

LIJMEN VAN GLAS MET GLAS EN ANDERE MATERIALEN

Dit artikel is een verkorte versie van een artikel van de hand van de heren Dipl.-Ing. D. E. Schaudel en F. Geyer uit het tijdschrift 'Adhesion' (22e jaarg., 1978, nr. 3, 4, 5, 8 en 9). Dit artikel hebben wij overgenomen uit techglas 5/78

De moderne lijmtechniek voor metalen, volgens Matting (1), ingeleid door het werk van De Bruyne c.s. (2) is sedert het begin van de vijftiger jaren aanleiding geweest voor steeds nieuwe oplossingen van problemen op vele gebieden van de techniek en heeft in ontelbare gevallen konventionele verbindingsmethoden vervangen, zoals schroeven, klinken, solderen en lassen. Een veelheid van publikaties en praktijkberichten tonen de snelle vooruitgang van deze techniek die wezenlijk vooruitgeholpen werd door omvangrijk en systematisch onderzoek inzake aard, eigenschappen, toepassingsmogelijkheden en konstruktieve vormgeving voor lijmverbindingen voor metalen.

Gemeten aan de inzet bij, en de resultaten van de lijmtechniek voor metalen schijnt de techniek van het lijmen van glas, dat wil zeggen de verbinding van glasoppervlakken onderling of met die van een ander materiaal, op de achtergrond te zijn geraakt. Tenminste wat betreft de breedte van het toepassingsgebied en het vervangen van konventionele glastechnische verbindingsmethoden.

Daar echter het lijmen van glas industrieel wordt toegepast is deze thans niet meer uit de techniek weg te denken. Op de eerste plaats worden hier de kunststoffen met glasvezelwapening genoemd, waarvoor zeer veel onderzoek plaats vond en die als nieuw materiaal de mogelijkheid schiep voor het ontstaan van een geheel apart industrieel gebied; de publikaties (3) tot (13) kunnen als maatgevend worden beschouwd voor de veelheid van overige publikaties op dit gebied.

Een andere toepassing van het lijmen van glas zijn de vele uitvoeringen van samengestelde ruiten, bijv. de voorruit van auto's, het veiligheidsglas in portieren en als pantserglas; zij bestaan uit minstens twee glasruiten die met een of soms meerdere tussenlagen (meestal polyvinyl-butyl met weekmaker) zonder luchtbellensamen gevoegd. Bij vitrines, aquariums en grote etalagebeglazingen zonder roeden worden de hoeken en ruitkanten afgedicht met glascement.

De lijmtechniek maakt het mogelijk om bij het vervaardigen van isolatieruiten in plaats van het solderen van de ruitlijsten afstandsstroken uit kunststof duurzaam met het glas te verbinden. Ook bij optische onderdelen zijn sedert vele jaren verlijmingen tussen lenzen, aan prisma's of filters bekend, vroeger in hoofdzaak uitgevoerd met Canadabalsem, thans in toenemende mate met synthetische kleefstoffen, bijv. cellulosecaprylaat.

Tenslotte wordt nog gewezen op het belangrijke gebied van het aanbrengen van opschriften en etiketten, waar uit papier, kunststof of metaal vervaardigde opschriften door middel van lijm of ander kleefmiddel op het glasoppervlak van flessen, glasruiten of andere glazen voorwerpen worden aangebracht, losneembaar of niet, al naar gelang van de te stellen eisen.

Terwijl verlijming van glas in het geval van de kunststoffen met glaswapening in meerdere opzichten een bijzonder geval is, waarop later nog nader zal worden ingegaan, vertonen de toepassingen bij gelaagde ruiten, glascementen, isolatieruiten, optische onderdelen en opschriften deze overeenkomst, dat bij doelgericht gebruik van lijmverbindingen de vereiste sterkte waar dan een veelvoud (meestal meerdere grootte-orde) kleiner zijn dan de sterkte van het te verbinden glas.

Daartegenover staat, dat glasverlijmingen waarbij een grote sterkte wordt vereist en andere glastechnische verbindingsmethoden zoals versmelten (lassen), solderen met metalliek- of glassoldeer) of sinteren of eveneens ingewikkelde hulpkonstrukties zoals flensverbindingen kunnen vervangen, tot dusver slechts sporadisch in de industrie werden toegepast. Het bekendste voorbeeld is wel de in art. 14 vermelde serieproductie van drinkglazen, waarbij de steel en de kelk door middel van silikonenlijm worden verbonden. Helaas is het niet gelukt om na te gaan of deze techniek heden ten dage nog wordt toegepast.

Een andere toepassing van een konstruktieve glasverlijming beschrijft Hoffmann (15); het gelukte hem om met behulp van een epoxyhars een optisch vlakke spiegel uit kwartsglas met een doorsnede van ongeveer 1,5 m uit twee helften maatvast en klaarblijkelijk bestand tegen veroudering, samen te voegen. Tevens worden glasruiten in aluminiumlijsten van kiosken met epoxyhars vastgelijmd., waarover in (16) melding wordt gemaakt – hoe duurzaam deze verbindingen waren wordt helaas niet aangegeven.

In zijn boek over verbindingstechnieken bij vacuumapparatuur (17) vermeldt Roth (p. 236 e.v.) ook een groot aantal lijmen die geschikt zijn voor glas-glas- en glas-metaalverbindingen, die voldeden aan de speciale eisen van de vacuümtechniek. Hij geeft ook voorbeelden van de konstruktieve vormgeving van dergelijke verbindingen. Tot slot bevat de VDI/VDE-Richtlijn 2251 Blatt 5 (18) als voorbeeld van een glasverlijming de bevestiging van een kijkglas in een gietijzeren huis, zonder nadere aanduiding van de keuze van lijm en de te verwachten sterkte.

Behalve de bovengenoemde toepassingen zijn de schrijver geen verdere industrieel gebruikte glasverlijmingen bekend waaraan bijzondere eisen betreffende sterkte en duurzaamheid worden gesteld. Dit is daarom verwonderlijk omdat hem binnen zijn beroepsbezigheden een groot aantal glastechnische verbindingssystemen bekend zijn, die op het eerste gezicht door middel van een glasverlijming konstruktief en produktie-technisch konden zijn opgelost maar die echter bij gebrek aan ervaring tenslotte op konventionele wijze – met minder risico – moesten worden opgelost.

Doordat slechts weinig systematisch onderzoek aan konstruktieve glasverlijmingen gedaan werd en het onsystematische 'proberen' echter in de meeste gevallen teleurstellende resultaten opleverde, kreeg deze verbindingsmethode in de glastechniek het imago onbetrouwbaar en moeilijk beheersbaar te zijn.

Dit artikel moet er tevens aan bijdragen om, ondersteund door omvangrijke series onderzoeken, de toepassingsmogelijkheden en de grenzen van een konstruktieve glasverlijming uit een oogpunt van vormgeving, berekening, produktie en in het bijzonder verouderingsgedrag, aan te duiden. Daarbij wordt onder een konstruktieve glasverlijming, een verbinding verstaan, waarbij minstens één der delen uit een glas bestaat, waarbij de delen met vlakken door middel van oppervlaktehechting (adhesie) en inwendige sterkte (kohesie) van een lijmlaag zodanig met elkaar zijn verbonden, dat de sterkte van de verbinding vergelijkbaar is met die van het glas, voorzover men vooreerst geen rekening houdt met verouderingsinvloeden.

Dergelijke glasverlijmingen moeten enerzijds konventionele verbindingsmethoden zoals versmelten (lassen solderen, sinteren of schroefverbindingen kunnen vervangen, anderzijds echter ook de oplossing van problemen eerst mogelijk maken, die met de tot dusver bekende methoden niet onder de knie waren te krijgen.

Gaat men ervan uit, dat de houdbaarheid van een lijmverbinding natuurlijk ook wordt bepaald door de kwaliteit van de materialen en van de lijm, dan speelt ook de gesteldheid van het glas bij glas-glasverbindingen een beslissende rol. Daarbij wordt de sterkte van een glas in feite bepaald door de gesteldheid van het oppervlak. Zo geven zeer kleine scheurtjes in het oppervlak, veroorzaakt door het vervormingsproces of door een latere bewerking (zandstralen, slijpen enz.), aanleiding tot een aanzienlijk sterkteverlies, in het bijzonder bij trekbelasting.

Ook de beste eigenschap van glas is van belang in samenhang met het lijmen van glas, met een oudere soort lijm (zoals de meeste kunststoffen), onder inwerking van licht, in het bijzonder ultraviolette straling; de kunststof wordt bros en verkleurt. Deze eigenschap heeft een positief resultaat bij het gebruik van de in de laatste jaren ontwikkelde anaerobe lijmen (geen toetreding van lucht), die slechts uitharden onder inwerking van een bepaalde straling (meestal UV). Deze lijmen kunnen natuurlijk slechts dan worden toegepast wanneer de te verbinden delen straling doorlaten, dus bij glazen en een groep kunststoffen. Naast de fysische eigenschappen hebben ook de chemische voorwaarden een beslissende invloed op de houdbaarheid van

een lijmverbinding. Aangevoerd kan worden, dat elk glasoppervlak dat – zij het ook slechts kortstondig – werd blootgesteld aan de vrije atmosfeer, aan dat oppervlak hydrolyseert. De ‘waterhuis’ bestaande uit SiOH-groepen absorbeert moleculair water en vormt een spierlaag tussen de vaste glasstructuur en de lijm. Doordat men deze laag zelfs bij verhitting op 200°C in hoogvacuum (36) binnen meerdere uren niet volledig kan verwijderen, mag men bij het lijmen van glas niet de adhesie van de lijm aan het ideale glasoppervlak in beschouwing nemen, maar moet men uitgaan van het werkelijke, met hydroxylgroepen belegde oppervlak.

Uitgaande van de ervaringen bij het lijmen van metalen, dat een opruwen van het oppervlak een verbetering geeft van de hechting, heeft men ook het glasoppervlak opgeruwd omdat dit wegens het productieproces meestal een vlamheldere gesteldheid heeft, dat wil zeggen het is nagenoeg absoluut glad en vlak. Het opruwen kan geschieden met losse of gebonden korrels, door etsen met HF of door zandstralen. In ieder geval resulteert dit slechts in een fysische verandering van het glasoppervlak, de chemische eigenschappen blijven onveranderd. Bij de keuze van de lijm moet men ervan uitgaan, dat er geen groep ‘glaslijmen’ bestaat, evenmin als bv. een groep ‘metaallijmen’. Het aantal stoffen dat ten opzichte van glas adhesieve eigenschappen vertoont is niet te overzien en is ook met betrekking tot hun chemische samenstelling alsook met het oog op het totstandkomen van hun sterkte van zeer uiteenlopende aard. In onderstaande tabel is gepoogd een ordelijk overzicht te geven van de wijze waarop de lijmen uitharden (volgens (1, p. 51)).

Tabel 1

Soorten lijmverbindingen en lijmen

Benaming	Chemische basis (voorbeelden)	Lijmen Nr.	Karakteristiek van de verlijming
Hechtlijmen	Rubbers met zachte harsen, laagpolymere vormen van polyvinylethers		Onmiddellijke kleving zonder beschadiging van het substraat, mechanisch losneembaar, weinig specifieke kleving op alle vlakken, echter met verschillende intensiteit
Kontaktlijmen	Synthetische rubbers Polychloorbutadien, Copolymeren van acrylnitril en butadien met oplosmiddelen	1 2 3	Bestrijken van beide te verbinden vlakken, verdampen van het oplosmiddel, bij kort samendrukken onmiddellijke verkleving
Fysisch verbindende lijmen	Thermoplastische polymeren, eventueel met weekmakers, natuurlijk of synthetische harsen	10	Verbinden door smelten en hard worden, door inwerking van weekmakers of door andere effecten, vaak een speciale wijze van verhitten, bijv. in een hoogfrequent veld, UV-licht
Oplossingslijmen	Oplossingen van verschillende makromoleculaire stoffen in water of organische oplosmiddelen	5	Verbinden door het verdampen van het oplosmiddel
Chemische verbindende lijmen	Kondensatieprodukten van fenolen met formaldehyde, epoxideverbindingen met aminen onverzadigde poly-ester met styrol, polyisocyanaten met OH-verbindingen	4 5 7 8 9	Verbinden door chemische reacties, die meestal een netwerk vormen, meer zelden lineaire polymeren vormen

De lijmen van deze groep onder de aangegeven nummers bij de proeven gebruikt.

De eigenschappen, die moeten worden geëist van een glaslijm verschillen in principe niet veel van die, welke vereist worden van een metaallijm; zeer goede hechting (hechtsterkte), grote inwendige sterkte, geringe kruipneiging onder belasting, goede chemische bestandheid tegen aantasting door water en oplosmiddelen, zo mogelijk een langdurig konstante E-modules (geen broos worden), goede bewerkbaarheid (passende verwerkingsduur, gunstig uithardingseigenschappen). Bovendien mag de lijm bij het uitharden niet krimpen, opdat er in de hechtzone geen spanningen optreden.

De sterkte-eigenschappen van het materiaal glas brengen mee, dat zeer kleine scheurtjes verder gaan en aanleiding geven tot breuk, hetgeen bij metalen veel minder het geval is. Bij glasverlijmingen kan de extra eis gesteld worden dat de lijmmaad 'glashelder' is, dwz. een goede lichtdoorlaatbaarheid vertoont, kleurloos is en homogeen; in speciale gevallen kan zelfs de breeksterkte worden voorgeschreven.

Een andere eis, die echter bij metaallijmen geen betekenis heeft, komt voort uit de doorlating van straling door het glas; de lijm moet bij de inwerking van licht voldoende bestand zijn tegen veroudering, waarbij tot dusver niet werd gedefinieerd, wat als voldoende kan worden aangemerkt. Daarbij wordt onder 'bestandheid tegen veroudering' verstaan, dat de lijm onder voortdurende inwerking van licht broos wordt noch van kleur verandert.

De omstandigheden aan een grensvlak vast lichaam/lijm zijn van zeer complexe chemisch-fysische aard; tot nu toe schijnt het niet voldoende te zijn gelukt om een volledige verklaring te vinden bijvoorbeeld voor de hechtingsprocessen aan metaal- of glasoppervlakken, ofschoon vele wetenschapsbeoefenaren zich daarmee uitgebreid hebben beziggehouden. Het schijnt zeker te zijn, dat naast fysische factoren zoals adsorptie, bevochtiging, wrijving, elektrostatische aantrekking enz. ook chemische wisselwerkingen de hechtvastheid van een lijm aan een oppervlak bepalen.

Maakt men een tussenbalans op van de inzichten omtrent de hechtingsprocessen van organische lijmen aan glasoppervlakken, dan kan men met de beperking, dat het overgrote deel van deze inzichten voortkomen uit het onderzoek aan glasvezels, het volgende aanhouden:

- a) Het ideale glasoppervlak bezit vergelijkenderwijze een hoge oppervlakte-energie en is dienovereenkomstig in principe in staat mee te werken aan de tot standkoming van adhesiekrachten in een grensvlak met een organische lijm. Bij de gehydrolyseerde werkelijke glasoppervlakte geldt dit ook met de beperking, dat de oppervlakte-energie in mindere of meerder mate afneemt, afhankelijk van de dikte van de geadsorbeerde waterlaag.
- b) Alkalies in de glassamenstelling verminderen de soortelijke hechtenergie, dus de adhesiekrachten, wanneer zij zich aan het glasoppervlak bevinden of daar terecht kunnen komen.
- c) De specifieke hechtenergie tussen een kleefstof en een glasoppervlak hangt in beslissende mate af van het gehalte aan polaire groepen in de kleefstof die kunnen reageren.

Uit deze konstateringen vloeien de eisen voort, die gesteld moeten worden aan de voorbereiding van de te verbinden vlakken en aan de keuze van de lijm.

1. Om de grootst mogelijke hechtingsenergie aan een reëel glasoppervlak te bereiken moeten de geadsorbeerde watermolekulen nagenoeg volledig worden verwijderd. Dit is, zoals reeds gezegd, slechts met technisch niet te verantwoorden kosten (verhitten onder vacuüm bij temperaturen boven het verwekingspunt) te bereiken. Door verhitting tot temperaturen boven 100°C kan men evenwel een diktevermindering van de geadsorbeerde waterlaag tot 2 à 5 molekulairlagen bereiken.

Ook een behandeling met hygroscopische vloeistoffen, zoals bijv. aethanol, resulteert in een vermindering van de dikte van de waterlaag en heeft bovendien het voordeel dat organische verontreinigingen van het oppervlak voor het grootste deel worden verwijderd. De achterblijvende hydroxylgroepen en watermolekulen moeten door de lijm worden geabsorbeerd of er chemisch mee reageren.

2. Het alkaligehalte van het glas en dus ook van het glasoppervlak moet zo laag mogelijk zijn. Zonder kennis van de feitelijke samenstelling kan dit worden gevonden uit de lineaire uitzettingscoëfficiënt (moet kleiner zijn dan $3,5 \cdot 10^{-6}$) en aan de 'hydrolytische klasse' volgens DIN 12 111 (moet '1' zijn). Theoretisch kan men een alkaliverarming aan het oppervlak bereiken door een thermische behandeling met de vlam of door uitlogen met een waterige zure oplossing. Praktisch zijn beide methoden bijna niet uitvoerbaar.
3. Glaslijmen moeten in hun chemische samenstelling een zo groot mogelijk aantal polaire groepen bevatten (bijv. -OH, -COOH, -NH₂) of eventueel vormen bij de verlijming.

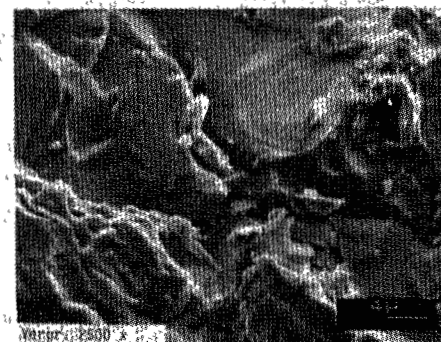
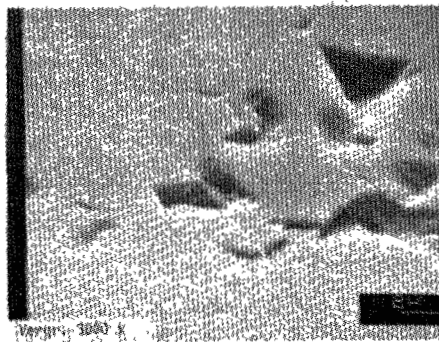
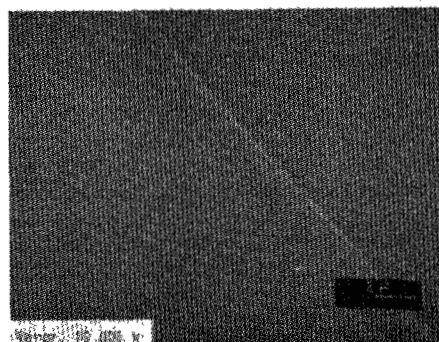
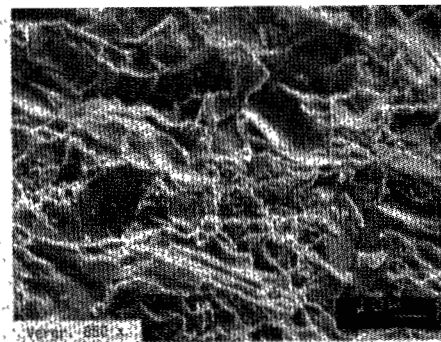
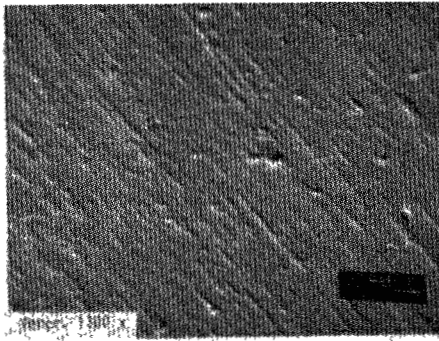
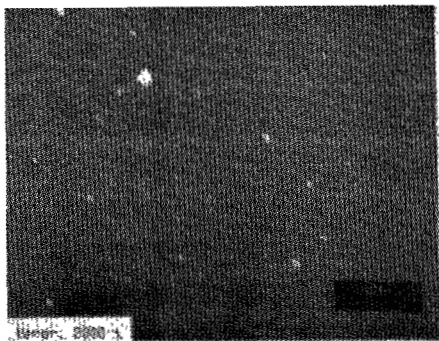
Ervaringen met kunststoffen met glaswapening hebben aangetoond, dat het gebruik van passende hechtmiddelen als laag tussen lijm en glasoppervlak de hechting en de bestandheid tegen veroudering aanmerkelijk verhogen. De hechtmiddelen (voornamelijk organische chroomcomplexen en silanen) moeten enerzijds met de OH-groepen van het glasoppervlak en anderzijds met de lijm chemisch kunnen reageren. Daardoor wordt in ruime mate voldaan aan de eisen 1 en 3, terwijl eis 2 blijft bestaan.

Wil men beschouwingen opstellen betreffende de houdbaarheid van lijmverbindingen dan dient rekening gehouden te worden met de spanningstoestand in het grensvlak tussen de lijm en het te verbinden deel. Bij het lijmen van metalen kan men er van uit gaan, dat een verbinding het houdt wanneer de plaatselijke spanningsconcentratie de kohesie- en de adhesie-krachten tussen kunststof en te verbinden deel niet overschrijdt.

Deze aanname is toelaatbaar omdat het vervormingsvermogen en de breeksterkte van metalen die van de lijm verre te boven gaan. Dit ligt anders bij glas wegens de bijzondere breukmechanische eigenschappen; hier moet men de spanningsanalyse uitbreiden tot de zones nabij de kleeflaag.

De naar aanleiding van de resp. E-modules en dwarskontractiewaarden alsook het elastisch-plastische gedrag van de kleefstof optredende ongelijkmatige spanningstoestanden in de kleeflaag moeten zo klein worden gehouden, dat aan het grensvlak glas/lijm plaatselijk de voor het glas maximaal toelaatbare trekspanningen niet worden overschreden.

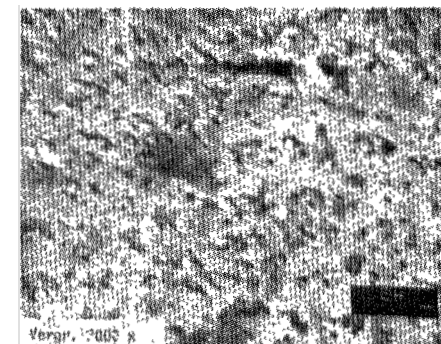
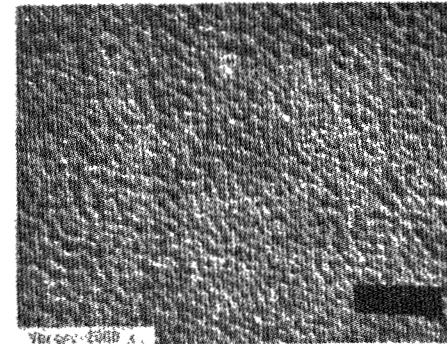
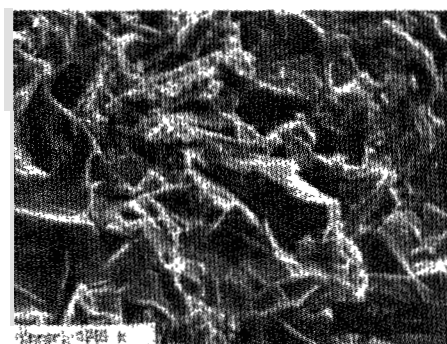
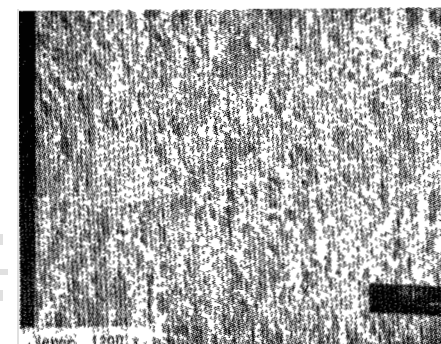
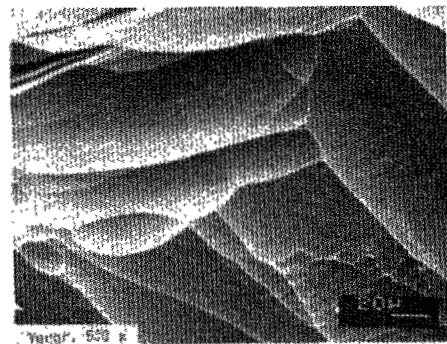
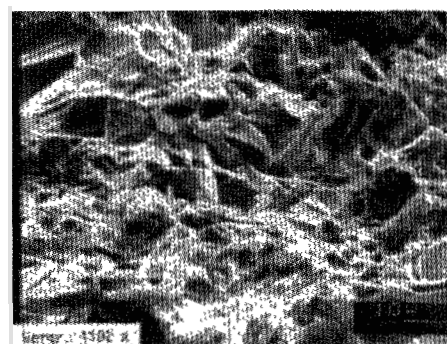
Zoals reeds in tabel 1 vermeld werden 10 lijmsorten van de voornaamste producenten op de Duitse markt besteld en op een na, die na voorafgaande proeven reeds ongeschikt bleek te zijn, bij de uitgevoerde proeven gebruikt. Als te verbinden delen waren twee glassoorten (vensterglas en borosilicaatglas in plaatvorm) met verschillende samenstelling ter beschikking, die in de proevenseries werden opgenomen met vlamheldere, mechanisch gepolijste, gezaagde, gezandstraalde en met siliciumkarbide geslepen oppervlakken (zie fig. 1-6).



Figuur 1. REM-opnamen van vlakheldere glasoppervlakken

Figuur 2. REM-opnamen van mechanisch gepolijste glasoppervlakken

Figuur 3. REM-opnamen van glasoppervlakken na het aanbrengen van een zaagsnede



Figuur 4. REM-opnamen van gezandstraalde glasoppervlakken

Figuur 5. REM-opnamen van fluorwaterstofzuur mat-geëtste glasoppervlakken

Figuur 6. REM-opnamen van glasoppervlakken natgeslepen met siliciumcarbide

De glasoppervlakken werden vervolgens chemisch gereinigd en wel ontvet, geëst met fluorwaterstofzuur, met chroomzwavelzuur en met silaan behandeld en met goud opgedampt. Daarnaast werden nog varianten in het opbrengen van de lijm getest. Als kunststoffen voor de verbinding kunststof-glas werden PVC en polykarbonaat gebruikt, waarvan de oppervlakken onbewerkt, opgeruwd met spiritus gereinigd en behandeld met hechtmiddelen werden getest.

De proefstukken werden gelijmd in een lijmsstelling (fig. 7) volgens ASTM D 1344 bij gebrek aan een Duitse norm. Het lijmvlak was groot 144 resp. 625 mm², al naar gelang er hoogkantig of in de breedte werd gelijmd. De proefstukken werden onderworpen aan een serie beproevingen, die in tabel 2 zijn samengebracht.

Uit de verschillende aantallen proefstukken blijkt, dat niet alle proeven werden uitgevoerd met alle mogelijke varianten tussen proefstukken, lijmen en preparaties van deze proefstukken, temeer als reeds bij voorbeproevingen naar voren kwam, dat een variant slechts weinig bevredigende resultaten zou opleveren. Onderzoek aan alle varianten zou tot een onbeheersbaar aantal proefstukken hebben geleid.

De houdbaarheid van de lijmverbindingen werd beproefd op een trekbank, fabriek Losenhausen (fig. 8). De constructie van de inklemming voor de proeven was volgens ASTM D 1344 voor proefstukken met een lijmoppervlak van 625 mm². Voor de hoogkantig gelijmde proefstukken werd deze overeenkomstig gewijzigd. De inklemming werd met rubber bekleed ter voorkoming van voortijdige breuk van het glas.

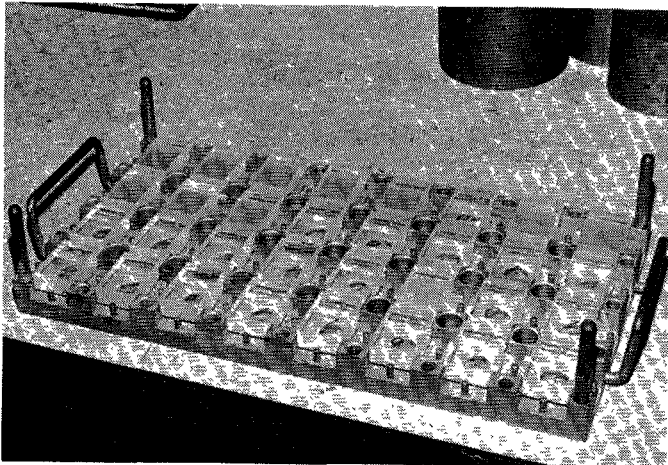
Tabel 2

Beproeving Nr.	Beproeving	Aantal proefstukken
5.1.1	Bepaling van de hechtvastheid na een kort verblijf in een exsikkator, lijmopp. 625mm ²	311
5.1.2	Verblijf in autoklaaf bij 120 °C, 2, 4, 6 h	161
5.1.3	Trekproef na 2, 4, 6 h	45
5.1.4	Verblijf in klimaatkast bij 23 °C, 83% RV	296
5.1.5	Trekproef na 2 weken	
5.1.6	Behandeling in spoelopstelling bij 60 °C, 1½ h	300
5.1.7	Trekproef na het spoelen	
5.1.8	Verblijf in 1n HCl, 1 week	300
5.1.9	Trekproef na 1 week	
5.1.10	Verblijf in gedestilleerd water, 1 week	298
5.1.11	Trekproef na 1 week	
5.2.1	Bepaling van de hechtvastheid na een kort verblijf in een exsikkator, lijmopp. 144 mm ²	540
5.2.2	Onbelaste duurproef, in autoklaaf bij 104 °C 100% RV, lijmoppervlak 625 mm ²	1000
5.2.3	Duurproef in klimaatkast, 40 °C, 93% RV	2200
5.2.4	Trekproef na 150, 330, 500, 700 h, lijmoppervlak 144 mm ²	
5.2.3a	Duurproef in klimaatkast, 40 °C, 93% RV	360
5.2.4a	Trekproef na 2, 4, 6 weken, lijmopp. 625 mm ²	320
5.2.3b	Duurproef in klimaatkast, 40 °C, 93% RV	250
5.2.4b	Trekproef na verschillende tijden, lijmoppervlak 144 mm ²	
5.2.5	Verblijf in gedestilleerd water 1 week (W ₁) lijmoppervlak 625 mm ²	zie boven
5.2.6	Trekproef na 1 week	
5.2.7	Verblijf in gedestilleerd water 46 weken (W ₄₆)	180
5.2.8	Trekproef na 46 weken, lijmoppervlak 625 mm ²	
5.2.9	Verblijf in gedestilleerd water 30 weken (W _{S30})	180
5.2.10	Trekproef na 30 weken, lijmoppervl. 625 mm ²	
5.2.11	Verblijf in 1n HCl, 33 weken (S ₃₃)	180
5.2.12	Trekproef na 33 weken, lijmopp. 625 mm ²	
5.2.13	Verblijf op het dak, 65 weken (D ₆₅)	180
5.2.14	Trekproef na 65 weken, lijmopp. 625 mm ²	
5.3.1	Hechtvastheid PVC/PC na verschillende oppervlaktebehandelingen	142
5.3.2	Trekproeven	
Totaal aantal proeven		7.243

De proeven toonden aan, dat de polymeriserend uithardende lijmen een zeer hoge aanvangstreksterkte bezaten, die bij enkele gevallen boven de breukspanningsgrens van de gelijmde glasdelen lag. Een zelfde gedrag vertoonden ook de proefstukken met een fysisch hechtende lijm, terwijl de kontaklijmen duidelijk afvielen. Zij bezitten kennelijk een geringer adhesie- en kohesievermogen ten opzichte van glas. In tegenstelling tot de andere lijmen bleven zij elastisch, wat voor bepaalde doeleinden voordeel kan opleveren.

Treksterktemetingen aan verbindingen van glas-kunststof lieten zien, dat hier slechts bruikbare resultaten zijn te bereiken na een chemische voorbehandeling van de kunststof met hechtmiddelen. Bij de keuze en de methode van deze voorbehandeling dient men zich te houden aan de aanwijzingen van de fabrikant.

Bij de onbelaste duurproeven in de autoklaaf bij 104°C bleken aanzienlijke verschuivingen op te treden in de serie na de ijking voor de lijmen. Er konden geen groepen meer worden gevormd naar de soort lijmen, dat wil zeggen dat bij voorbeeld twee van de gebruikte kontaklijmen uitstekende waarden opleverden, terwijl de derde als slechtste uit de proef te voorschijn kwam. Afhankelijk van de voorbereiding van de proefstukken kon worden vastgesteld, dat de gezandstraalde proefstukken beter waren dan die met andere oppervlaktebehandelingen, bij de polymeriserende lijmen echter eerst na een voorbehandeling met het hechtmiddel silaan.

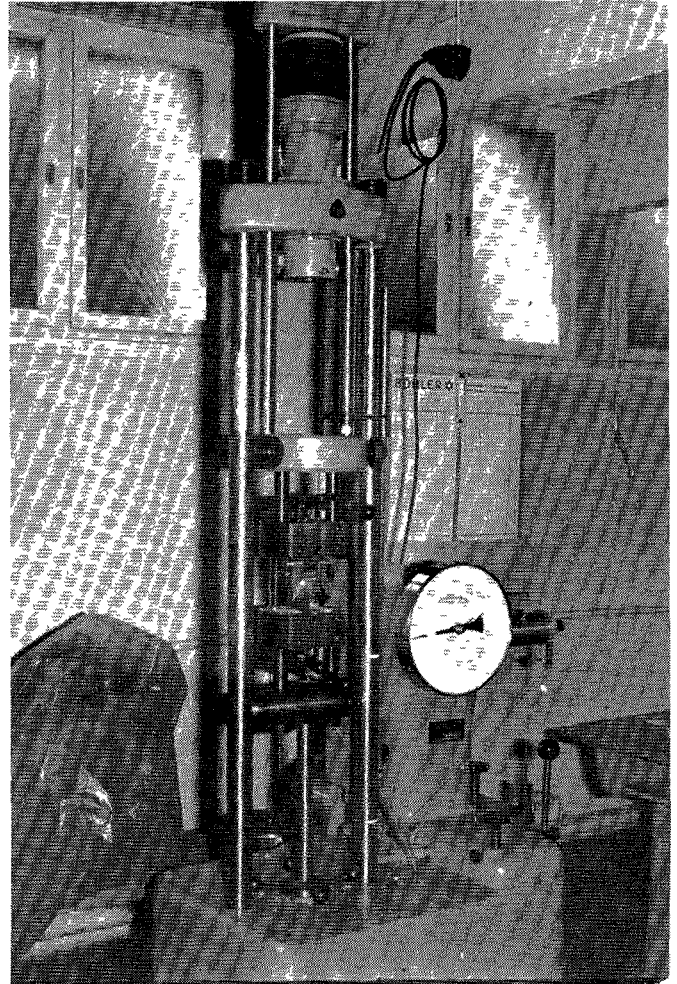


Figuur 7. Lijmopstelling volgens ASTM D 1344

Doordat bij deze proeven geen treksterkten werden gemeten, maar de proefstukken werden getest totdat zij uiteenvielen, kon hieruit niet worden afgeleid, hoe de waarden van de treksterkte zich gedurende de duurproeven zouden ontwikkelen. In aansluiting daaraan werden de proefstukken in de klimaatkast bij 40°C en 93% RV na tevoren vastgelegde tijden weer aan een trekproef onderworpen. Dit leverde ten naastenbij de zelfde serie op bij de lijmen als bij de aanvangstreksterkte. Deels werden de waarden zelfs beter. Waarschijnlijk was het uithardingsproces na de hechtijd in deze gevallen nog niet beëindigd.

Met een epoxylijm, die zeer houdbaar bleek te zijn, werden enige speciale proeven uitgevoerd. Daarbij bleek, dat bij samen te voegen delen uit voorgespannen glas, de treksterkte duidelijk afneemt, dat een aanvullend afdichten van randnaden met silikonenet of silikonenrubber bij een voorbehandeling met silaan, geen verbetering oplevert en dat bij lijmvlakken die vooraf met goud waren opgedampt de treksterkte zowel de aanvangswaarden alsook die na een blootstellen in de autoklaaf, duidelijk terugliepen.

De serie lijmen naar aanleiding van de trekproeven veranderde na het langdurige verblijf in water, zuren en in de buitenlucht in wezen niet. Slechts de lijmen die fysisch uitharden onder inwerking van UV-licht vertoonden na een verblijf op het dak (buitenlucht) volgens de verwachtingen een hogere treksterkte.



Figuur 8. Trekkbank, fabriek Losenhausen

Samenvatting

Bij de proeven kon worden gekonstateerd dat voor de evaluatie van de duurzaamheid lange duurproeven vereist zijn. Het uithardingsproces is bij vele lijmen eerst na weken beëindigd en niet zoals vaak wordt aangegeven reeds na enkele uren. Het is nauwelijks mogelijk om een lijmsort in zijn algemeenheid te beoordelen. Een silikon- en een polysulfiderubberlijm liggen zo bij voorbeeld bij de beoordeling door middel van de treksterkte aan het einde van de tabel, maar vertonen aan de andere zijde bij de autoklaafproef een zeer hoge duurzaamheid. Daaruit valt te besluiten, dat overal daar waar weinig waarde wordt gehecht aan

de doorzichtigheid en de trekvastheid van de lijm en een langdurige invloed van temperatuur en vochtigheid op de lijmverbinding een gegeven is, de kunstrubberlijmen uitstekend geschikt zijn. Bij duurproeven onder agressieve omstandigheden en bij de trekproeven lagen de polymeriserend uithardende lijmen in de topgroep, zijn dus speciaal geschikt voor die toepassingen waarbij naast duurzaamheid onder de invloed van tijd, temperatuur en klimaat tevens mechanische sterkte is vereist.

Twee van de beproefde voorbehandelingen van oppervlakken bleken bij de proeven bijzonder geschikt te zijn, nl. zandstralen en behandeling met silaan, waarbij het onbegrijpelijk blijft, dat een combinatie van zandstralen en silaanbehandeling slechtere sterkte waarden oplevert. Er moet nog naar voren worden gebracht, dat matgeëtste oppervlakken er slecht afkomen. Mogelijk is dit daarop terug te voeren, dat er bij het afspoelen van de kleefvlakken fluorhoudende verbindingen op de glasoppervlakken achterblijven die aan schadelijke uitwerking hebben op het adhesiegedrag van lijm en hechtmiddel.

Het onderhavige onderzoek geeft slechts een houvast inzake te verwachten sterktecijfers voor speciale problemen. In ieder geval moet opheldering worden verkregen door voorafgaande proeven of een lijm voldoet aan de voorwaarden die voor het betreffende geval worden gesteld.

De middelen voor dit onderzoek werden welwillend ter beschikking gesteld door de AIF. Dank gaat tevens uit naar de fabrikanten, die hun producten voor het onderzoek ter beschikking stelden.

Literatuur

- 1 Matting, A.; Metallkleben; Grundlagen, Technologie; Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 1969
- 2 De Bruyne, N. A. u. Houwink, R.; Adhesion and Adhesives Elsevier New York 1951
- 3 Trisivonno, N. M. Lee, L. H.; SPI 12th Ann. Techn. Management Conf.-Reinf. Plast. Div. Febr. 1957
- 4 Wende, A. u. Moebes, W.; Plaste Kautschuk 9 (1962) S. 194-195
- 5 Matting, A.; Glastechn. Berichte, 37 (1964) H. 1, S.
- 6 Weisbart, H.; Kunststoffe 54 (1964) H. 2, S. 784-790
- 7 Meckelburg, H. E.; Kunststoffe 54 (1964) S. 804
- 8 Holtmann, R.; Haftung von Glas an Harz - Kunststoffe 55 (1965) S. 903
- 9 Jellinek, K.; Kunststoffe 55 (1965) H. 2 S. 89-95
- 10 Gorbatkina, J. A.; Adhäsion 10 (1966) H. 5, S. 201 f.
- 11 Viventi, R. V. u. Plant, H. T.; Maher, R.; Modern Plastics 45 (1968) H. 5, S. 129-132, 134, 136
- 12 Reinsch, H.; Adhäsion 12 (1968) H. 12, S. 553
- 13 Vanderbilt, M.; Bonding of Fibrous Glass to Elastomers IEC Product Research and Development
- 14 Eichler, W.; Silikattechnik 17 (1966) H. 7, S. 227-228
- 15 Hoffmann, A.; Z. Instr. 71 (1963) H. 9, S. 259
- 16 O. V.; Adhesives Age 5 (1962) Nr. 7, S. 34-35
- 17 Roth, A.; Vacuum Sealing Techniques Pergamon Press. Oxford usw. 1. Aufl. 1966
- 18 VDI/VDE-Richtlinie; 2251, Bl. 5 Aug. 70 Beuth Verlag Berlin Köln
- 36 Thiene, H.; Glas Bd. 1, S. 1 Verlag von Gustav Fischer, Jena 1931



MEDEDELINGEN VAN HET BESTUUR VAN DE SEKTIE GLAS

Als u dit leest is het symposium, dat gehouden is in Amsterdam, voorbij en kijken we vol belangstelling uit naar het volgende evenement en wel de Glastechnische Manifestatie 1980. Ik heb gehoord van de organisatie-commissie dat de data hiervan reeds geprikt zijn op 6-7-8 en 9 mei 1980. De plaats hiervan zal waarschijnlijk het Mikrocentrum in Eindhoven zijn.

De manifestatie is zo opgezet dat elke dag een eigen thema heeft. De thema's zijn als volgt gekozen:

- dinsdag: Glas algemeen.
Bij dit onderwerp gaan mijn gedachten naar 'Wat kunnen we met glas doen en wat zouden we er nog meer mee kunnen doen'.
- woensdag: Koud glasbewerken.
Hierbij zou ik bijvoorbeeld kunnen denken aan zagen, boren en ultrasoon bewerken van glas.
- donderdag: Diverse ontwikkelingen.
Dit is een onderwerp dat zo uitgebreid is, dat ik er hier geen suggestie over kan doen. Ik zal u hieromtrent nader informeren in een later stadium.
- vrijdag: Glasinstrumentmaker nu.
Bij dit belangrijke thema ben ik persoonlijk van mening dat dit over opleiding, bijscholing of omscholing zou kunnen gaan.

Dit zijn zomaar wat eigen interpretaties. Vast staat dat er op de laatste dag van de manifestatie een algemene ledenvergadering is gepland. Houdt u daar dus rekening mee!

Ook is er bij ons een rapport binnengekomen van het bestuur van de N.V.G.T. Dit rapport gaat namelijk in op de vraag 'Heeft de glasinstrumentmaker toekomst?'

We zullen ons als bestuur zo snel mogelijk verdiepen in dit onderwerp en u verder op de hoogte houden.

P. van Woerden