur bij nodig; het mengen gebeurt tijdens de fabricage van de film;
- ▶ de lijm heeft een gelijkmatige en nauwkeurige laagdikte; controle van de lijmlaag vindt plaats tijdens de fabricage van de film;
- ▶ de lijmfilms zijn eenvoudig aan te brengen, zijn daarvoor tijdsbesparend, vooral bij grote oppervlakken, zoals bij sandwichconstructies;
- ▶ het werken met lijmfilms is hygiënischer dan het aanbrengen van vloeibare lijm; er is minder kans op eczemen bij degene die lijmt.

Vaak is het gewenst, of zelfs nodig, de lijmfilms gekoeld te bewaren met het oog op de beperkte houdbaarheid. De aanbevelingen van de lijmfabrikant dienen daarbij nauwkeurig te worden opgevolgd. Diep gekoelde lijmfilms moet men voor het gebruik laten acclimatiseren in de polytheenvpakking om condensatievorming te voorkomen.

Eencomponent epoxyfilms moeten in een vriezer worden bewaard en dan nog is de houdbaarheid beperkt tot hoogstens een jaar. Eencomponentsmeltlijmen zijn onbeperkt houdbaar en in tegenstelling tot de epoxyfilms relatief goedkoop.

Poeders, staaf of pil

Lijmen in staaf- en pilvorm en ook in poedervorm voor verwarmde oppervlakken zijn vooral geschikt voor serie lijmwerk bij kleinere lijmoppervlakken. Hierbij kan men druppelvormig doseren door bijvoorbeeld de lijm in pilvorm uit een verhittingskoker te laten vallen, of de staaf over het verwarmde oppervlak strijken.

6.2 Het totstandkomen van de lijmverbinding

Hieronder wordt verstaan het bereiken van de cohesiesterkte van de aangebrachte lijmnaad, tijdens de verharding.

Van belang zijn daarbij:

- ▶ de verhardingsdruk;
- ▶ de verhardingstemperatuur;
- ▶ de verhardingstijd.

6.2.1 Verhardingsdruk

De verhardingsdruk moet steeds minstens zo hoog zijn, dat tijdens het verharden goed contact blijft bestaan tussen de te lijmen oppervlakken en de lijm. De grootte van deze druk is van verscheidene factoren afhankelijk. Bevat de lijm veel vluchtige bestanddelen, dan moet men een hogere druk aanbrengen om de damp- of gasdruk te compenseren. Is de lijm dunvloeibaar (laag viskeus), dan is meestal slechts een geringe druk nodig; is de lijm dikvloeibaar (hoog viskeus), dan is een hogere druk nodig.

Bij lijmen waarbij een condensatiereactie optreedt (formaldehydelijmen), komt water vrij in de vorm van stoom. De verhardingsdruk moet hoger zijn dan de stoomdruk bij de betreffende uithardingsstemperatuur.

Motieven voor het toepassen van lijmdruk zijn:

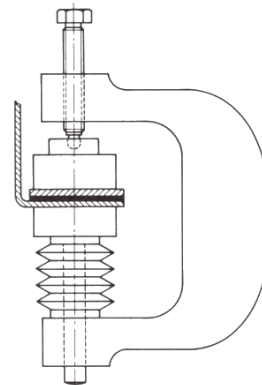
- ▶ het positioneren van de te lijmen delen ten opzichte van elkaar;
- ▶ het verkrijgen van een massieve lijmnaad.

Wordt vloeibare lijm toegepast bij lijmnaden die niet geheel vlak zijn, dan kan het voorkomen dat slechts plaatselijk contact wordt gemaakt met de lijm en dat er "losse plekken" in de lijmnaad optreden. Verhoogt men in dat geval de druk, dan bestaat, vooral bij laag gevulde lijmsorten, het gevaar van "dooddrukken" van de naad, dat wil zeggen dat een zo dunne lijm-

naad overblijft dat de cohesiesterkte sterk terugloopt. Een hogere druk is soms ook nodig in verband met de stijfheid van de te lijmen delen.

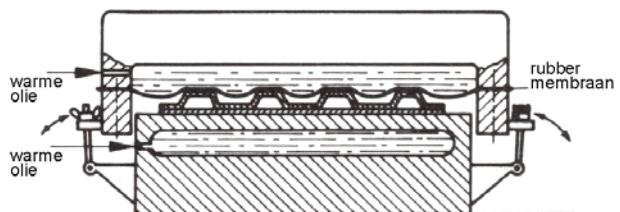
De lijmdruk kan als volgt worden aangebracht:

- ▶ door het plaatsen van een gewicht, tenzij het eigen gewicht van het bovenliggende stuk voor de lijmdruk zorgt.
- ▶ met klemmen. Wanneer lijmklemmen worden toegepast, kan het wenselijk zijn dat deze verend worden uitgevoerd (figuur 6.13), omdat anders door uitvloeien van de lijm de druk tijdens de verharding zal verminderen en zelfs geheel kan wegvallen. Vering van de klem kan worden bereikt door het tussen plaatsen van schotelveren of gewone veren. Klemmen moeten verend uitgevoerd zijn als ze gebruikt worden voor verbindingen waarvan de lijm tijdens de uitharding gasvormige bijproducten oplevert, zoals bijvoorbeeld bij boven 100°C hardende fenolen. Het is, bij het toepassen van klemmen die plaatselijke druk uitoefenen, belangrijk te zorgen voor voldoende stijfheid van de mal tussen de klemmen, opdat de druk zo gelijkmatig mogelijk over het te lijmen oppervlak wordt verdeeld. Al dan niet verende klemmen worden vooral gebruikt bij paneelranden; bij het lijmen over rechte lijnen over het paneel wordt een verende balk toegepast.



figuur 6.13 Lijmtang met schotelveren

- ▶ door persdruk (zie ook figuur 6.12). Als de platen onder een normale hydraulische of spindelpers worden gelegd, kan lijmdruk over grote vlakken worden verkregen. Ook bij hydraulische persen moet men ervoor zorgen dat de druk constant blijft door met de hand of automatisch bij te regelen. Bij gekromde oppervlakken en oppervlakken van ongelijkmatige dikte kan tijdens het persen ongelijkmatige druk voorkomen. Dit wordt voorkomen door het toepassen van de zogenaamde broekenpersen, waarvan de bovenste perstafel is uitgevoerd met een membraan, waarop hydraulisch druk wordt uitgeoefend (figuur 6.14).



figuur 6.14 Door olie verwarmde "broekenpersen"

- ▶ door luchtdruk. Dit kan geschieden door het werkstuk in een zogenaamde enveloppe te steken en zo in een drukvat te leggen. Hierbij moet de enveloppe worden geventileerd en door een leiding met de buitenlucht worden verbonden. Op deze wijze kan

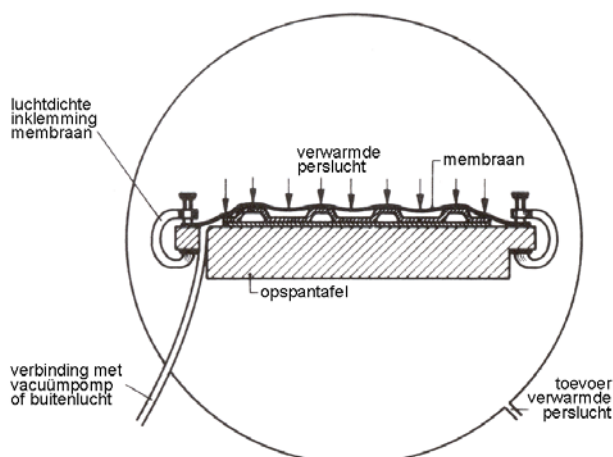
over grotere oppervlakken gelijkmatige druk worden aangebracht.

Men kan de enveloppe ook vacuüm zuigen zonder toepassing van uitwendige overdruk. Hierbij kan geen grotere druk dan ongeveer $0,075 \text{ N/mm}^2$ worden bereikt. Bij deze methode moet men tussen werkstuk en enveloppe poreus materiaal leggen, om te voorkomen dat, door de aanwezigheid van luchtbellen, plaatselijk geen lijmdruk op het werkstuk wordt uitgeoefend.

6.2.2 Verhardingstemperatuur

Wanneer voor het verharden of voor het drogen van de lijm temperatuurverhoging nodig is, kan dat op de volgende manier gebeuren:

- ▶ door stralingswarmte van infraroodlampen of elektrische elementen;
- ▶ door een oven. Ter voorkoming van explosiegevaar door eventuele oplosmiddelen dient de oven goed te worden geventileerd en voorzien te zijn van een explosiewand. Wanneer de oven als een drukketel wordt uitgevoerd, heeft men in feite de veel toegepaste autoclaaf verkregen (figuur 6.15). Het opwarmen respectievelijk afkoelen in ovens en autoclaven vergt meestal veel tijd, doordat lucht een slechte warmtegeleider is. Een sterke luchtcirculatie en hoge druk brengen hierin verbetering;
- ▶ door het met de lijm mee inklemmen van een weerstandselement;
- ▶ door het in de lijmnaad inleggen van weerstandsdraad;
- ▶ door inductieve, respectievelijk hoogfrequentverwarming;
- ▶ door persplaten of mallen die met stoom, heet water, hete olie of elektrisch worden verwarmd.



figuur 6.15 Principeschets van het lijmen in een autoclaaf

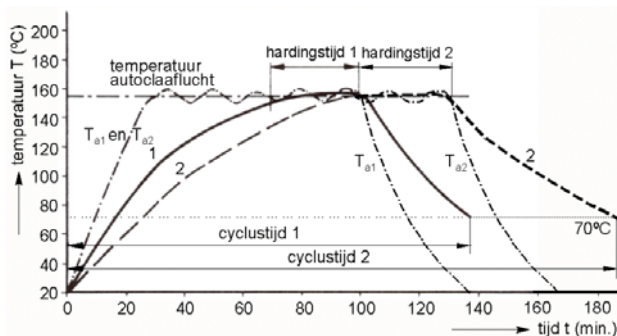
Het is bij de verhardingscyclus belangrijk de temperaturen zoveel mogelijk ter plaatse van de lijmnaden te meten. Het beste kan dit gebeuren met thermokoppels. De lijmgereedschappen voor lijmen die bij een hoge temperatuur worden gehard, dienen zoveel mogelijk te worden of te zijn gemaakt van materiaal met gelijke uitzettingscoëfficiënt als het werkstuk, of van hetzelfde materiaal als het werkstuk.

6.2.3 Verhardingstijd

Bij hogere temperatuur wordt de verhardingstijd korter. De verhardingstijd gaat in op het moment dat de lijm overal de gestelde verhardingstemperatuur heeft bereikt.

Op elke plaats in het werkstuk moet de lijm minimaal gedurende deze verhardingstijd op de gestelde verhardingstemperatuur zijn geweest. Vaak wordt voor de zekerheid een verhardingstijd aangehouden die iets langer is dan noodzakelijk.

De lijmcyclus bestaat uit opwarmen, verharden en afkoelen. De verhardingstijd maakt slechts een deel van die totale tijd uit. In figuur 6.16 is de typische cyclus in een autoclaaf gegeven. Daaruit blijkt dat de temperatuur van de lijmnad steeds najlt bij de luchttemperatuur in de autoclaaf. Dit ter illustratie van het belang de temperatuur ter plaatse van de lijmnaden te meten. Om de opwarmperiode te verkorten, is het gewenst dat zo weinig mogelijk warmte verloren gaat. Daarom zal men het gereedschap zo licht mogelijk uitvoeren en uit een materiaal vervaardigen met een zo laag mogelijke soortelijke warmte. Dit kan vooral belangrijk zijn bij lijmen die, in het traject waar vloeit optreedt, aan bepaalde eisen gebonden zijn voor wat betreft de opwarmingsnelheid.

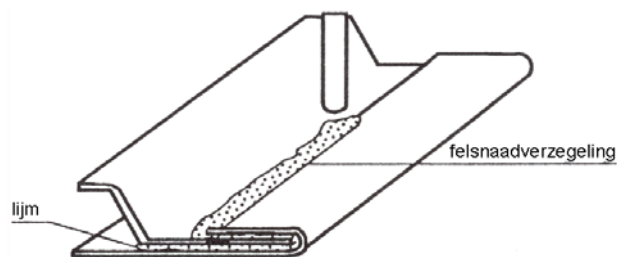


figuur 6.16 Tijd-temperatuurverloop product ten opzichte van autoclaaflucht
1 = lijn kleine massa (T_{a1} = temperatuurverloop bijbehorende autoclaaflucht)
2 = lijn grote massa (T_{a2} = temperatuurverloop bijbehorende autoclaaflucht)

Het afkoelen dient onder druk te geschieden, totdat de temperatuur van het werkstuk gedaald is tot die waarop de sterkte van de lijm voldoende is om onder meer vervorming te voorkomen.

6.3 Bijzondere toepassingen

In de autobouwwereld wordt bij portieren, motorkap, achterklep of kofferdeksel een combinatie van lijmen en mechanische verbinding toegepast: het zogenaamde felsnaadverlijmen (figuur 6.17).



figuur 6.17 Het verlijmen van felsnaden

Met het invoeren van lijm als verbindingsmiddel tussen de binnen- en de buitenplaat, heeft het omzetten van de rand van de buitenplaat om de binnenplaat (fels) geen directe invloed op de sterkte meer. De sterkte wordt gehaald door de lijmverbinding. Het omzetten van de felsrand heeft een meer cosmetische functie. Bij bepaalde automerken wordt bijvoorbeeld de achterzijde van de motorkap (het gedeelte dat aansluit op de voorruit) niet meer omgezet.

6.3.1 Aanbrengen van de lijm

Roestpreventie vereist een felsrand die geheel met lijm gevuld is. De aangebrachte hoeveelheid mag echter niet zoveel zijn, dat deze tijdens de felsbewerking uittreedt. Om dit te kunnen realiseren wordt gebruik

gemaakt van industriële robots en proportioneel werkende doseerinstallaties.

6.3.2 Voorwaarden

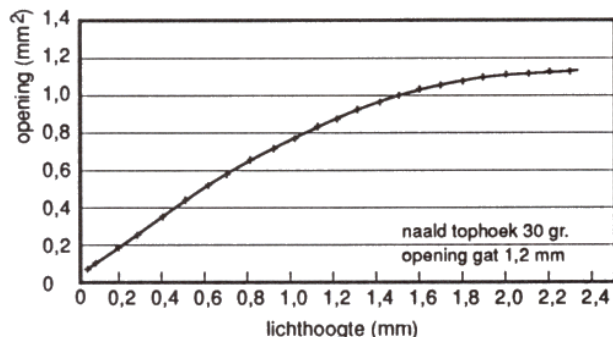
Het aanbrengen van de lijm middels robots vereist de onderstaande voorwaarden:

- ▶ de robot moet in staat zijn een nauwkeurige baan te beschrijven, zodanig dat de lijmlijn (plaats waar de lijm op het werkstuk wordt aangebracht) wordt gevolgd. Ook bij hogere snelheden (> 15 m/min) dient deze nauwkeurigheid te zijn gewaarborgd;
- ▶ de robot moet tijdens het aflopen van de baan het lijmpistool in een goede oriëntering ten opzichte van het werkstuk houden;
- ▶ de robot moet de bewegingen zo gelijkmatig mogelijk uitvoeren;
- ▶ de lijmtoevoer moet zodanig worden geregeld door de robot dat er, afhankelijk van de robotsnelheid, steeds een gelijke lijmrups wordt gelegd.

6.3.3 Doseerinstallatie

Onderscheid is te maken in naaldgergelde (-gestuurde) en drukgergelde doseersystemen, waarbij naaldgergelde systemen nog kunnen worden onderscheiden in zuiver mechanisch werkend en regelsystemen voorzien van PID-regeling (proportionele, differentiërende en integrerende regeling). Drukgergelde systemen zijn altijd voorzien van een PID-regeling.

Mechanisch werkende, naaldgestuurde regelsystemen vertonen in relatie tot de lichthoogte van de naald geen lineair oplopende openingskarakteristiek en daarmee geen proportioneel doseergedrag (zie figuur 6.18). Dit effect wordt vaak nog versterkt door de eigenschappen van het te doseren materiaal. Thixotrope (dikvloeibare) eigenschappen zijn hier debet aan.



figuur 6.18 Relatie tussen de lichthoogte van de naald ten opzichte van de naaldopening

Bij naaldgergelde systemen met een PID-regeling wordt het volumedebiet van het te doseren materiaal gemeten via de drukvariaties in het uitstroomkanaal en vergeleken met ingestelde waarden, waarbij een correctie kan plaatsvinden onafhankelijk van het robot-uitgangssignaal.

Bij naaldgestuurde en drukgergelde systemen bestaat ook nog een onderscheid in uitvoeringen met een separate doseerkamer, welke vanuit een vat wordt gevuld en tijdens het doseren van de lijm wordt geleid, en systemen welke rechtstreeks vanuit een vat de lijm op het werkstuk aanbrengen.

Systemen met een separate doseerkamer lijken een betere garantie te geven voor een constante lijmrups dan systemen die rechtstreeks vanuit een vat werken. De doseerkamer kan qua inhoud worden afgestemd op de, per bewerking, aan te brengen hoeveelheid materiaal. Bij systemen welke rechtstreeks op een vatpomp worden aangesloten, zal een pompomslag tijdens het doseerproces door een regelaar moeten worden opgevangen.

6.3.4 Onderhoud van lijm/kit-installaties

Bij het gebruik van thermohardende materialen kunnen bij lange stilstandtijden en bij hoge omgevings-temperaturen uithardingsverschijnselen optreden.

Bij bepaalde gedeelten in het leidingsysteem (bochten, overgangen, afsluiters en dergelijke) kan dit leiden tot vernauwingen van de doorsneden. Ook kunnen bij warmverwerkbare materialen exotherme reacties optreden die, als de ontstane reactiewarmte niet wordt afgevoerd, kunnen leiden tot volledige uitharding van het materiaal.

De aanwezigheid van vulstoffen in het te verwerken materiaal kan op langere termijn slijtage aan het systeem tot gevolg hebben.

Hoofdstuk 7

Veiligheid en hygiëne

7.1 Algemeen

Net als bij andere verbindingstechnieken moet bij het lijmen een aantal maatregelen worden genomen om verantwoord, veilig en hygiënisch te kunnen werken. Lijmen kunnen oplosmiddelen bevatten die bij inhaleren schadelijk voor de gezondheid kunnen zijn. Lijmen kunnen componenten bevatten die bij contact met de huid irritaties kunnen geven. Sommige lijmen bevatten sterk brandbare componenten. Ook bij sommige voorbehandelingen, zoals bijvoorbeeld het etsen met zuren, moet contact met het voorbehandelingsmiddel worden vermeden.

Omdat er, behalve zeer veel verschillende typen lijmen, ook binnen de typen onderling grote verschillen in chemische samenstelling kunnen zijn, is het niet mogelijk om voor iedere lijm in deze voorlichtingspublicatie een volledige beschrijving van alle veiligheids- en hygiëneaspecten te geven. In deze publicatie wordt een overzicht gegeven van die punten die men in ieder geval moet controleren en de algemene maatregelen die men kan nemen. Per toe te passen product moet dan, aan de hand van door de lijmleverancier te verschaffen informatie, worden nagegaan wat precies de gedetailleerde eisen zijn.

Terwijl de bescherming tegen bijvoorbeeld brand- en explosiegevaar een duidelijk en direct zichtbare korte termijn handeling is, is het beschermen van de gezondheid niet alleen voor een korte termijn, maar ook voor de lange termijn van groot belang. Dit omdat ook langdurend contact (tot zelfs over tientallen jaren) met kleine hoeveelheden van bijvoorbeeld oplosmiddelen, zeer schadelijk voor de gezondheid kan zijn. Ook kan op kortere of langere termijn overgevoeligheid voor contact met lijmen optreden. Deze overgevoeligheid is zowel zeer afhankelijk van het type lijm, als sterk persoonsgebonden. Deze gevaren worden vaak, vooral door diegenen die dagelijks met lijmen omgaan, onderschat.

Van groot belang is het om degenen die met lijmen werken, duidelijk te instrueren over het hoe en waarom van de beschermingsmaatregelen.

7.2 Maatregelen bij voorbehandelingen

Bij het ontvetten van materialen kunnen oplosmiddelen zowel door inademen, als via de huid worden opgenomen. Veel lijmen bevatten oplosmiddelen en andere vluchtige bestanddelen, die tijdens de verwerking en zelfs nog enige tijd daarna kunnen vrijkomen. Als de betreffende lijm dit type stoffen bevat, hetgeen door de leverancier moet zijn aangegeven, is wettelijk verplicht om in ieder geval ervoor zorg te dragen dat de Maximaal Aanvaarde Concentratie (MAC-waarde) in de lucht bij de werkplek niet wordt overschreden.

Voor de meest recente MAC-waarden van de betreffende stoffen wordt verwezen naar de website www.SER.nl ("databank grenswaarden").

Iets dergelijks geldt voor explosiegevaarlijke dampen. De dampen moeten worden afgezogen, waarbij bij grootschalige toepassing ervoor moet worden gezorgd dat de uitstoot binnen de eisen van de Hinderwet blijft. In enkele gevallen is daarvoor een reinigungsstap noodzakelijk. Er moet op worden gelet dat sommige dampen zwaarder zijn dan lucht en derhalve niet door een afzuiging boven het werkstuk zullen worden afgezogen. Hierbij is dus tafel- en/of bodemafzuiging noodzakelijk.

Bij het aanbrengen van afzuigapparatuur moet worden gelet op voldoende luchttoevoer. Bij aanvoer van buitenlucht moet daarbij tevens worden gelet op de invloed die deze heeft op de temperatuur en soms op de relatieve vochtigheid van de binnenruimte. Soms is de plaats waar verse lucht wordt toegevoerd zo koud en/of zo vochtig, dat daar geen aanbrengen van lijm kan en mag plaatsvinden.

Ook dampen van ets- en beitsbaden kunnen gevaarlijk zijn. Bij het aanleggen van afzuiginstallaties moet worden gelet op de corrosiebestandheid van het afzuigstelsel.

Ieder persoonlijk contact met de baden en de inhoud ervan moet worden vermeden. Bij contact met de huid direct afspoelen. Bij contact met kleding direct van kleding wisselen. Bij het maken van de beitsbaden mag nooit water aan het zuur worden toegevoegd. Bij de menging komt veel warmte vrij, waardoor kleine hoeveelheden water aan de kook kunnen raken en het zuur kan gaan spatten. Daarom moet het zuur aan het water worden toegevoegd onder voortdurend roeren.

Bij het mechanisch voorbehandelen ontstaat schuurstof. Ook hierbij is afzuiging, vaak gecombineerd met stofmaskers, noodzakelijk.

Bij voorbehandeling waarbij hoge spanningen voorkomen, zoals anodiseerbehandelingen en plasma- en coronabehandelingen, moet goed op de elektrische veiligheid worden gelet. Dat geldt niet alleen voor die delen die onder hoogspanning staan, maar ook voor de afzuiging en filters die bij de apparatuur horen.

7.3 Maatregelen bij het werken met lijmen

Bij het werken met lijmen, waaronder vullen, verwisselen van charges, mengen en aanbrengen, moeten verschillende veiligheidsmaatregelen worden genomen.

Bij het uitharden kunnen dampen zeer snel vrijkomen, vooral bij uitharding op hogere temperaturen. De installaties moeten dan ook van een adequate afzuiging worden voorzien. Er moet voor worden gemaakt dat bij het openen van ovens niet een golf van oplosmiddel-dampen in de werkruimte komt.

Zeer belangrijk bij het lijmen is de persoonlijke bescherming. Afhankelijk van het type lijm (zie onder andere voorschriften lijmleverancier) moeten veiligheidsbrillen, handschoenen en beschermende kleding worden gedragen. Vooral bij het werken met handschoenen moet goed worden nagegaan of de te gebruiken handschoenen geschikt zijn voor het betreffende type lijm. Bij een verkeerde combinatie van lijm en handschoen kan het voorkomen dat lijmcomponenten door de handschoen dringen, waarbij het contact met de huid zelfs nog veel intensiever kan zijn dan zonder gebruik van handschoenen. Dit betekent niet dat er dus maar van handschoenen moet worden afgezien, maar dat een verantwoorde keuze uit de typen handschoenen moet worden gemaakt. Vele typen handschoenen worden als irriterend ervaren, omdat het transpiratievocht niet wordt afgevoerd. Dan kunnen speciale stoffen binnenhandschoenen uitkomst bieden.

Ook bij opslag, vervoer en verwerking, alsmede opslag en afvoer van lijmafval, moeten de betreffende voorschriften in acht worden genomen. Op het gebied van deze voorschriften is op het moment van schrijven nog zeer veel ontwikkeling gaande, zodat hiervan geen goed overzicht kan worden gegeven. Raadpleeg hiervoor bijvoorbeeld de Arbeidsinspectie en uw lijmleverancier.

7.4 *Werkplek*

Op de werkplek zijn eten, drinken en roken uit den boze. Na het uitvoeren van iedere lijmhandeling moet worden nagegaan of er geen contact met lijmcomponenten heeft plaatsgevonden, opdat geen besmetting van later te nuttigen eten en drinken kan plaatsvinden. Gewaakt moet worden voor het wrijven in ogen: bij gebruik van handschoenen merkt men soms niet dat er lijm aan de handschoenen zit en kan de lijm hierdoor in de ogen worden gewreven!

De werkplek moet zeer schoon worden gehouden. In geval van morsen direct de werkplek reinigen. Hoewel sommige werkplaatsen goed bestand zijn tegen inwerking van lijmen en oplosmiddelen, verdient het aanbeveling de werkplaats telkens met schoon papier af te dekken.

Na het afpoetsen van gemorste lijm moeten de doeken adequaat worden afgevoerd, soms zelfs als chemisch afval. Indien met bij kamertemperatuur uithardende lijmen is gewerkt, dan moeten de doeken in water of in vlamdovende containers worden afgevoerd, omdat bij het uitharden zoveel warmte kan vrijkomen, dat de doeken of eventueel aanwezige papierresten vlam kunnen vatten.

Lijm en/of harder welke op kleding is gemorst niet laten inwerken en/of uitharden. Kleding direct wisselen en zo mogelijk direct (laten) reinigen.

Gebruik ook bij het reinigen van de apparatuur en de werkruimte de voorgeschreven reinigingsmiddelen en beschermende kleding.

7.5 *EHBO*

Bij alle EHBO-zaken geldt:

- ▶ neem zelf eventueel noodmaatregelen;
- ▶ roep de hulp in van een gediplomeerd EHBO'er;
- ▶ zoek in geval van twijfel altijd direct contact met een arts.

Voor iedere lijm moet worden nagegaan welke EHBO-materialen noodzakelijk zijn. In zijn algemeenheid zijn dit bijvoorbeeld oogspoelflessen en reinigingsmiddelen. Raadpleeg uw leverancier voor een juiste keuze van het reinigingsmiddel.

In geval van contact van lijm met de huid (handen), direct zorgvuldig reinigen. Eerst deppen met tissue en dan wassen. Veelal geldt dat wassen met water en zeep de voorkeur verdient. Oplosmiddelen kunnen in de huid dringen, de lijmcomponenten kunnen dan juist versterkt in de huid worden gebracht! Bij het afdrogen van de handen gebruik maken van wegwerptissues, opdat anderen niet met lijmresten in contact kunnen worden gebracht.

Bij contact met de ogen direct minimaal 10 minuten spoelen, liefst met een speciaal daarvoor bestemde oogdouche.

Bij inhaleren van dampen zo snel mogelijk naar de frisse lucht gaan. Bij aanhoudende klachten een arts raadplegen.

7.6 *Maatregelen per type lijm*

Nogmaals zij gesteld dat voor elk type/merk lijm moet worden nagegaan welke voorschriften en eisen van toepassing zijn. In deze publicatie wordt met opzet geen globale beschrijving per type gegeven, omdat de gebruiker voor iedere lijm zelf de betreffende eisen moet opzoeken en aan de verwerker moet doorgeven. Leveranciers van lijmen verstrekken voor elk type lijm een Veiligheidsinformatieblad (Material Safety Data Sheet), met uitgebreide informatie over te treffen maatregelen.

Literatuur

Boeken

- D.A. Adams & C.W. Wake, "Structural Adhesive Joints in Engineering", Elsevier Applied Science Publishers, London, 1984.
- "Adhesion International 1987, Proceedings of the 10th. Annual Meeting of the Adhesion Society, Inc.", Gordon and Breach, New York, 1988.
- D.M. Brewis & D. Briggs, "Industrial Adhesion problems", Orbital Press, Oxford, 1985.
- W. Brockmann, L. Dorn & H. Käufer, "Kleben von Kunststoff mit Metall", Springer-Verlag, Berlin, 1989.
- C.V. Cagle, "Handbook of Adhesive Bonding", McGraw-Hill, New York, 1982 (Reissue).
- Chemiewinkel Universiteit van Amsterdam, "Lijmwijzer; Brochure over de toxiciteit van lijmstoffen", De wetenschapswinkel, Amsterdam, 1986.
- E.W. Flick, "Handbook of Adhesive Raw Materials", Noyes Data Publications, Park Ridge, 1982.
- G. Habenicht, "Kleben; Grundlagen, Technologie, Anwendungen", Springer-Verlag, Heidelberg, 1986.
- S.R. Hartshorn, "Structural Adhesives; Chemistry and Technology", Plenum Press, New York, 1986.
- W.S. Johnson, "Adhesively bonded Joints: Testing, Analysis and Design; ASTM STP 981", ASTM, Philadelphia, 1988.
- A.J. Kinloch, "Adhesion and Adhesives; Science and Technology", Chapman and Hall, London, 1987.
- A.J. Kinloch, "Developments in Adhesives - 2", Applied Science Publishers, London, 1981.
- A.J. Kinloch, "Structural Adhesives; Developments in Resins and Primers", Elsevier Applied Science Publishers, London, 1986.
- A.H. Landrock, "Adhesives Technology Handbook", Noyes Publications, Park Ridge, 1985.
- W.A. Lees, "Adhesives in Engineering Design", Springer-Verlag, Heidelberg, 1984.
- K.L. Mittal, "Adhesive Joints; Formation, Characteristics, and Testing", Plenum Press, New York, 1984.
- M.M. Sadek, "Industrial Applications of Adhesive Bonding", Elsevier Applied Science, London, 1987.
- H.R. Sasse, "Adhesion between Polymers and Concrete; Bonding, Protection and Repair", Chapman and Hall, London, 1986.
- E. Schindel-Bidinelli, "Strukturelles Kleben und Dichten", R. Hinterwaldner Verlag, München, 1988.
- J. Shields, "Adhesives Handbook", Butterworths, London, 1985 (third edition).
- I. Skeist, "Handbook of Adhesives", Van Nostrand Reinhold, New York, 1977.
- "Structural Adhesives in Engineering; Proceedings of the Institution of mechanical Engineers", Mechanical Engineering Publications Limited, London, 1986.
- W.C. Wake, "Adhesion and the Formulation of Adhesives", Elsevier Applied Science Publishers, London, 1982 (Second Edition).
- W.C. Wake, "Synthetic Adhesives and Sealants; Critical Reports on Applied Chemistry Volume 16", John Wiley & Sons, Chichester, 1987.
- R.F. Wegman, "Surface Preparation Techniques for Adhesive Bonding", Noyes Publications, Park Ridge, 1989.

Tijdschriften

- "Adhäsion", Vieweg Verlag / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden.
- "Adhesive Age", Chemical Week Associates, New York.
- "European Adhesives & Sealants", DMG World Media UK Ltd, Surrey.
- "International Journal of Adhesion and Adhesives", Elsevier, Amsterdam.
- Journal of Adhesion Science and Technology", VSP, Zeist.

Definities

De **adhesieve sterkte** van een lijmverbinding is de sterkte, waarbij breuk optreedt aan het grensvlak tussen de lijm en het materiaal.

De **cohesieve sterkte** van een lijm is de sterkte, waarbij breuk optreedt in de lijmen niet aan het grensvlak tussen lijm en materiaal.

De **pot-life** is de tijd gemeten vanaf het mengen van beide componenten tot het punt dat de kleefstof zich nog laat verwerken. Door de hars/harderreactie neemt de viscositeit toe. Voor het bepalen van de pot-life dient altijd 100 g te worden aangemaakt, daar bij grotere hoeveelheden meer warmte bij het mengen ontstaat, waardoor de pot-life wordt verkort. Na het verstrijken van de pot-life is geen goede kleefstofopdracht meer mogelijk.

De **opentijd** is de tijd gemeten vanaf het mengen van beide componenten tot het punt dat de met kleefstof opgebrachte voegdelen nog kunnen worden verlijmd, zonder dat de eindsterkte wordt beïnvloed. Na het verstrijken van de opentijd is geen goede hechting meer te verkrijgen.

De **afbindtijd** is de tijd gemeten vanaf het mengen van beide componenten tot het bereiken van een treksterkte van aluminium proefstukken van $1,0 \text{ N/mm}^2$. Gedurende de afbindtijd dienen de voegdelen onder contactdruk te blijven en niet te worden verschoven. Na het bereiken van de afbindtijd kunnen de verlijmde voegdelen worden getransporteerd of verdere bewerkingen ondergaan. Bij het heet persen is het belangrijk voor het verdere bewerken eerst te koelen, omdat de sterkte van de lijm lager kan zijn dan bij kamertemperatuur.

De **uithardingstijd** is de tijd vanaf het mengen van beide componenten tot het bereiken van de eindsterkte. Pas na de uithardingstijd kan de verbinding volledig mechanisch en thermisch worden belast, zoals aangegeven in de technische informatiebladen.

De **viscositeit** is de mate van vloeibaarheid van een lijm (lage viscositeit = dunvloeibaar; hoge viscositeit = stroperig).

Thixotropie komt voor bij niet-Newtonse vloeistoffen. De vloeistof wordt dunner naarmate er geroerd wordt en dikt weer in bij stilstand.

De **MAC-waarde** is de maximaal aanvaarde concentratie op de werkplek.

Overzicht lijmlieferanciers en enige veelgebruikte lijmen

bedrijfsnaam	plaats	telefoon	e-mail of website	EP	PU	AC	MS	CA	CI	UV	SM
Axitool (Devcon)	Barendrecht	0180-691402	verkoop@axitool.nl	X							
Bostik Findley	's-Hertogenbosch	073-6244244	info@bostikfindley.nl		X	X	X		X		
Bison International	Goes	0113-235700	www.bison.nl	X	X	X	X	X	X		
Collall	Stadskanaal	0599-652190	www.collall.nl						X		
Edilon	Haarlem	023-5319519	mail@edilon.com	X	X						
Eorocol	Wormerveer	075-6271600	info@eurocol.nl		X	X			X		
Eurovite	Ede	0318-664555	info@eurovite.com						X		
Forbo Swift Adhesives Ned.	Genderen	0416-358200	info.genderen@forbo.com	X	X	X		X			
Frencken Fabrieken	Weert	0495-583500	info@frenckenweert.nl		X				X		
H.B. Füller Benelux	Veenendaal	0318-566000	www.hbfuller.com		X						
Henkel Nederland	Nieuwegein	030-6073911	tom.muller@nl.henkel.com		X		X				X
Huntsman	Everberg (B)	+3227589211	www.huntsman.com	X	X	X		X		X	
Jowat Nederland	Fleringen	0541-670629	info@jowat.nl	X					X		X
Kiesel Benelux	Rijen	0161-244600	info@kiesel.nl						X		
Laagland	Rotterdam	010-4799399	informatie@laagland.nl	X		X				X	
Loctite Henkel	Nieuwegein	030-6073850	www.loctite.com	X				X		X	
3M Nederland	Zoeterwoude	071-5450450	www.3m.com	X	X	X			X		X
Mavom	Alphen a/d Rijn	0172-436361	info@mavom.nl	X	X	X		X	X		X
National Adhesives	Zutphen	0575-582500	www.nationalstarch.com	X		X				X	X
Omnicol	Hedel	073-5992925	www.omnicol.nl						X		
Paramelt	Heerhugowaard	072-5750600	info@paramelt.com		X				X		X
Permacol	Ede	0318-640740	adhesives@permacol.nl	X	X	X		X			
Ruplo	Ten Boer	050-3022702	ruplo@planet.nl	X		X	X	X			X
Saba Dinxperlo	Dinxperlo	0315-658999	b&c@saba.nl		X				X		
Secoa	Dordrecht	078-6514400	info@secoa.nl	X							
Sika Nederland	Utrecht	030-2410120	info@nl.sika.com		X						
Siko	Hengelo (Ov)	0575-462025	info@sikobv.nl	X		X				X	
Soudal	Turnhout (B)	+3214424231	www.soudal.com		X		X	X	X		
Vitabond Holland	Slidrecht	0184-495740	info@vitabond.nl							X	

EP = Epoxy; PU = Polyurethaan; AC = Acrylaat; MS = Modified Silyl; CA = Cyanoacrylaat; CI = Contact lijm; UV = onder UV of blauw licht uithardende lijm, SM = Smeltlijm

Trefwoordenregister

acrylaatlijm	2.2.5, 2.2.7, 3.5, 3.6, 4.1, 4.2, 4.4, 5
adhesie	1.2, 3.10.1, 3.10.2
anaërobe lijm	2.2.7, 3.6, 3.7, 4.2, 5
apolair	3.1, 3.6, 3.8, 3.9, 3.10.3, 3.14, 4.8
applicatie	1.4, 3.1, 3.6
bindmiddel	2.1, 2.2.7, 3.17, 4.1, 4.3, 4.8
cohesie	1.2, 3.3, 6.2, 6.2.1
constructie	1.4, 3.6, 3.9, 3.10.2, 3.17, 5, 6.1.2
contactlijm	2.2.4, 2.2.7, 3.3, 3.4, 5
cyanoacrylaatlijm	2.2.7, 3.8, 5
diffusie	3.4, 3.17
dispergeermiddel	4.10
dispersielijm	2.1, 2.2.7, 2.2.8, 3.1, 3.10, 5
drukgevoelige lijmen	3.4, 3.5
epoxy	2.1, 2.2.3, 2.2.4, 2.2.7, 2.2.10, 3.6, 3.9, 3.10.2, 3.16, 4.1, 4.2, 5, 6.1
fenollijmen	2.2.7, 3.13
harder	2.2.5, 2.2.7, 3.4, 3.6, 3.9, 3.10.1, 3.10.2, 3.16, 4.1, 4.2, 4.4, 5, 6.1.1, 7.4
hars	2.2.5, 2.2.7, 3.1, 3.2, 3.4, 3.6, 3.7, 3.9, 3.10.1, 3.10.2, 3.16, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 5
hechtverbeteraar	4.3, 4.8
initiator	2.2.5, 2.2.7, 3.6, 3.8, 4.1, 5
katalysator	4.2, 4.4
kleefband	2.2.6, 2.2.7, 3.5, 5
kleeflijm	2.2.7
koudhardende lijm	2.2.7, 3.9, 3.13
kruip	3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 4.7
kwaliteitszorg	1.5
lassen	1.1, 1.2, 3.11
lijmkeuze	1.4, 3.3, 5
MAC-waarden	3.10.1, 3.10.2, 3.10.3, 7.2
mengen (van de lijm)	1.5, 2.2.5, 2.2.7, 3.9, 3.10.2, 3.6, 5, 6.1.1, 6.1.2, 7.3
milieu	1.1, 1.4, 2.2.9, 3.1, 3.3, 3.17, 5, 6.1
MS polymeer	2.2.4, 2.2.7, 2.2.10, 3.16, 5
oplosmiddel(en)	2.1, 2.2.7, 2.2.8, 2.2.9, 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10, 3.10.1, 3.10.2, 3.10.3, 3.13, 3.17, 4.6, 4.8, 4.9, 4.11, 5, 6.1.1, 6.2.2, 7.1, 7.2, 7.3, 7.4, 7.5
oplosmiddellijm	2.2.7, 2.2.8, 3.4, 5
polariteit	3.6
polyurethanen	2.2.3, 2.2.4, 2.2.7, 3.6
polyurethaanlijm	3.10, 3.10.1, 3.10.2, 4.1, 4.2, 5
primer	3.8, 3.9, 3.10.1, 3.10.2, 3.12, 3.14, 3.16, 3.17, 4.8, 6.11
PUR	2.2.7, 3.1, 3.10.1, 3.10.2, 3.10.3
PVC(-plastisol)	2.2.7, 3.5, 3.7, 3.11, 5
reactieve (smelt)lijmen	2.2.7, 2.2.10, 3.2, 3.9
reactiveren	3.3, 3.4
seconden(lijm)	2.1, 2.2.7, 3.2, 3.6, 3.8, 3.10.3, 5
siliaan	2.2.10, 4.8
siliconen(lijm)	2.2.3, 2.2.4, 2.2.7, 3.5, 3.6, 3.8, 3.14, 5
stabilisator	3.8, 3.11, 3.17, 4.5
temperatuur	1.1, 2.2.4, 2.2.5, 2.2.7, 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10, 3.10.2, 3.10.3, 3.11, 3.13, 3.14, 3.15, 3.16, 3.17, 4.3, 4.6, 5, 6.1.1, 6.2, 6.2.1, 6.2.2, 6.2.3, 7.2
testen	1.4, 1.5, 3.11, 3.17
thermohardend(e)	2.2.4, 3.9, 3.12, 3.13, 4.3, 4.11, 5, 6.3.4
thermoplastische	2.2.4, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.9, 3.13
uitharden (van de lijm)	1.4, 1.5, 2.1, 2.2.7, 3.1, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.13, 3.14, 3.15, 4.11, 5, 7.3, 7.4
ureumformaldehyde	2.2.3, 2.2.7, 3.12, 5
verbinden, mechanisch	1.1, 1.3, 2.2.7, 3.3, 3.8, 3.9, 3.10.2, 3.15, 5
verbinding, eisen aan	1.1, 1.3
verbindingstechnieken	1.1, 1.2, 1.3, 7.1
verdunningsmiddel	4.11
verharder	2.2.4, 3.17, 4.2, 6.1.1
vernetter	2.2.4, 3.1, 3.14, 4.3
versneller	3.6, 3.10.2, 3.12, 3.13, 3.14, 4.1, 4.2, 4.4, 5
vochtuithardend	2.2.7,
voorbehandeling	1.1, 1.4, 1.5, 3.1, 3.4, 3.5, 3.6, 3.8, 3.9, 3.10.1, 3.10.2, 3.10.3, 3.13, 3.14, 3.16, 3.17, 4.8, 5, 7.1, 7.2
vulstoffen	3.10.2, 3.11, 3.17, 4.6, 6.3.4
warmhardende lijm	2.2.4, 2.2.7
watergedragen lijm	2.2.9
weekmaker	3.4, 3.10, 3.11, 4.7
witte lijm	2.1, 2.2.8, 3.1



Vereniging FME-CWM
vereniging van ondernemers in de
technologisch-industriële sector

Boerhaavelaan 40

Postbus 190, 2700 AD Zoetermeer

(079) 353 11 00

(079) 353 13 65

alg@fme.nl

www.fme.nl