

Inhoudstabel

Deel 1: Algemene inleiding **pag.1-10**

1.1 Inleiding	pag. 1
1.2 Probleemstelling	pag. 3
1.3 Doelstelling	pag. 10

Deel 2: Identificatie van kunststoffen **pag.11-49**

2.1 Inleiding	pag. 11
2.2 Uiterlijk en tactiliteit	pag. 12
2.2.1 Stijl en design	
2.2.2 Datering	
2.2.3 Markeringen	
2.2.3.1 Patentnummers	
2.2.3.2 Registratiemarkeringen	
2.2.3.3 Handelsnamen	
2.2.4 Transparantie en kleur	
2.2.4.1 Transparantie	
2.2.4.2 Kleur	
2.2.5 Oppervlakteafwerking	
2.2.5.1 Glans	
2.2.5.2 Minutieuze onvolmaakheden	
2.2.5.3 Bloom	
2.2.5.4 Een opgerezen rand	
2.2.5.5 Verf en vernis	
2.2.6 Vervormingen	
2.2.7 Degradatie	
2.2.7.1 Kleurveranderingen	
2.2.7.2 Bros worden en splitting	
2.2.7.3 Zuurheid	
2.2.8 Functie	
2.2.9 Productiemethode	
2.2.9.1 Blow moulding en thermoforming (blaas en warmte-techniek)	
2.2.9.2 Injectie moulding (spuitgieten)	
2.2.9.3 Compression moulding (perstechniek)	
2.2.9.4 Casting (gieten)	
2.2.9.5 Machining (frezen)	
2.2.9.6 Extrusion (extrusie)	
2.2.10 Hardheid	
2.3 Subjectieve identificatieproeven	pag. 23
2.3.1 Spottest methode	
2.3.2 Pyrolise methode	
2.3.3 pH, specifieke Zwaartekracht (dichtheid) & Oplosbaarheidstest:	
Beilstein test	
Diphenylamine test	
Hydroxylamine hydrochloride test:	
Molisch's test	
KI-Starch Test	
Dimethylaminobenzaldehyde test	
Besluit	
2.4 Instrumentale analytische methodes	pag. 46

Deel 3: Geschiedenis en toepassingen van de cellulose-esters

pag. 50-68

- 3.1 Cellulose-esters (en voorgaande) in de commerciële wereld pag. 50
 - 3.1.1 Natuurlijke plastics
 - 3.1.2 Cellulosenitraat
 - 3.1.3 Cellulose acetaat
- 3.2 Cellulose-esters in conservatie/restauratie pag. 59
 - 3.2.1 Cellulosenitraat:
 - 3.2.2 Cellulose acetaat
- 3.3 Cellulose-esters in de artistieke wereld pag. 61

Deel 4: Chemische en fysische eigenschappen

pag. 69-94

- 4.1 Inleiding pag. 69
- 4.2 Beknopte terminologie van polymeren pag. 69
 - 4.2.1 Filmvormende materialen
 - 4.2.2 Moleculair gewicht en grootte
 - 4.2.3 Glasovergangstemperatuur en verwekingstemperatuur
 - 4.2.4 Mechanische eigenschappen
 - 4.2.5 Reologie
 - 4.2.6 Optische eigenschappen
- 4.3 Bereiding en eigenschappen van de cellulose-esters pag. 80
 - 4.3.1 Cellulose
 - 4.3.2 Cellulosenitraat
 - 4.3.2.1 Bereiding
 - 4.3.2.2 Bereiding van celluloid sheets
 - 4.3.2.3 Structuur en eigenschappen van celluloid
 - 4.3.2.4 Toepassingen
 - 4.3.3 Cellulose-acetaat
 - 4.3.3.1 Bereiding
 - 4.3.3.2 Samenstelling van cellulose-acetaat
 - 4.3.3.3 Structuur en eigenschappen van kunststoffen vervaardigd uit cellulose-acetaat
 - 4.3.3.4 Toepassingen
 - 4.3.3.5 Bio-afbreekbare cellulose-acetaat samenstellingen
 - 4.3.4 Andere Cellulose-esters
 - 4.3.4.1 Cellulose-acetaat-butyraat
 - 4.3.4.2 cellulose propionaat
 - 4.3.4.3 Cellulose-acetaat-propionaat

Deel 5: Onderzoek naar de hechting van een transparante

Kunststoffolie

pag. 95-128

- 5.1 De hechting pag. 95
 - 5.1.1 De hechting: algemeen
 - 5.1.2 Criteria originele materialen
 - 5.1.3 Criteria hechtmiddelen
- 5.2 Testen pag. 97
 - 5.2.1 Teststalen
 - 5.2.2 Verlijmen
 - 5.2.2.1 Resultaat

- 5.2.3 Sealen met warmte
 - 5.2.3.1 Resultaat initiërende sealtests
- 5.2.4 Solvent
 - 5.2.4.1 Resultaat solventtesten methanol en aceton
- 5.2.5 Combinatie solvent-sealtest
 - 5.2.5.1 Resultaat combinatie solvent en sealen
- 5.2.6 tape testen
 - 5.2.6.1 Resultaat tape testen

Deel 6: Toepassing van de methodiek: Solvent en sealen met Warmte **pag. 129-139**

- 6.1 Voorbereiding pag. 129
- 6.2 Hechting pag. 132
- 6.3 Resultaat pag. 138

Deel 7: Degradatie en Preventieve conservering **pag. 140-158**

- 7.1 Inleiding pag. 140
- 7.2 Degradatie en opslag van cellulosenitraat pag. 141
 - 7.2.1 Onvoorspelbaarheid van degradatie
 - 7.2.2 Degradatieproces
 - 7.2.3 Additieven
 - 7.2.4 Onderscheid tussen opake en transparante cellulosenitraat
 - 7.2.5 Metaalcorrosie
 - 7.2.6 Aantasting
 - 7.2.7 Opslag
 - 7.2.8 NO₂
 - 7.2.8.1 NO₂ meten
 - 7.2.8.2 NO₂ Indicatoren
 - 7.2.8.3 Filters
 - 7.2.9 Containers
- 7.3 Degradatie en opslag van cellulose-acetaat pag. 146
 - 7.3.1 Onderscheid tussen cellulosenitraat en cellulose-acetaat
 - 7.3.2 Degradatie
 - 7.3.3 Additieven
 - 7.3.4 Aantasting azijnzuur en metaalcorrosie
 - 7.3.5 pH indicatoren
 - 7.3.6 Opslag
- 7.4 Passieve conservering pag. 155
 - 7.4.1 Relatieve vochtigheid
 - 7.4.2 Temperatuur
 - 7.4.3 De maximaal toelaatbare verlichtingssterkte: Emax. in lux
 - 7.4.4 UV-gehalte: ultra-violette straling
 - 7.4.5 Opberging en verpakking
 - 7.4.6 Gasuitzending
 - 7.4.6.1 Ventilatie
 - 7.4.6.2 Absorbeers
 - 7.4.7 Plakkerig worden

Deel 8: Conclusies **pag. 159-160**

Bibliografie **pag. 161-165**

Bijlagen **pag. 166-196**

Dankwoord

Om te beginnen zou ik graag het ganse restauratieteam bedanken van het S.M.A.K. voor de uitstekende begeleiding tijdens mijn stage en de leuke samenwerking.

In het bijzonder wil ik hoofdconservatrice Frederika Huys bedanken voor het vertrouwen dat ze in mij had voor de restauratie van het kunstwerk van Carla Accardi en voor haar inzet als co-promotor.

Ook wil ik Ann Brusselmans bedanken voor haar optimistische kijk doorheen de evolutie van deze thesis, de steun en het grondige verbeterwerk.

Aan Peter Eyskens zou ik graag mijn dank betuigen aangezien hij een excellente promotor is geweest. Zijn enthousiasme, motiverende woorden en zijn groene boekje hebben deze thesis mede mogelijk gemaakt.

Sandra Van Vlierberghe en haar collega's van het departement Organische Chemie van de Universiteit van Gent zijn zéér hartelijk bedankt voor de tijd die ze gespendeerd hebben aan het uitvoeren van de 'stress en strain' testen en de reologie metingen.

Het Deense bedrijf 'Dancan' geniet mijn appreciatie voor het opsturen van de Dancanstaaltjes en het bedrijf La-Es voor het opsturen van de sheets cellulose-acetaat.

De scriptiebegeleiders Eddy Verhaeven en Johan Swinnen zijn ook zéér hartelijk bedankt voor de goede begeleiding.

Mijn klasgenoten wil ik ook graag bedanken voor hun hulp wanneer het even wat moeilijker ging tijdens drukke en moeilijke perioden en voor de vier fantastische jaren die we samen beleefd hebben.

Een laatste en belangrijk dankwoord gaat toe naar mijn vriend en mijn familie voor hun steun en toeverlaat.

Deel 1: Algemene inleiding

1.1 Inleiding

De introductie van half- en volsynthetische kunststoffen gaf aan kunstenaars nieuwe materialen en mogelijkheden om zich uit te drukken. Met het grote aantal nieuwe materialen wordt, met wisselend succes, gretig geëxperimenteerd. Geringe kennis over de verouderingsmechanismen en het feit dat de samenstelling van de eerste commerciële producten varieert van product tot product, heeft tot vele complicaties geleid wanneer zulke kunstvoorwerpen degradatieverschijnselen vertoonden en geconserveerd of gerestaureerd moesten worden.

Om degradatiemechanismen van kunststoffen te doorgronden dient de restaurator van hedendaagse kunst over een uitgebreide kennis van deze hedendaagse materialen te beschikken.

Daaraan kan worden toegevoegd dat het aantal kunstwerken uit kunststof sterk is toegenomen. De restauratoren worden bijgevolg steeds meer geconfronteerd met deze problematiek.

De groep van kunststoffen die ik bespreek in mijn thesis, zijn de cellulose-esters.

Deze thesis bestaat uit 8 delen.

In dit eerste deel, Algemene inleiding, wordt de reden tot het schrijven van deze thesis toegelicht, wat zijn de problemen die zich stellen bij deze kunststoffen en wat wens ik te bereiken. Bij de probleemstelling wordt het schadebeeld getoond van het kunstwerk dat gerestaureerd zal worden, namelijk 'A Ghent abbiamo aperto una finestra' van Carla Accardi. Dit kunstwerk loopt als een rode draad doorheen de ganse thesis.

In deel 2, Identificatie van kunststoffen, wordt een eerste problematiek aangehaald, namelijk hoe men kan vaststellen uit welke soort kunststof een kunstwerk is vervaardigd. In dit hoofdstuk ligt de nadruk op het identificeren van een kunststof zonder gebruik te moeten maken van instrumentale analytische methoden.

Één analytische methode zal in de praktijk toegepast worden om de definitieve identificatie te bepalen van het kunstwerk 'A Ghent abbiamo aperto una finestra' van Carla Accardi.

In deel 3, Geschiedenis en toepassingen van de cellulose-esters, wordt er in het eerste hoofdstuk, Cellulose-esters (en voorgaande) in de commerciële wereld, een theoretische uiteenzetting gegeven van de evolutie van de allereerste plastic tot de allereerste semi-synthetische kunststof, namelijk cellulosenitrat. Daarna wordt er overgegaan op cellulose-acetaat. De reden waarom men is overgeschakeld op cellulose-acetaat zal hier toegelicht hier worden.

In het volgende hoofdstuk vraagt men zich af of deze cellulose-esters zijn gebruikt in de wereld van de conservatie en de restauratie en waarom.

Het laatste hoofdstuk geeft een toelichting van het gebruik van de cellulose-esters in de artistieke wereld. Ook hier zal het kunstwerk van Carla Accardi kort aan bod komen.

Deel 4, Chemische en fysische eigenschappen, bevat een beknopte terminologie van de polymeren, voor een beter begrijpen van de minder bekende wereld van de kunststoffen.

In het laatste hoofdstuk van dit vierde deel, cellulose-esters, wordt de bereiding toegelicht van de afzonderlijke cellulose-esters, wat ook meteen de eigenschappen beïnvloed en de toepassingen bepaalt.

Voor deel 5, Onderzoek naar het hechten van transparante kunststoffen, werd een onderzoek opgestart aangezien er geen kant en klare oplossing bestond voor het hechten van een transparant sheet van cellulose-acetaat. Dit onderzoek was vereist aangezien de grootste problematiek voor de restauratie van het kunstwerk van Carla Accardi 'A Ghent abbiamo una finestra' eruit bestond om opnieuw een hechting te bekomen tussen de vele scheuren in de transparante sheet van dit kunstwerk.

Welke materialen en technieken er worden onderzocht om een hechting te bekomen zal hier worden toegelicht.

In deel 6, Toepassing van de methodiek: Hechten met solvent, werd het onderzoek van het voorgaande deel toegepast in de praktijk op het originele kunstwerk van Carla Accardi. Het volledige verloop van dit onderdeel van de restauratie, namelijk het hechten en de daarbijhorende voorbereiding, is te lezen in dit hoofdstuk.

In deel 7, Degradatie en Preventieve conservering, wordt er na een theoretische bespreking van de degradatie en de factoren die een degradatie in de hand werken, gezocht naar een oplossing voor de opslag van het kunstwerk van Carla Accardi. Een illustratie van de kist waarin het kunstwerk is opgeslagen toont het uiteindelijke resultaat.

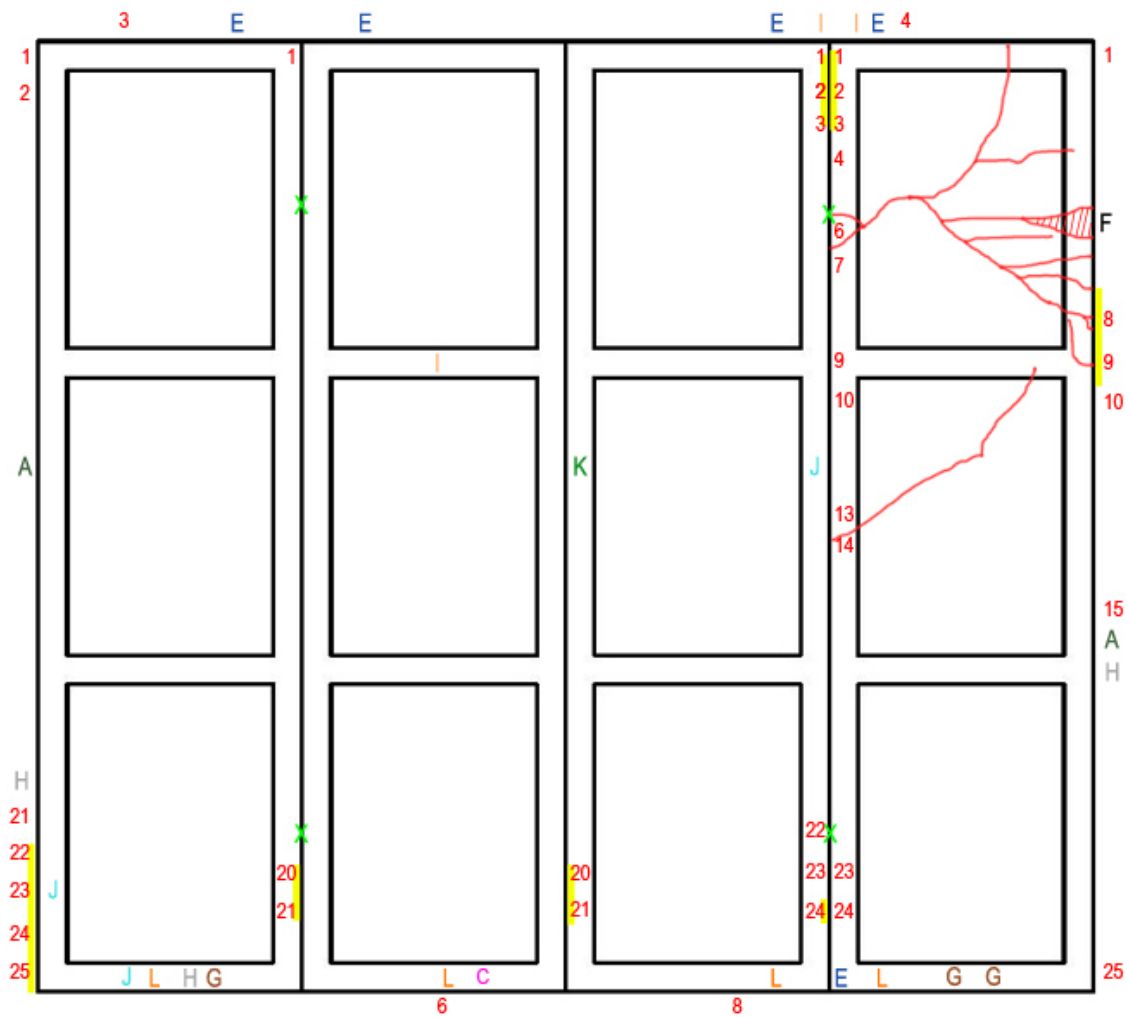
In het laatste deel, deel 8, Conclusies, worden de besluiten per deel kort weergegeven.

1.2 Probleemstelling

Bij de kunststoffen cellulosenitraat en cellulose-acetaat zijn vele problemen vastgesteld op gebied van veroudering. Door de zuren die deze cellulose-esters uitscheiden kunnen andere kunstobjecten die zich in de nabijheid bevinden aangetast worden. Het is dus zeer belangrijk om deze kunststoffen te kunnen identificeren en te voorzien van een geschikte opslagmethode.

Naast de preventieve conservering zit men ook op het gebied van restauratie met vele vragen. Hoe hecht men een transparant sheet van cellulose-acetaat? Met deze problematiek werd ik geconfronteerd, door mijn stage aan het S.M.A.K. in Gent door de restauratie van het kunstwerk "A Ghent abbiamo aperto una finestra" van Carla Accardi. Het kunstobject ziet eruit als een kamerscherm dat bestaat uit 4 panelen. De constructie is opgebouwd uit een houten skelet, waarop langs de voorzijde kunststoffolie is bevestigd. De kunststoffolie is langs de achterzijde beschilderd met grijze verfstreken. De kunstenaar heeft de kunststoffolie gebruikt als drager voor het schilderij. Echter is deze transparante folie gescheurd. Het schadebeeld geeft een goede illustratie van de mate van schade.

Schadebeeld



Legende:

A: Vingerafdrukken
 B: Tears / Scheuren
 C: Opgekrulde kunststof
 D: Oxidatie

E: Tape restanten
 F: Ontbrekende delen
 G: Losse delen spieraam
 H: Losse delen verf

I: Inscripties
 J: Punaise
 K: Nagel en draad
 L: Vuil

Toelichting schadebeeld en illustraties

- A. Vingerafdrukken:** Doordat de kunststof transparant is, zijn vingerafdrukken snel zichtbaar.
- B. Scheuren:** De grootste problematiek van dit kunstwerk zijn de grote scheuren. Op het algemene schadebeeld zie je de omvang van deze schade. Het is niet meer mogelijk het kunstwerk tentoon te stellen aangezien de kans dat de scheuren toenemen te groot is. De meeste scheuren bevinden zich bij de nietjes, waardoor er op vele plaatsen geen hechting meer is. Dit leidt tot het loskomen en het oprullen van de kunststof, zoals bij 'opgekrulde sheet' aangeduid is. Waar er, naast de nietjes, extra druk is, doordat er een ander spieraam tegenaan is bevestigd, blijft de hechting beter behouden. Naast de rode lijnen die de scheuren aanduiden, zijn de scheuren aangeduid met het nummer van het nietje waarvan de sheet zich geheel of gedeeltelijk heeft losgetrokken (van boven naar onder, van links naar rechts).
- C. Opgekrulde sheet:** Zie 'Tears/Scheuren'
- D. Oxidatie:** Vier van de zes scharnieren zijn geoxideerd. De ijzeren draad die is aangeduid bij 'Nagel en draad' is ook geoxideerd. De nietjes vertonen geen zichtbare oxidatie.
- E. Tape restanten:** De taperestanten zijn vermoedelijk ontstaan tijdens de bevestiging van de kunststof op de spieramen, voordat de nietjes een hechting garandeerden.
- F. Ontbrekend stuk:** Het ontbrekend stuk is apart bijgehouden.
- G. Losse delen spieraam:** Op een aantal plaatsen zijn er losse delen van het spieraam. Een aantal van deze losse delen zitten onderaan ingevangen tussen de kunststof en het spieraam.
- H. Losse delen verf:** Er is een adhesieprobleem tussen de kunststof en de verf. Dit probleem stelt zich vooral op plaatsen waar de kunststof niet vlak is en waar de verf pasteus is aangebracht.
- I. Inscripties:** De belangrijkste inscriptie is de signatuur die de kunstenaar 'Carla Accardi' heeft aangebracht op de achterzijde van het spieraam.
- J. Punaise:** Er zijn twee punaises aanwezig in het werk. Eén van deze twee bevindt zich aan de voorzijde tussen het spieraam en de kunststof. De scherpe punt en randen van dit voorwerp kunnen het kunstwerk beschadigen.
- K. Nagel en draad:** Zie 'Oxidatie'
- L. Vuil:** Voornamelijk onderaan, aan de voorzijde tussen het spieraam en de kunststof, bevindt zich vuil, wat een degradatie bevordert en erg opvallend is door de transparantie van de kunststof.

Illustraties bij schadebeeld



scheur bij nietje



scheuren



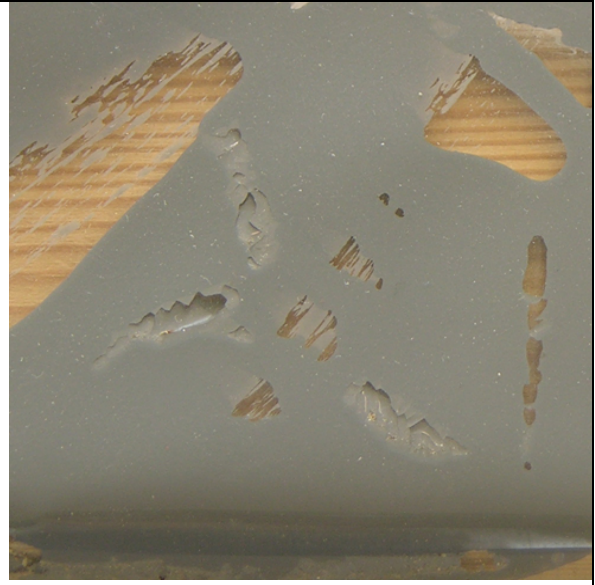
locatie waar het stuk kunststof ontbreekt



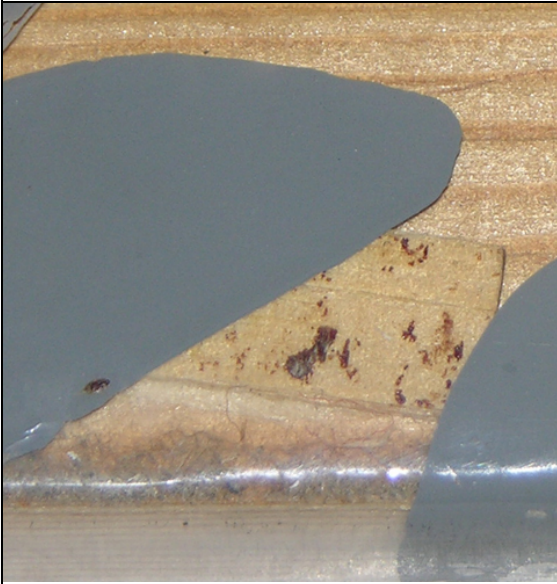
ontbrekend stuk kunststof



losse delen verf



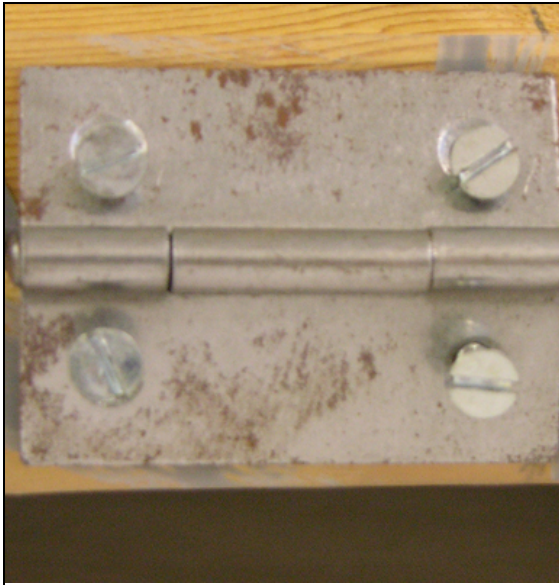
adhesieprobleem verf - kunststof



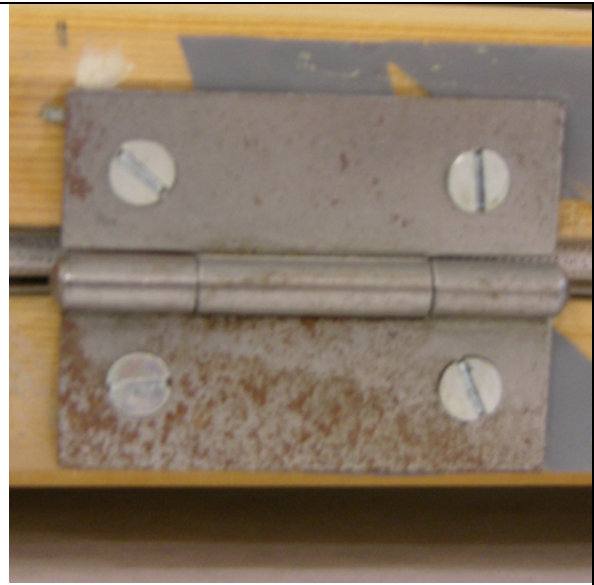
stukje kurk en vuil



stukje van het spieraam en vuil



oxidatie aan het scharnier



oxidatie aan het scharnier



geoxideerde nagel en draad



tape-restanten



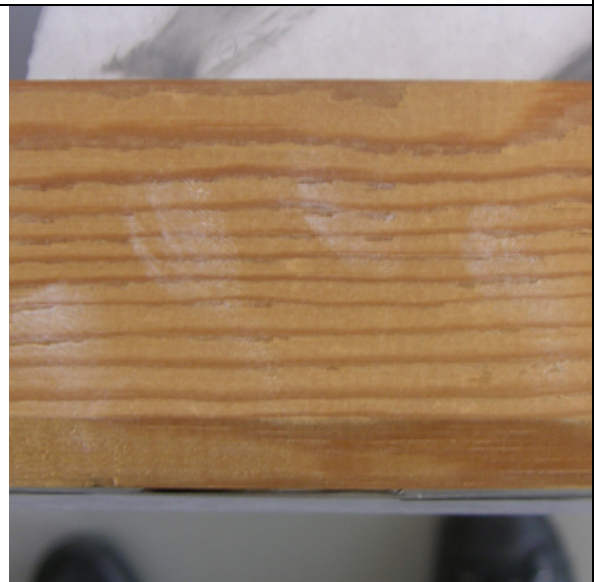
punaise en vuil



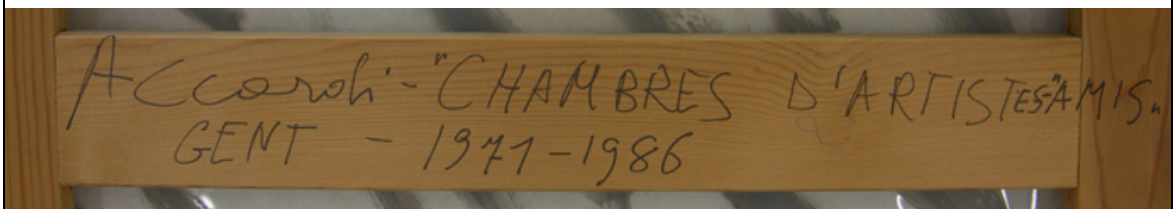
vuil



punaise en papiertape



vingerafdrukken op spieraam



signatuur van de kunstenaars

1.3 Doelstelling

Steeds meer kunstenaars maken gebruik van allerhande kunststoffen, waardoor we als restaurateur vaker met deze materialen in contact komen. Literatuur omtrent de conservatie van kunststoffen is uiterst miniem en vele onderzoeksprojecten staan nog in hun kinderschoenen. In talrijke depots van musea beginnen vele kunstwerken echter tekenen van verval te vertonen waardoor er een duidelijke noodzaak bestaat aan informatie om dergelijke problemen aan te pakken.

De kunststofproblematiek is echter zo uitgebreid, dat een afbakening van dit onderwerp zich opdringt.

Nadat onderzocht was uit welke kunststof het kunstwerk van Carla Accardi 'A Ghent abbiamo aperto una finestra' bestond, namelijk cellulose-acetaat, heb ik besloten me te beperken tot de groep waartoe deze kunststof behoort, de cellulose-esters.

Door deze groep van kunststoffen te doorgronden is het mijn doel om op basis van deze bron van informatie onderzoek uit te voeren om oplossingen mee te bekomen voor zowel de restauratie als de conservatie van deze belangrijke groep van de allereerste semi-synthetische kunststoffen.

De restauratie en conservatie van het kunstwerk van Carla Accardi 'A Ghent abbiamo aperto una finestra' zal een voorbeeld zijn, doorheen de ganse thesis, hoe er in de praktijk gewerkt kan worden.

Deel 2: Identificatie van kunststoffen

2.1 Inleiding

Is de identificatie van kunststoffen noodzakelijk, belangrijk of relevant voor een verzamelaar van kunstwerken vervaardigd uit kunststoffen, een museumconservator of curator?

De belangrijkste reden voor het identificeren van kunststoffen is gerelateerd aan de voorwaarde voor opslag, restauratie en conservatie. Alle kunststoffen degraderen, sommige zéér traag en anderen hebben een levensduur van minder dan 50 jaar. De omstandigheden van opslag kunnen voor een kunststof ideaal zijn en voor een andere uiterst schadelijk.

Een correcte identificatie is belangrijk indien men wenst dat de collectie lang mee blijft gaan.

Een chemicus heeft, hoogst waarschijnlijk, minder problemen bij de identificatie van een kunststof, aangezien deze toegang heeft tot labo's met gespecialiseerde analytische instrumenten. Voor iemand, of het nu een restaurator of privéverzamelaar is, is dit minder voor de hand liggend. Toch zijn er vele aanwijzingen die een mogelijkheid geven om de kunststof correct te identificeren.

De ideale oplossing zou zijn om allereerste observatietests uit te voeren en nadien deze te bevestigen met een analytische techniek.

De volgende hoofdstukken van deze thesis zijn een gids voor de determinatie van de aard van de meest voorkomende natuurlijke, semi-synthetische en synthetische kunststoffen waaruit objecten vervaardigd zijn. Er is geen poging ondernomen om alle kunststoffen te bepalen, aangezien vele 19e-eeuwse en post-1970-kunststoffen gespecialiseerde instrumenten en analytische technieken behoeven. Deze paper stelt de onderzoeker in staat om een onderscheid te maken tussen de belangrijkste types.

Er zijn drie niet-analytische manieren om tot een identificatie te komen. De eerste en meest eenvoudige methode is gebaseerd op het uiterlijk en tactiliteit, (of hun look en feel). De volgende stap is om de fysische eigenschappen, waaronder densiteit en hardheid, te identificeren en een kenmerkende geur. De laatste manier houdt de solventbestendigheid in en chemische en andere destructieve tests.

Tot slot wordt er een referentietabel gegeven voor mogelijke analytische methodes.¹ Eén analytische methode is toegepast in de praktijk, namelijk Fourier Transform Infrared.

¹ Quye A., Williamson C., "Plastics, Collecting and Conserving", NMS Publishing Limited, 1999

2.2 Uiterlijk en tactiliteit

Het voorkomen houdt de stijl en design, markeringen, transparantie en kleur, oppervlakte-afwerking, vervorming, degradatie, tekens van schade, functie en productiemethode in. Een microscopische vergroting (x10, X20) is vaak nuttig om deze uiterlijke tekenen waar te nemen.

Het aanvoelen houdt de hardheid in, de flexibiliteit en de oppervlakte-afwerking.

2.2.1 Stijl en design

De mode dicteert vaak een stijl en kan helpen bij het oprichten van een tijdslijn. Art nouveau briefopeners zijn vermoedelijk van vóór de eerste wereldoorlog. Egyptische designs waren zeer populair in het midden van de twintiger jaren en de productie van grote haarkammen verminderde wanneer kort haar in de mode kwam. Art Deco is vermoedelijk van rond 1930.

Sommige kunststoffen worden gemaakt in een mal en deze mal kan hergebruikt worden en aangezien sommige stijlen een lange nasleep hebben of terug in de mode komen, is bijkomende informatie vereist.

2.2.2 Datering

Een kunststof moet eerst ontdekt worden en een initiële productie ondergaan vooraleer ze op de markt wordt gebracht. Indien men door middel van de datering een kunststof wil identificeren moet men hier dus rekening mee houden.

Het werk van Carla Accardi is vervaardigd in 1972-1986. Men zou er op basis van de datering vanuit gaan dat de kunstenares gebruik heeft gemaakt van een volsynthetische kunststof. Echter heeft ze geopteerd om met cellulose-acetaat te werken. Deze kunststof is reeds in 1912 voor de eerste maal gebruikt. Op basis van een datering kan men dus enkel de kunststoffen die na de ontstaansdatum van het werk ontwikkeld zijn, uitsluiten.

Vóór 1840

Vóór 1840 waren de samenstellingen hoofdzakelijk gebaseerd op wassen, harsen, drogende oliën, gomsoorten en lijmen. Hoorn, amber, schildpad en andere natuurlijk voorkomende plastics werden gemouleerd en vaak beschilderd of voorzien van een laklaag of een vernis.

1840-1880

Tussen de periode 1840-1880 baseerden de samenstellingen zich hoofdzakelijk op schellak dat gevuld werd met houtpoeder en/of minerale poeders. Gutta percha, Bois Durci en vulcanite kwamen voor. Zwartkleurige decoratieve objecten waren zeer populair. Cellulosenitraat had zijn intrede gedaan, maar zonder succes. Een reden hiervoor was dat de productiemethode nog niet op punt stond waardoor deze kunststof nog vele gebreken vertoonde.

1880-1900

Cellulosenitraat werd opnieuw geïntroduceerd en ditmaal met succes. Hierdoor namen de samenstellingen die in de voorgaande periodes vaak voorkwamen, af in aantal.

1900-1920

In deze periode was er een massieve toename van het gebruik van cellulosenitraat. Caseïne en koud gegoten bitumineuze samenstellingen werden geïntroduceerd. Phenol formaldehyde harsen werden geproduceerd, slechts zelden door deze te mouleren.

1920-1939

Phenol formaldehyde harsen werden geproduceerd. Thiourea formaldehyde nam zijn aanvang in de late jaren van 1920, urea formaldehyde rond 1930 en melamine formaldehyde op het einde van de jaren 1930. Cellulose acetaat mouldings kwamen op in het midden van de jaren 1920. Polystyreen, flexibele PVC, polyethyleen en polymethylmethacrylaat in sheetvorm werden allen geïntroduceerd, maar de kans om hier voorbeelden van te vinden zijn gering.

1939-1960

Dankzij de Tweede Wereldoorlog werd er enorm geïnvesteerd in de productie van polystyreen, PVC, nylon, acryl en polyethyleen in sheetvorm. Het einde was in zicht voor de semi-synthetische kunststoffen.²

Wanneer werden welke kunststoffen voor het éérst gebruikt³:	
Jaartal	Soort kunststof
1839	Harde rubber (ebonite, vulcaniet)
1852	Shellak moulding materiaal
1855	Bois Durci
1866	Cellulosenitraat (Parkesine)
1872	Cellulosenitraat (Celluloid)
1899	Caseïne
1909	Cold moulded kunststoffen
1909	Fenol formaldehyde
1912	Cellulose acetaat (fotografische film)
1922	Cellulose acetaat (moulding materiaal)
1926	Thiourea en urea formaldehyde
1930	PVC (plasticized)
1933	Polymethyl methacrylaat
1934	Melamine formaldehyde
1935	Polystyreen
1937	Polyetyleen (lage densiteit)
1938	Nylon 6,6
1940	Nylon 6
1947	Polyethyleen tereftalaat (vezels en films)
1948	Polystyreen (grote impact)
1949	Nylon 11
1950	Polyacrylonitrile (vezels)
1954	Polyethyleen (hoge densiteit)
1954	Polypropyleen
1955	Polycarbonaat
1959	Polyformaldehyde
1962	Phenoxy
1965	Polysulfoon
1966	Polyethyleen oxide
1970	Polybutyleen tereftalaat

² Quye A., Williamson C., "Plastics, Collecting and Conserving", NMS Publishing Limited, 1999

³ Morgan J., "Conservation of Plastics, An Introduction to their history, manufacture, deterioration, identification and care", Plastics Historical Society, The Conservation Unit Museums & Galleries Commission, Gainsborough, Lincolnshire, oktober 1991

2.2.3 Markeringen

Patentnummers, geregistreerde designs en handelsnamen geven geen indicatie van het jaar waarin kunststoffen gemaakt zijn, maar sluiten de jaren daarvóór wel uit. Een klassiek voorbeeld is de Thermos fles waarbij werd aangenomen dat deze in 1925 werd gemaakt, omdat dit het jaar van oprichting was, maar het sluit echter alleen uit dat de Thermos fles niet vóór 1925 kan gedateerd worden. Een geregistreerde markering van een design kan verwarring scheppen want de markering die men bijvoorbeeld achteraan op een Victoriaanse broche aantreft, verwijst meestal naar de gesp en niet naar de broche zelf.

2.2.3.1 Patentnummers

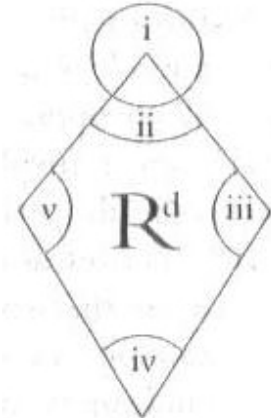
Patentnummers blijken meer betrouwbaar te zijn dan geregistreerde markeringen. Een reeks van de Britse patentnummers geven aan dat ze binnen een bepaald aantal jaren gemaakt zijn. Van 1850 tot 1915 starten de Britse patenten telkens in januari met de nummer 1 en het jaar is vaak toegevoegd na het patentnummer. Vanaf 1916 is men begonnen met een nieuw soort nummering, te beginnen bij 100,001 en deze nummering is men ook de daaropvolgende jaren blijven doortellen, zonder het jaartal te vermelden. Vanaf het eind van het jaar 1979 is men begonnen met 2,000,000.

Britse Patentnummers van 1919-1984							
Jaar-tal	Patent-nummer		Jaar-tal	Patent-nummer		Jaar-tal	Patent-nummer
1916	100,001		1939	498,137		1962	885,891
1917	102,812		1940	516,338		1963	914,251
1918	112,131		1941	531,239		1964	945,444
1919	121,611		1942	542,237		1965	978,901
1920	136,852		1943	550,279		1966	1,015,491
1921	155,801		1944	558,350		1967	1,053,401
1922	173,241		1945	566,451		1968	1,097,211
1923	190,732		1946	574,317		1969	1,138,301
1924	208,731		1947	583,835		1970	1,175,851
1925	226,571		1948	596,286		1971	1,217,901
1926	244,801		1949	615,104		1972	1,258,951
1927	263,501		1950	634,001		1973	1,301,601
1928	282,701		1951	648,181		1974	1,342,201
1929	302,941		1952	663,941		1975	1,378,941
1930	323,171		1953	685,361		1976	1,419,981
1931	340,324		1954	701,181		1977	1,460,301
1932	364,154		1955	721,191		1978	1,496,751
1933	385,638		1956	742,701		1979	1,537,581
1934	403,718		1957	764,681		1980	2,023,381
1935	421,827		1958	788,351		1981	2,050,131
1936	440,484		1959	806,871		1982	2,078,071
1937	459,084		1960	826,321		1983	2,100,561
1938	477,516		1961	857,581		1984	2,121,661

2.2.3.2 Registratiemarkeringen

Registratiemarkeringen werden aangebracht op een grote verscheidenheid aan objecten tussen 1842 en 1883. Hiervoor gebruikte men de ruitvorm met daarin vijf verschillende velden.⁴

- i:** Soort kunststof
- ii:** Tussen 1842 en 1867 werd het jaar aangeduid met een letter. Tussen 1868 en 1883 werd de dag aangeduid met een nummer.
- iii:** Tussen 1842 en 1867 werd de dag aangeduid met een nummer. Tussen 1868 en 1883 werd het jaar aangeduid met een letter.
- iv en v:** Deze verwijzen naar de maand van de bundel of batch referentie. Dit is voor de identificatie niet van toepassing.



Registratiemarkeringen				
Letter	Jaartal		Letter	Jaartal
X	1842		X	1868
H	1843		H	1869
C	1844		C	1870
A	1845		A	1871
I	1846		I	1872
F	1847		F	1873
U	1848		U	1874
S	1849		S	1875
V	1850		V	1876
P	1851		P	1877
D	1852		D	1878
Y	1853		Y	1879
J	1854		J	1880
E	1855		E	1881
L	1856		L	1882
K	1857		K	1883
B	1858			
M	1859			
Z	1960			
R	1961			
O	1962			
G	1963			
N	1964			
W	1965			
Q	1966			
T	1967			

⁴ Quye A., Williamson C., "Plastics, Collecting and Conserving", NMS Publishing Limited, 1999



PET



PEMD



PVC



PELD



PP



PS

Vaak treft men, de hiernaast afgebeelde, driehoekjes aan. De soort kunststof wordt er meermaals niet onder vermeld. De nummer die in het driehoekje vermeld staat, geeft aan over welke kunststof het gaat.

2.2.3.3 Handelsnamen

Handelsnamen werden in de V.N. ingevoerd in 1877. Diegenen die vroeger dan 1877 van start waren gegaan, gaven hun ontstaansjaar. Handelsnamen geven soms een indicatie van de soort kunststof of dateren het materiaal. Voorwerpen met de naam Carvacraft zijn vermoedelijk cast phenolic, Xynolite verwijst naar cellulosenitraat en Bandalasta naar thiourea of urea formaldehyde.⁵

Van het kunstwerk van Carla Accardi 'A Ghent abbiamo aperto una finestra' is niet geweten wat de soort kunststof is waaruit het werk vervaardigd is. Wel stond in de catalogus⁶ van haar werk vermeld dat het 'Sicofoil' was. Dit is vermoedelijk de merknaam van de kunststof. Opzoekingswerk naar de naam 'Sicofoil' heeft niets opgeleverd. Het bedrijf dat deze kunststof vervaardigd heeft is nu misschien niet meer in werking of heeft de merknaam van deze kunststof veranderd.

⁵ Mossman S., "Simple methods of identifying plastics", Department of Physical Science Museum, London

⁶ Germano Celant, Carla Accardi, Edizioni Charta, Milano, 2001

2.2.4 Transparantie en kleur

2.2.4.1 Transparantie

Transparantie van een object kan één van de eerste positieve indicaties voor identificatie geven aangezien slechts relatief weinig materialen glasheldere producten produceren. Er zijn meer heldere kunststoffen die in sheet vorm geproduceerd zijn. Alle transparante kunststoffen kunnen ondoorzichtig gemaakt worden door toevoeging van pigmenten of vulmiddelen. Slechts een klein aantal kan doorzichtig zijn. Het bepalen van doorzichtigheid is moeilijk omdat zelfs ondoorzichtige materialen er doorzichtig uit kunnen zien indien zij zéér dun zijn en er een goede en sterke lichtbron aanwezig is. De kunststoffen die het meest gebruikt worden om heldere materialen te produceren zijn cellulosenitrat, cellulose acetaat, polyvinylchloride (PVC met toevoeging van weekmakers), polymethyl methacrylaat (PMMA), polystyreen (PS), polyester (PE) en polycarbonaat (PC).

Er zijn drie groepen van kunststoffen welke niet volledig transparant kunnen zijn.

1. diegene die van nature uit gedeeltelijk kristallijn zijn:
polyethyleen (PE), polypropyleen (PP), nylon, PTFE, polyformaldehyde en gutta percha.
2. diegene welke versterkt moeten worden en dit door toevoeging van een coating of door vermenging met een andere kunststof:
versterkte polystyreen (PS), ABS
3. diegene welke een vulmiddel behoeven:
gegoten thermohardende kunststoffen, fenol formaldehyde en aminoplastics (hoewel deze ook doorschijnend kunnen zijn), verharde rubber, schellak, Bois Durci⁷

2.2.4.2 Kleur

De kleur van een kunststof kan ook een goede richtlijn geven wat betreft de identificatie. Een kunststof identificeren enkel gebaseerd op kleur is, net zoals bij de voorgaande onderdelen, niet aangeraden en moet gestaafd worden met meer informatie.

Sommige populaire kleuren zijn soms geïmiteerd door een goedkoper materiaal.

Door compressie gemouleerde producten van fenol formaldehyde bezitten bijna altijd een donkere tint, de lichtste tint die men kan bereiken met deze kunststof is een donkerbruine kleur. Cast fenol heeft een typische amberkleur. Blauwe cast fenol is zeldzaam aangezien deze vaak vergeeld is naar een groene tint.

Marmereffecten met individuele stippen zijn karakteristiek voor thiourea formaldehyde.

Vlekkerige schakeringen met grote tonaliteitverschillen komen voor bij de semi-synthetische en thermohardende harsen (cellulose esters, caseïne en phenol).

Maar grote tonaliteitverschillen vertrekkende vanuit één punt zijn verkregen door een injectiemoulering. Dit sluit cellulosenitrat, caseïne en de meeste thermohardende kunststoffen uit.

Houteffecten worden het vaakst verkregen door fenol formaldehyde.

Ivoor en schildpad werden reeds door de eerste kunststoffen geïmiteerd. De schildpadimitaties worden het best geïmiteerd met cellulosenitrat. Imitaties vervaardigd uit caseïne of natuurlijke materialen hebben een minder grote helderheid en glans dan die van cellulosenitrat.

Bestudering onder een vergrootglas (x10) zal de aanwezigheid van bepaalde vulmiddelen verduidelijken, voornamelijk hout, stof en mica.

⁷ Morgan J., "Conservation of Plastics, An Introduction to their history, manufacture, deterioration, identification and care", Plastics Historical Society, The Conservation Unit Museums & Galleries Commission, Gainsborough, Lincolnshire, oktober 1991

Voorkomen van bepaalde vulmiddelen			
	Houtpoeder	Stof	Mica
Waarneembaar als	Minutieuze vlokjes	Gebroken stukjes	Glinsterende fragmentjes
Voorkomend bij	Fenol formaldehyde Bois Durci Schellak	Fenol formaldehyde	Fenol formaldehyde

2.2.5 Oppervlakteafwerking

2.2.5.1 Glans

Kunststoffen reproduceren de oppervlakteafwerking van de mal waarin zij gevormd werden. Sommige hebben een grotere glans dan anderen. Acrylharsen, polystyreen, cellulose esters, caseïne en gietharsen kunnen gepolijst worden tot op een hoog niveau. Onder diegenen met een laag glansniveau behoren polyethyleen en de andere kristallijnen of zachte polymeren.

2.2.5.2 Minutieuze onvolmaaktheden

Oppervlakte onvolmaaktheden die soms specifiek zijn voor een bepaalde kunststof kunnen onder een vergroting (x10) duidelijk worden:

- Flauwe parallelle lijnen of krassen zijn typisch voor sheets uit cellulosenitrat. Dit komt doordat deze sheets van een grote blok afgesneden zijn, zoals fineerhout van een grote blok hout. Deze parallelle lijnen kunnen ook door andere fabricagemethoden verkregen worden (bv. extrusie).
- Kleine markeringen, gelijkende op die van een sinaasappelschil, zijn vaak typisch voor urea formaldehyde en melamine mouldings, hoewel ze ook zonder voorkomen.
- Crazing is typisch voor caseïne en is waarneembaar als willekeurige lijntjes. Wat sterk lijkt op crazing is cracking. Door een organisch solvent aan te brengen op een kunststof bekomt men deze cracks en ontstaat er interne stress die zichtbaar is als parallelle lijnen. Niet alle kunststoffen zijn even gevoelig aan solventen (zie pag. 25, 114, 171).

2.2.5.3 Bloom

Nu en dan kan aan de oppervlakte een bloom opgemerkt worden. Deze kan gemakkelijk verwijderd worden met een doekje. Een witte poederige afzetting is typisch voor de plasticizer die migreert uit cellulose acetaat, terwijl een mistige waas duidt op een vroeg teken van de degradatie van cellulosenitrat.

2.2.5.4 Een opgerezen rand

Een synthetisch hars wordt in de mal gegoten als een visceuze vloeistof en het breedste vlakke oppervlak (vaak onderaan) kan een opgerezen rand hebben. Deze is minuscuul en heeft mini- opengebarsten belletjes.

2.2.5.5 Verf en vernis

Vele 19e E kunststoffen werden beschilderd om onvolmaaktheden te verdoezelen of om de kunststof van een mooie kleur of glans te voorzien. Enkel wanneer er een stukje verf verloren is gegaan, is het mogelijk om de identiteit van de onderliggende kunststof te achterhalen.⁸

⁸ Quye A., Williamson C., "Plastics, Collecting and Conserving", NMS Publishing Limited, 1999

2.2.6 Vervormingen

Een kunststof zal normaal gezien zijn originele vorm behouden, maar kan vervormd worden door:

- een verlies van de plasticizer, typisch voor cellulose-esters en PVC.
- een thermoplastische kunststof die opnieuw verwarmd wordt.
- degradatie, typisch voor cellulose esters
- opzwellen van de kunststof door absorptie van een solvent
- een corroderend metaal dat in de kunststof verwerkt is
- gebruik of misbruik
- kristallijne materialen zoals polyethyleen krimpen normaal wanneer ze afkoelen in de mal en kunnen hierdoor een inzinking vertonen naast een dikker gedeelte.⁹

2.2.7 Degradatie

Een donkergekleurde broche of juweel dat parallelle splits vertoont die ongeveer 2-5mm van elkaar verwijderd zijn en die de omtrek van het object volgen is vermoedelijk vervaardigd uit hoorn of hoef. Het splijten van een object is normaal een teken van interne stress, en rechte kubusvormige breuklijnen in cellulose-esters zijn een teken van degradatie. Andere aanduidingen van deterioratie zijn kleurveranderingen, bros worden en zuurheid.

2.2.7.1 Kleurveranderingen

Een kleurverandering kan als oorzaak hebben dat het pigment of de kleurstof verandert door blootstelling aan ultraviolet licht of chemicaliën, door veranderingen in de kunststof zelf of door andere oppervlakte-effecten, waaronder vuil. Ultraviolet licht zal de meeste polymeren en kleurstoffen doen degraderen. Een kleurverandering tussen een deel van het object dat niet blootgesteld is aan licht (de onderkant) en een deel dat wel blootgesteld is aan licht, geeft een indicatie van de graad van blootstelling, maar niet van het polymeertype. De degradatie van cellulose-esters produceert een zuur bijproduct (voor cellulosenittraat is dit nitraatzuur en voor cellulose acetaat is dit azijnzuur) dat de kleur kan doen veranderen. Bij cellulosenittraat komt dit vaak voor bij de objecten met schildpadimitatie en is zichtbaar door de rode kleur die geel wordt. Verfstoffen kunnen migreren van één kunststof naar een andere. PVC is hier zeer vatbaar voor.

2.2.7.2 Bros worden en splitting

Het plasticizer verlies bij PVC en cellulose acetaat zorgt ervoor dat de kunststof bros en stijf wordt. Dit komt vooral voor bij dunne sheets waar de verhouding tussen het oppervlak en het volume hoog is. Ultraviolette stralen zorgen ervoor dat de polyolefinen stijf en bros worden (polyethyleen film). Cellulose-esters breken intern bij dikke delen en de bijproducten van degradatie die hierdoor vrijkomen hebben een autokatalysatorische werking, waardoor het ganse object zeer snel degradeert.

2.2.7.3 Zuurtegraad

Degraderende cellulose-esters produceren zuren die gedetecteerd kunnen worden met een pH indicator papier. Dit thema komt verder nog aan bod in deel 7.

⁹ Morgan J., "Conservation of Plastics, An Introduction to their history, manufacture, deterioration, identification and care", Plastics Historical Society, The Conservation Unit Museums & Galleries Commission, Gainsborough, Lincolnshire, oktober 1991

2.2.8 Functie

Objecten uit kunststof zijn gemaakt voor verschillende redenen. Eén van deze redenen is om de fabrikant rijk te maken. Deze reden is in de loop van de geschiedenis steeds belangrijk geweest. Het streefdoel is om met een minimum aan financiële middelen tot een bevredigend object te komen.

Dit is de hoofdreden voor het succes van de kunststof en de reden waarom gelijkende objecten gelijktijdig geproduceerd worden door verschillende fabrikanten van hetzelfde materialen.

Vandaar dat in de V.S. de meeste radio's van 1930-1940 een body hadden van fenol formaldehyde, ivoren uitziende opmaaktafeltjes uit cellulosenitraat waren en waskommen vervaardigd werden uit polyethyleen. Deze theorie werkt goed totdat men objecten aanschouwt waarbij het esthetische als het belangrijkste wordt ervaren, denken we aan sculpturen en juwelen.

2.2.9 Productiemethode

Doordat men zichtbaar kan vaststellen welke productietechniek er gebruikt is, kan men een aantal soorten reeds uitsluiten. Dit komt doordat de productietechnieken voor sommige kunststoffen beperkt zijn.

2.2.9.1 Blow moulding en thermoforming (blaas en warmte-techniek)

Deze technieken worden gebruikt voor holle objecten gemaakt uit een buis of twee delen van een sheet. Polyethyleen is de meest voorkomende kunststof van de flexibele, moderne materialen die geblazen worden tot flessen die geen overlangse naad vertonen, maar wel een basisnaad, meestal onderaan de fles. Een sheet van cellulosenitraat werd frequent gemaakt uit twee delen die dan samengevoegd werden (en soms opgevuld met plaaster). Het klassieke voorbeeld hiervan is een pingpongbal, welke gedurende honderd jaar op die manier vervaardigd is.

Kunststoffen die door luchtdruk een vorm kunnen verkrijgen	Kunststoffen die in sheetvorm terug verwarmd kunnen worden
Polyethyleen Polypropyleen PVC-onbuigzaam PET	Hoorn (zelden, verbuigen niet hard) Cellulosenitraat (vaak voorkomend) Caseïne (gelimiteerde buiging) Cellulose acetaat Polystyreen (meestal van voor 1945) PVC-onbuigzaam (meestal van voor 1945) Laminaat (bv. Warerite) Polymethylmethacrylaat Polycarbonaat

2.2.9.2 Injectie moulding (spuitgieten)

Spuitsgieten heeft betrekking op het spuiten van een gesmolten materiaal in een gesloten mal onder druk. Het spuitgat moet nadien verwijderd worden wat een oppervlakte-onvolmaaktheid van 1-10 mm diameter nalaat. Caseïne en cellulosenitraat zijn niet op deze manier vervaardigd, noch de meeste thermohardende kunststoffen vóór 1960.¹⁰

¹⁰ Quye A., Williamson C., "Plastics, Collecting and Conserving", NMS Publishing Limited, 1999

2.2.9.3 Compression moulding (perstechniek)

Een kunststof in korrel- of poedervorm wordt in een warme, open mal geplaatst en wordt nadien afgesloten, waardoor de kunststof in korrel- of poedervorm begint te smelten en in de juiste vorm wordt geperst. Er is dus geen spuitgat zichtbaar, maar langs de rand of grens van de mal kan een lijn zichtbaar zijn. Deze lijn kan weggepolijst worden, maar dit wordt meestal niet uitgevoerd omdat het oneconomisch is. De meeste thermohardende kunststoffen worden door middel van compressie verkregen. Hoewel spuitgieten vandaag de dag het meest voorkomend is.¹¹

Typische door compressie verkregen vormen uit kunststof
Fenol formaldehyde Urea-Thiourea formaldehyde Melamine formaldehyde Koude gevormde samenstellingen gebaseerd op Bitumen Op Schellak gebaseerde samenstellingen Bois Durci Hoorn en Hoef Vulcaniet Gutta percha Rubber

2.2.9.4 Casting (gieten)

Synthetische harsen kunnen gegoten worden van een vloeistof in een open of gesloten mal. Na uitharding heeft de kunststof de vorm van de mal aangenomen. Dit wordt voornamelijk gebruikt voor het verkrijgen van volle objecten.

Casting
Polyester (vooral ingebedde harsen) Polymethylmethacrylaat (vooral ingebedde harsen) Polyurethaan schuim

2.2.9.5 Machining (frezen)

De meeste thermoplasten kunnen gesneden, gedraaid of gezaagd worden van een sheet, buis, staaf of blok.

Machining
Hoorn Caseïne gegoten fenol Vulcaniet Polymethylmethacrylaat Polytetrafluorethyleen

2.2.9.6 Extrusion (extrusie)

Extruderen is een plastische massa door één of meerdere openingen in een bepaalde vorm persen. Dit is vrijwel altijd een continu proces.

De meeste thermoplasten kunnen geëxtrudeerd worden waardoor ze omgevormd worden tot een sheet, buis of staaf of een ander onafgebroken profiel. Parallele markeringen kunnen zichtbaar zijn langs de as. Regenwater afvoerpijpen, sheets uit polyethyleen voor draagzakjes van te maken en vezels uit kunststof worden allemaal gemaakt door extrusie.

¹¹ <http://www.foremostmachine.com/plastics.htm> (11-02-2008)

2.2.10 Hardheid

Er zijn een aantal commerciële testers die de hardheid van kunststoffen kunnen meten. De meeste onder hen laten een permanente markering achter op de kunststof en het gebruik van deze commerciële testers kan op historische objecten dus ook best vermeden worden. De Barcol Hardheid tester 935 is waarschijnlijk de nuttigste tester, (welke in de hand kan gehouden worden). Maar ook zonder dit instrument is het mogelijk een inschatting te maken van de hardheid van een kunststof door gebruik te maken van de vingernagel of een potlood. Door met een potlood, waarvan de hardheid gekend is, een inscriptie aan te brengen in een kunststof kan men kijken hoe de kunststof reageert. Indien het een diepe afdruk nalaat is het potlood veel harder dan de kunststof. Dit kan men herhalen met potloden met verschillende hardheden totdat de hardheid van het potlood de hardheid van de kunststof evenaart.¹²

Bij kunststoffen waaraan plasticizers zijn toegevoegd zoals cellulosenitraat, cellulose acetaat en PVC is de hardheid afhankelijk van het type en de hoeveelheid toegevoegde plasticizer. Hierdoor kan het zijn dat de hardheidswaarden iets hoger of lager zullen liggen. Sommige materialen absorberen vocht, zoals caseïne en nylon, en hun hardheid neemt af naarmate er meer vocht is opgenomen. Ook degradatie kan de hardheid van een kunststof beïnvloeden door, bijvoorbeeld, een verlies van plasticizer, etc.¹³

In de bijlage op pag. 166 vindt men een tabel waarop de hardheidswaarden van de Barcol Hardheidstester van de meest voorkomende kunststoffen staan vermeld.

¹² Horie, C.V., Materials for Conservation, organic consolidants, adhesives and coatings, Butterworth & Heinemann, Oxford, 1995

¹³ Morgan J., "Conservation of Plastics, An Introduction to their history, manufacture, deterioration, identification and care", Plastics Historical Society, The Conservation Unit Museums & Galleries Commission, Gainsborough, Lincolnshire, oktober 1991

2.3 Subjectieve identificatieproeven

Conservatoren worden vaak gevraagd een materiaal te karakteriseren om het gedrag en de veroudering beter te begrijpen, een behandeling voor te schrijven en/of uit te voeren en om het object te dateren. Aangezien veel objecten waardevol en onvervangbaar zijn, moet de methodiek voor de staalname zo onschadelijk mogelijk zijn.

Hij moet ook:

- gemakkelijk bruikbaar zijn
- geen geavanceerde instrumenten behoeven
- goedkoop in gebruik en eenvoudig vindbare producten
- betrouwbare en reproduceerbare resultaten bekomen.

Sommige van de testen zijn gebaseerd op de spottest methode en andere op de pyrolise methode.

2.3.1 Spottest methode

Voor de spottest methode wordt het staal verzameld door zachtjes met het oppervlak van het object te wrijven over het eind van een microscopische glaasje, dat bestaat uit mat glas.

Het geschikte reagens wordt nadien op het staal (dat op het glaasje ligt) aangebracht.

De ontwikkeling van een distinctieve kleur geeft een indicatie van de samenstelling van de kunststof. In labo's wordt uitgebreid gebruik gemaakt van microscopische glaasjes. Deze zijn niet duur. Niet alle microscopische glaasjes zijn voorzien van een stukje mat glas (frosted end microscope slide).

Deze techniek verwijdert zulke kleine hoeveelheden van het staal dat dit met het blote oog niet zichtbaar is.

De tests die gebaseerd zijn op de spottest methode en op volgende pagina's uitgebreid beschreven staan, zijn de diphenylamine test, de hydroxylamine hydrochloride test en de Molisch's test.



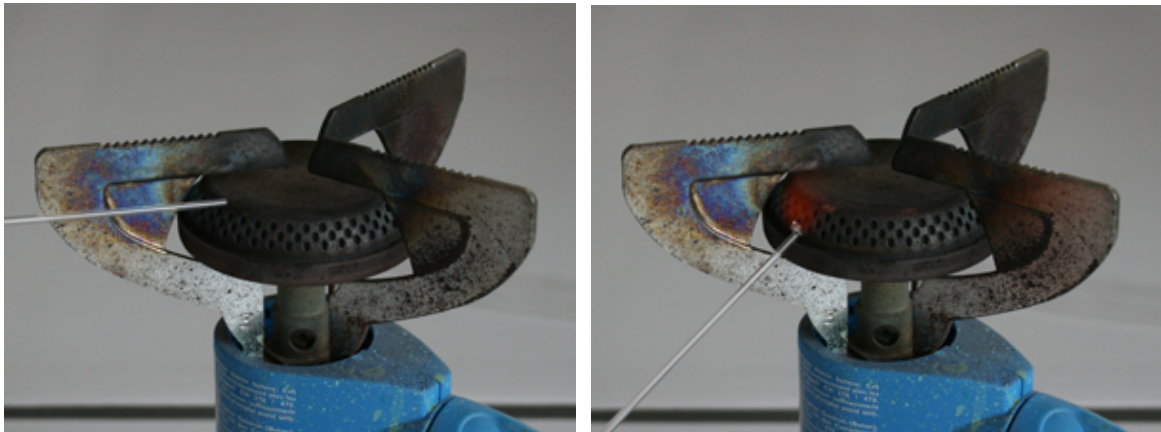
microscopisch glaasje met mat glas



Wrijf zachtjes met de, te identificeren kunststof, over het mat glas.

2.3.2 Pyrolyse methode

Het branden van een staal in een Pasteur pipet is een zeer effectieve techniek in verscheidene opzichten. Net zoals microscopische glaasjes worden pipetten ook veel gebruikt in labo's en zijn ze goedkoop. Het capillaire einde (het onderste deel) van de Pasteur pipet kan gemakkelijk afgesloten worden van brand, door deze dicht te sealen. De brede opening van het tubulaire einde (het bovenste deel) van de pipet maakt het gemakkelijk om staaltjes in de pipet te steken, zodat het staal in het afgesloten capillaire einde valt.



Capilair einde van pasteur pipet wordt boven een vlam gehouden.

Capillaire einde sealt dicht.

Indicatorstrips of katoenen watjes geïmpregneerd met het reagens kunnen ook in het tubulaire einde van de pipet gestoken worden. Eens het staal en de indicator in het pipet aanwezig zijn, kan het tubulaire einde afgesloten worden met modelleerpasta zoals Plasticine. Wanneer het staal in het capillaire einde van het pipet wordt verbrand met een alcoholbrander (of een bunsenbrander), kan het gedrag (sublimatie, smelten, decompositie) en de karakteristieke verbrandingsdampen (kleur) makkelijk waargenomen worden. Indien het staal verzacht en smelt, kan het gaan over een thermoplastische kunststof. Thermohardende kunststoffen behouden hun vorm totdat hun verbrandingstemperatuur bereikt is. Aangezien de verbrandingsdampen in het pipet ingesloten zitten, kunnen zij reageren met de indicatorstrips of de katoenen watjes geïmpregneerd met het reagens. Het resultaat kan al na enkele seconden of minuten afgelezen worden. Na deze stap kan de afsluiting (met plasticine) verwijderd worden zodat de verbrandingsdampen vrijgelaten worden. Zelfs minuscule kleine stalen laten een detecteerbare geur na die geïdentificeerd kan worden met de 'neus test', welke zo lang en vaak als gewenst kan uitgevoerd worden. Dit is niet het geval bij stalen die verdampen in een open vlam.¹⁴

Het is aangeraden om de determinatietabel te vinden op pag. 167 erbij te nemen voor men begint. Het verbrandingsproces kan zeer snel verlopen waardoor men niet de tijd heeft om alles te noteren. Hierdoor kan men het verloop best fotograferen zodoende dat men na het branden van het staal de resultaten nog eens kan herbekijken.

De tests die gebaseerd zijn op de Pyrolyse methode en op volgende pagina's uitgebreid beschreven staan, zijn de Beilstein test, de Formaldehyde test, de KI-Starch test en Dimethylaminobenzaldehyde test.

¹⁴ <http://palimpsest.stanford.edu/byauth/fisher1.html> (4-10-'07)

2.3.3 pH, specifieke Zwaartekracht (dichtheid) & Oplosbaarheidstest

De pH van de verbrandingsdamp is een nuttige manier voor het identificeren van kunststoffen. Een pH indicator strip wordt in pipet gestoken. Er zijn goede resultaten bereikt met Merck ColorPhast pH strips. Aangezien deze strips te breed zijn, wordt er in de lengte een stuk afgeknipt, zodoende dat de strip net in de pipet past. De strip wordt door de druk van de wanden van het pipet op zijn plaats gehouden. Vooraleer de strip in het pipet wordt geplaatst, moet hij lichtjes bevochtigd worden. Het tubulaire einde van de pipet wordt nadien afgesloten met de modelleerpasta (plasticine). Men kan de pH indicatorstrip ook de plasticine bevestigen voor men de plasticine op het tubulaire einde bevestigt. Het staal wordt dan verhit met de alcoholbrander (of bunsenbrander). Omdat de verbrandingsdamp zwaarder is dan de lucht, wordt de pipet voor een paar seconden/minuten, afhankelijk van de grootte van het staal, plat gelegd op het werkoppervlak, zodat de damp in contact kan komen met de pH strip. De kleur van de strip in de pipet wordt vergeleken met de pH-referentieschaal. De pH-referentieschaal wordt samen met de strips geleverd.

De specifieke zwaartekracht van stalen kan gemeten worden door de stalen in een gesatureerde zoutoplossing te plaatsen. Een zeer klein staal kan genomen worden van het object en kan drijven in verschillende oplossingen. Al de polyolefins (PE, PP) zullen drijven in water. De aanwezigheid van vulmiddelen zullen de specifieke zwaartekracht van het staal doen wijzigen, maar hier is rekening mee gehouden in de referentietabellen. Deze referentietabellen staan in de bijlage op 169. Kunststoffen in schuimvorm kunnen bij deze test niet gebruikt worden.

Omdat solventen kunststoffen op verschillende manieren kunnen aantasten, kan het begrijpen van de interacties die het staal aangaat met een solvent handig zijn voor het identificeren van een kunststof.

Solventen kunnen het materiaal doen zwellen, de weekmakers eruit trekken of zelfs geheel oplossen. Bij broze thermoplastische kunststoffen kunnen ze stresscracking veroorzaken.

De complexe effecten van fysische en/of chemische actieve stoffen bij kunststoffen worden dikwijls beïnvloed door verschillende kleine veranderingen in compositie, duur en temperatuur van de interactie. Hierdoor is het aangeraden om na de uitvoering van de oplosbaarheidstest op verschillende momenten te controleren wat het resultaat is.

Doorschijnende, glazen medicijnflesjes die met een dop van polyethyleen worden afgesloten, worden gebruikt voor het combineren en observeren van, een op maat gemaakt, staal in een solvent. Laat het staal in het flesje vallen met een solvent in, verzegel het flesje met de dop en schud voorzichtig met de inhoud. Reacties, zoals veranderingen in kleur, vorm, textuur zouden nagekeken moeten worden na 10 minuten, 1 uur en 24 uur.¹⁵

Verdere gegevens voor het ondernemen van deze tests staan in de bijlage op de pagina's van 167 tot 171.

¹⁵ Blank S., "Practical answers to plastic problems", Los Angeles County of Art, U.S.A.

Beilstein test

Toepassing

De Beilstein test is een pyrolyse test die wordt gebruikt om chlorine te detecteren in vinyls: Polyvinylchloride, (PVDC), Hydro gechlorineerde rubbers, en chloropreen, op rubber gebaseerde adhesieven.

Vereiste materialen



- Koperen draad (midden)
- Klein stukje balsahout of kurk (midden)
- Alcohol- of bunsenbrander (rechts)
- Bekend staal PVC (links)

Methode

De koperen draad moet volledig vrij van contaminaties zijn. Voor elke test moet een nieuw stuk draad gebruikt worden. Snijd een stuk koperen draad van het spoel af. Steek een stuk van de draad in een stukje balsahout of kurk. Verhit het andere einde van de draad in een vlam van een alcoholbrander totdat de draad rood wordt. Raak met de rode, hete kant het staal even aan en plaats de koperen draad daarna weer in de vlam. Wanneer er nu een groen/blauwe kleur verschijnt, bevat het staal chlorine.¹⁶

Interpretatie

De test kan evenzeer gebruikt worden om thermoplastische kunststoffen te identificeren. Deze kunststoffen smelten wanneer ze in contact komen met de rode, hete koperen draad, terwijl thermohardende kunststoffen niet zullen smelten. Zelfs als deze test negatief is, wat betreft de aanwezigheid van chlorine, geeft de test toch andere bruikbare informatie over het type van kunststof. Hydro gechlorineerde rubbers kunnen verward worden met ge vulcaniseerd rubber omdat ze eenzelfde voorkomen hebben. Toch zullen de ge vulcaniseerde rubbers een negatief resultaat geven bij de loodacetaat test (zie loodacetaat test in bijlage op pag. 171). Bepaalde, op rubber gelijkende PVC's, kunnen verward worden met rubber hydrochlorides. Wanneer men twijfelt, kan men de koolstof tetrachloride oplosbaarheidstest uitvoeren. Rubber hydrochlorides zijn oplosbaar in tetrachloride, terwijl PVC hierin niet oplost. De Beilstein test kan niet gebruikt worden voor minerale chlorides.

¹⁶ <http://www.sphnhc.org/opencms/export/sites/default/spnhc/publications/linked> (10-08-'07)

Bepaalde vlamvertragers kunnen een vals positief resultaat produceren. Wanneer er twijfel rijst meet dan de pH van de verbrandingsdamp in het pipet. PVC dampen zijn zeer zuur (pH \approx 0-1).

Aanbevelingen

Test de procedure eerst uit met een bekend staal. Aangezien het oppervlak van het testmateriaal (staal) beschadigd wordt, is het aangeraden een zo fijn mogelijke koperen draad te gebruiken en de brandzone zo te minimaliseren. Indien dezelfde draad wordt gebruikt voor volgende tests, snij het uiteinde van de koperen draad eerst af om een dubbele verontreiniging (1 van de vorige test, 1 van de daaropvolgende) uit te sluiten.

Illustraties



De koperen draad wordt verhit.

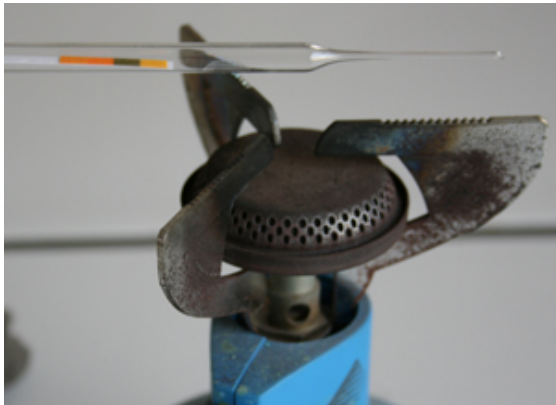


Het uiteinde van de koperen draad is rood geworden door Verhitting.

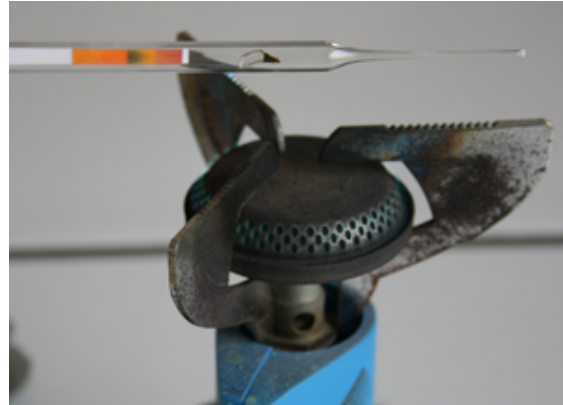
Deze test is uitgevoerd met een bekend staal, namelijk PVC. Toch is hier geen positief resultaat mee bekomen. Bij aanraking van de warme koperdraad met de kunststof smolt het staal, waaruit men wel kon vaststellen dat het om een thermoplast ging. Een reden waarom men geen kleurverandering in de vlam zag, kan zijn dat er een verkeerde soort brander is gebruikt.

Aangezien er geen positieve resultaten bekomen zijn, is er volgens de pyrolyse methode een pH meting uitgevoerd.

pH meting PVC



Een pasteur pipet voorzien van het staal van PVC en een pH indicatorstrip wordt boven de vlam gehouden.



Bij verbranding van het staal PVC bemerkt reeds een verkleuring van de pH.

Om toch een positief resultaat te bekomen over het soort kunststof is er een pH meting uitgevoerd volgens de pyrolise methode. Het staal is zelfvernietigend en bij uitvoering van de neustest kwam een geur van chloor vrij. Echter zijn alleen deze gegevens niet voldoende om de identificatie van de kunststof te bepalen.



Het staal is zeer snel opgebrand en al na 5 seconden had de pH indicator zijn definitieve verkleuring verkregen. Deze snelle verkleuring is te wijten aan de zeer zure dampen van PVC. Deze pH indicator is naast de referentietabel gelegd die bij de strips geleverd wordt. Indien men nu kijkt in de bijlage op pag. 168 naar de vrijgekomen pH waarden van kunststoffen in sheetvorm bij verhitting zie je dat de bekomen pH na pyrolise, namelijk ± 1 het dichts die van PVC, PVDC benadert, namelijk 0,0-0,5.

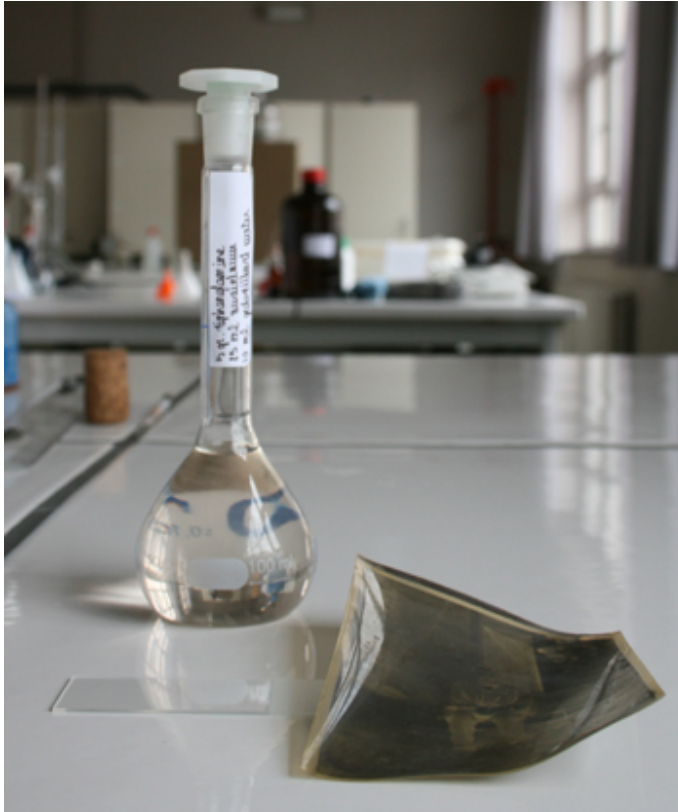
De pH van het verbrand staal PVC is ± 1 .

Diphenylamine test

Toepassing

Deze spottest wordt gebruikt om stikstofoxides te detecteren in cellulose nitraten (merknamen: Celluloid, Xylonite, Parkesine).

Vereiste materialen



- Microscopische glaasjes met mat glas (links onderaan)
- 5 g (w/v) diphenylamine in 85 ml geconcentreerd zwavelzuur en 10 ml gedestilleerd water (links bovenaan)
- Wegwerpbuisjes
- Bekend object uit cellulosenitraat (rechts onderaan)

Bij het maken van het reagens is het belangrijk eerst 5 g diphenylamine in 10 ml gedestilleerd water te vermengen. De diphenylamine lost niet op in het water maar wel in het geconcentreerde zwavelzuur. Het geconcentreerde zwavelzuur moet in zeer kleine hoeveelheden toegevoegd worden aangezien het gaat over een water - zuur vermenging en deze reactie warmte vrijlaat. Het flesje voelt warm aan nadat het mengsel klaar is, maar dit is normaal.

Methode

Wrijf voorzichtig met het oppervlak van het object (staal) over het mat glas van de microscopische slide. Breng een druppel van het reagens aan op het glaasje en wrijf deze (met een glazen staafje) over het mat glas. Een intense blauwe kleur duidt op een positief resultaat.^{17 18}

Interpretatie

Aangezien deze test zéér gevoelig is aan oppervlaktevervuiling kan een verkeerdelijk positief resultaat bekomen worden. Propere glaasjes zijn dus een vereiste voor deze test. Wanneer men twijfelt, kan men het resultaat bekijken onder een vergrootglas om ervan verzekerd te zijn dat het hele staal blauw gekleurd is.

¹⁷ <http://palimpsest.stanford.edu/byauth/fischer1.html> (4-10-'07)

¹⁸ http://www.ccq.mcc.gouv.qv.ca/formulaires/test_iode_ang.pdf (6-11-'07)

Aanbevelingen

Zwavelzuur is een sterke oxidant. Het is aangeraden om het object te verwijderen na staalname en een schort en handschoenen te dragen. Open de fles enkel om de gewenste hoeveelheid reagens te nemen. Voer de test, indien mogelijk, uit in een trekkast. Bescherm het werkoppervlak.

Dit reagens kan voor een aantal jaar bewaard worden in een glazen potje.

Illustraties



cellulosenitraat



cellulose-acetaat

Een druppel van het reagens wordt op het staal aangebracht.



cellulose-nitraat



cellulose-acetaat

De druppel verspreid zich over het staal.



cellulosenitraat



cellulose-acetaat

Bij cellulose-nitraat ontwikkelt zich een felblauwe kleur. Bij cellulose-acetaat ontwikkelt zich een rode kleur.

Bij uitvoering van deze test is er een duidelijk positief resultaat gekomen door de ontwikkeling van de felblauwe kleur bij cellulosenitraat. Het is wel aangeraden om de kleurontwikkeling op te blijven volgen bij cellulosenitraat aangezien de kleur na een kwartier overging van felblauw naar lichtgroen. Deze kleurverandering is vermoedelijk te wijten aan het feit dat het gebruikt staal voor cellulosenitraat reeds oud was en vergeeld. Het gele staal samen met de blauwe kleur maakt groen.

Het staal van cellulose-acetaat verkreeg een rode kleur. Om na te gaan of elk ander staal, buiten cellulosenitraat, een rode kleur verkrijgt, is er een derde test uitgevoerd met PVC.



PVC

Een druppel van het reagens wordt op het staal aangebracht.



PVC

De druppel verspreid zich over het staal.



PVC

Bij PVC is er geen kleurverandering merkbaar.

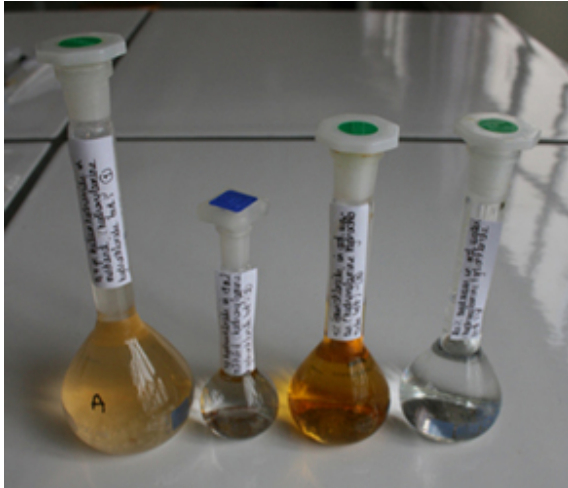
Enkel cellulosederivaten indiceren een kleurverandering. Bij een felblauwe kleurontwikkeling weet men dat het over een staal van cellulosenitraat gaat. Indien er twijfel rijst, kan men de KI Starch test uitvoeren (pag. 37-41), de hydroxylamine hydrochloride test (pag. 32-33) of de Molish's test (pag. 34-36).

Hydroxylamine hydrochloride test

Toepassing

Deze test duidt de aanwezigheid aan van esters en acetaat ionen. Het is nuttig voor de identificatie van objecten vervaardigd uit cellulose acetaat en polyvinylacetaat kunststoffen.

Vereiste materialen



- Oplossing 1: 5,7 g 1 N kaliumhydroxide in 100 ml methanol (uiterst links)
- Oplossing 2: 0,9 g gesatureerd hydrochloride (zoutzuur) in 19 ml methanol (links)
- Oplossing 3: 1% (w/v) ijzerchloride in water (rechts)
- Oplossing 4: 20% (v/v)hydrochloric zuur (uiterst rechts)
- Wegwerpbuisjes
- 3 of 5ml testbuisjes
- Per 1 ml gegradueerde pipetten of tuberculine spuit

Methode

Het staal zou zo groot moeten zijn als een speldenkop. Plaats het staal in de testbuis. Voeg 1 ml van oplossing 1 toe en 2 druppels van oplossing 2. Schud hiermee, wacht drie minuten en voeg dan nog 2 druppels van oplossing 3 toe. Schud en voeg in totaal tot 10 druppels toe van oplossing 4, waarna na elke toevoeging van 1 druppel er geschud moet worden. Er zou een violet-rode vloeistof moeten verschijnen indien de test positief is. Een gele kleur duidt een negatief resultaat aan.¹⁹

Interpretatie

Cyanoacrylaat en cellulosenitraat zouden een vals positief geven, hoewel de diphenylamine test voor nitraat ionen, cellulosenitraat al zou hebben moeten elimineren. Het kan moeilijk zijn een onderscheid te maken tussen cyanoacrylaat en polyvinylacetaat –welke voornamelijk als adhesieven worden gebruikt- bij de hydroxylamine test. Een pyrolysis test kan uitgevoerd worden om een onderscheid te maken aangezien cyanoacrylaat een thermohardende kunststof is en niet smelt en polyvinylacetaat een thermoplast is en dus wel smelt.

Aanbevelingen

Deze test is destructief en behoeft een relatief groot staal. We raden dan ook aan om het staal voor een tweede test gebruiken. Aangezien de proportie van het reagens cruciaal is om deze test correct uit te voeren, is het belangrijk om eerst een teststaal te gebruiken en pas daarna op een staal van het echte kunstwerk te werken. De hydroxylamine hydrochloride oplossing is gevoelig aan licht. Het zou moeten bereid

¹⁹ Coxon, H. C. 1993. "Practical Pitfalls in the Identification of Plastics." In Saving the Twentieth Century: The Conservation of Modern Materials, Proceedings of a Conference: Symposium 91 - Canadian Conservation Institute

worden in een donker medicijnflesje en eerst uitgetest worden op een bekend staal. Bepaalde reagentia zijn corrosief, terwijl andere toxisch zijn. Voorzorgsmaatregelen moeten dus getroffen worden zoals het dragen van handschoenen en een schort. Vermijd ook het inhaleren van de methanol dampen.

Illustraties



oplossing 1



oplossing 2



oplossing 3



oplossing 4



eindresultaat

Hoewel ik ben vertrokken van een bekend staal, namelijk cellulose-acetaat, is de rode-violet kleurstof welke de aanwezigheid van acetaat ionen aangeeft, niet bekomen. De reden hiervoor is oplossing 1, de kaliumhydrxyde die reeds zeer oud was en niet volledig oploste.

Molisch's test

Toepassing

Deze test wordt gebruikt om cellulose en gemodificeerde cellulose (cellulosenitraat en cellulose acetaat) te detecteren, welke gedifferentieerd worden door de kleur van de reactieproducten. Hout, papier en katoen geven een positieve reactie. De resultaten worden bekomen door de spottest methode.

Vereiste materialen



- Microscopische glaasjes met mat glas
- oplossing 1: 2% (w/v) 1-Naphtol in (gedenatureerd) ethanol (links)
- oplossing 2: Geconcentreerd zwavelzuur (rechts)
- Wegwerpbuisjes

Methode

Wrijf voorzichtig met het oppervlak van het object (staal) over het mat glas van de microscopische slide. Druppel een druppel van de Naphtol oplossing op het staal. Wanneer de ethanol verdampt is, breng je een druppel van het zwavelzuur aan op het mat glas en wrijf erover. Rood indiceert de aanwezigheid van cellulose acetaat en een gediffuseerde geelgroene kleur is karakteristiek voor cellulosenitraat.²⁰

Interpretatie

Wanneer er hout als vulmiddel gebruikt is, kan een vals positief bekomen worden. Doorschijnende harsen, zoals celluloseharsen bevatten geen vulmiddelen en zullen dus ook geen vals positief geven. Deze test kan geen onderscheid maken tussen cellulosenitraat en acetaat fotografische films.

Aanbevelingen

Aangezien dit een minimaal destructieve test is, kan men hetzelfde staal vooraf best gebruiken voor de hydroxylamine test. 1 Naphtol is zeer giftig voor mensen (carcinogeen en teratogeen) en zwavelzuur is zeer corrosief. Voorzorgsmaatregelen moeten dus getroffen worden zoals het dragen van handschoenen en een schort.

²⁰ Saunders, K.J., "The identification of Plastics and Rubbers," Chapman & Hall, 1966

Het is ook aangeraden om het object te verwijderen meteen na staalname. Open de flessen enkel om de gewenste hoeveelheid reagens te nemen en bescherm het werkoppervlak.

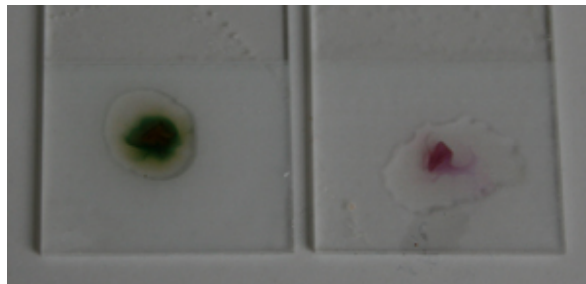
Illustraties



cellulosenitraat cellulose-acetaat
Oplossing 1 wordt aangebracht.



cellulosenitraat cellulose-acetaat
Na verdamping van de ethanol uit oplossing 1,
wordt het geconcentreerd zwavelzuur erop gedruppeld.



cellulosenitraat cellulose-acetaat
Het cellulosenitraat staal geeft een groene verkleuring
terwijl het cellulose-acetaat staal een rode verkleuring geeft.

Met deze tests zijn er positieve resultaten bekomen. Cellulosenitraat krijgt een groene verkleuring terwijl cellulose-acetaat een rode verkleuring krijgt.



PVC
Oplossing 1 wordt aangebracht.



PVC
Na verdamping van de ethanol uit oplossing 1,
wordt het geconcentreerd zwavelzuur erop gedruppeld.



PVC
Oplossing 1 wordt aangebracht.

Naast cellulosenitraat en cellulose-acetaat is PVC uitgetest om na te kijken wat er met een staal gebeurt dat geen cellulose bevat. Dit gaf een lichtjes rode verkleuring van de vloeistof. Bij een staal waarbij cellulose aanwezig is, verkleurt het staal ook en niet enkel de vloeistof.

KI-Starch Test

Toepassing

Deze test identificeert cellulosenitraat fotografische films. Resultaten worden verkregen via de pyrolise methode.

Vereiste materialen



- KI-Starch testpapier²¹ (links)
- Pasteur pipet (rechts met testpapier in)
- Gedemineraliseerd water
- Alcohol of bunsenbrander
- Plasticine
- Pincet
- Schaar

Methode

Smelt in de vlam van de alcoholbrander of bunsenbrander het capillaire einde van de pipet toe. Pasteur pipetten met fijne uiteinden zijn het makkelijkst te sealen. Knip met een schaar een miniscuul staal af van de boord van het negatief. Met een fijn pincet plaats je het staal in het capillaire einde van de pipet. Bevochtig het testpapier met gedeïoniseerd water voordat je het testpapier in de pipet brengt. Buig een einde van de teststrip, breng het in de pipet en houd het op zijn plaats met plasticine, wat tevens als afsluiting fungeert. Steek de pipet in de vlam van de alcoholbrander of bunsenbrander en verwijder deze uit de vlam wanneer het staal gesmolten is. Houd het pipet horizontaal zodat de verbrandingsdampen in contact komen met het testpapier. Binnen een paar seconden reageert het testpapier met de dampen. Een donkerblauwe kleur verschijnt indien de test positief is. Als het testpapier niet van kleur verandert is het resultaat negatief.

Bij deze test vindt er een redoxreactie plaats tussen de kaliumiodide en de verbrandingsdampen van de cellulosenitraat. De afgesloten en vochtige ruimte activeert de vorming van een oplosbaar reactief iodide complex wat de iodine toelaat het Starch papier donkerblauw te kleuren.²²

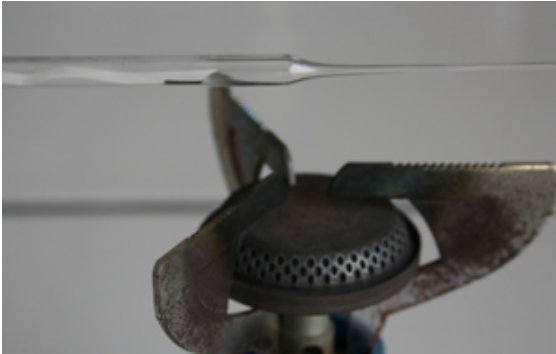
²¹ <http://www.fisher-ci.com> (01-03-2008)

²² Paper Conservation Catalogue. AIC Book and Paper Group., "Spottest"

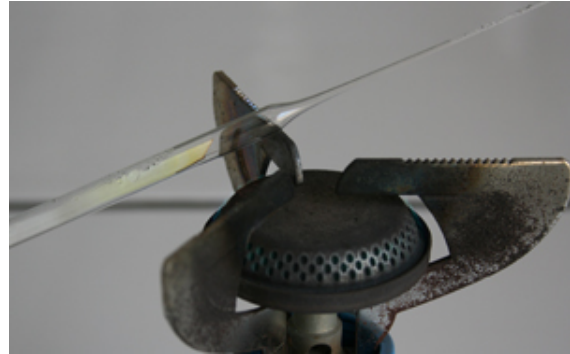
Aanbevelingen

Deze test is nuttig indien het niet mogelijk is de aanwezigheid van cellulosenitraat op een andere manier te detecteren. Deze test is niet toxisch. De kleine hoeveelheid van het staal verhindert een explosiegevaar. Het testpapier moet droog en donker bewaard worden in een afgesloten omgeving. Onder deze voorwaarden is het papier minstens 4 jaar houdbaar. Indien men twijfelt, kan men eerst een test uitvoeren met een bekend staal.

Illustraties



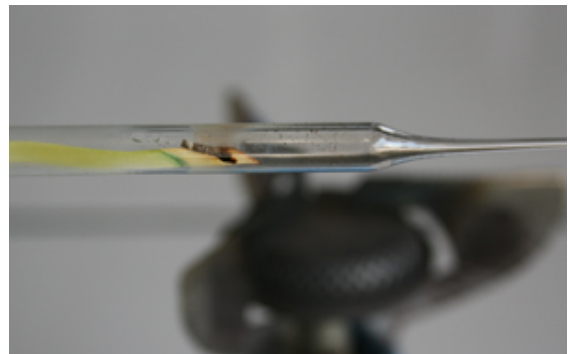
De pasteur pipet met het cellulosenitraat staal wordt boven de vlam gehouden.



Het testpapier verkleurt wanneer er verbrandingsdampen beginnen vrij te komen.

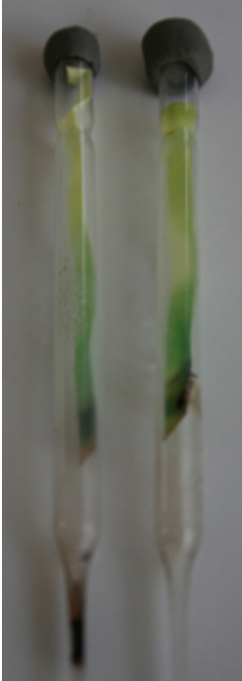


Het testpapier verkleurt wanneer er verbrandingsdampen beginnen vrij te komen.



Het staal van cellulosenitraat heeft zichzelf vernietigd.

Het testpapier gaat van een gele naar een groene kleurverandering. De beschreven blauwe kleur wordt niet bereikt. Daarom wordt dezelfde test nog één maal uitgevoerd met cellulosenitraat. Ook na de uitvoering van de tweede test blijft het testpapier een groene kleurverandering geven. Andere soorten kunststof worden ook uitgetest, waaronder cellulose-acetaat en PVC, welke niet zouden mogen verkleuren.



De resultaten na de uitvoering van de test met twee stalen cellulosenittraat



cellulose-acetaat

De pasteur pipet met het cellulose-acetaat wordt boven de vlam gehouden.



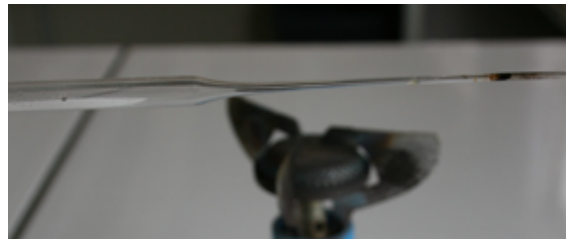
cellulose-acetaat

Het testpapier verkleurt niet wanneer staal er verbrandingsdampen beginnen vrij te komen



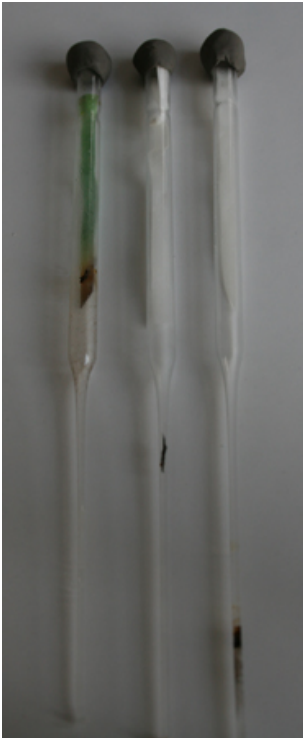
PVC

De pasteur pipet met het cellulose-acetaat wordt boven de vlam gehouden.



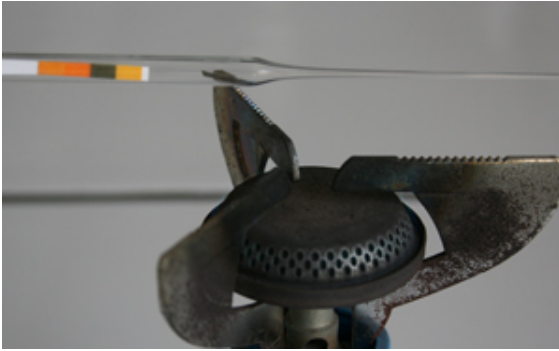
PVC

Het testpapier verkleurt niet wanneer staal er verbrandingsdampen beginnen vrij te komen

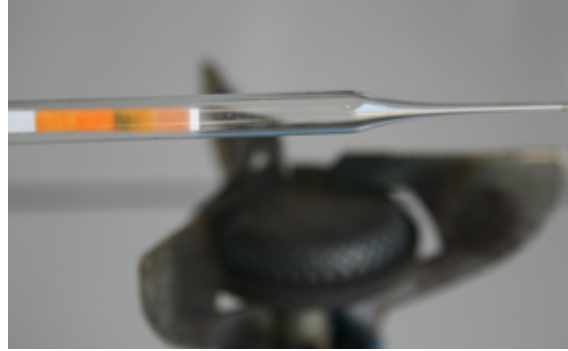


De resultaten na de uitvoering van de testen. De linkse pasteur pipet bevat cellulosenitraat, de middelste cellulose-acetaat en de rechtse PVC. Het testpapier is enkel verkleurd bij het cellulosenitraat staal.

pH meting cellulosenitraat



Een pasteur pipet voorzien van het staal van CN en een pH indicatorstrip wordt boven de vlam gehouden.



Bij verbranding van het staal CN bemerkt men reeds een verkleuring van de pH.



De verkregen pH van CN is ± 4 . Dit komt overeen met de referentietabel op pag. 168 Deze geeft een te verkrijgen pH aan tussen de 4 en de 5.

De pH van het verbrand staal CN is ± 4 .

Dimethylaminobenzaldehyde test

Toepassing

Deze test wordt gebruikt om polyamide (nylon), polycarbonaat en polyurethaan met azijnzuur te detecteren.

Vereiste materialen



- Pasteur pipetten
- Katoenen watjes
- Wegwerp-buisjes
- Brander
- Plasticine
- Methanol

- Oplossing 1: 14% (w/v) p Dimethyl- aminobenzaldehyde in methanol
- Oplossing 2: geconcentreerd zoutzuur (voor polyamide en polycarbonaat) OF geconcentreerd azijnzuur (voor polyurethaan)

Methode

Smelt in de vlam van de brander het capillaire einde van de pipet toe. Pasteur pipetten met fijne uiteinden zijn het makkelijkst te sealen. Een staal ter grootte van het puntje van de i is zeker voldoende. Plaats dit staal in de pipet. Druppel 2 druppels van oplossing 1 en twee druppels van oplossing 2 op een katoenen watje en plaats het katoenen watje in de pipet. Seal de pipet met plasticine. Verhit het staal over de vlam van de alcoholbrander. Als de katoenen doek blauw of rood-violet wordt dan is het staal een polyamide of een polycarbonaat. Deze twee polymeren zijn zeer verschillend en kunnen niet verward worden. Deze test is dus zeer bruikbaar voor een onderscheid te maken tussen polystyreen of acryl van polycarbonaat of polyester van nylon. Wanneer deze test wordt uitgevoerd met azijnzuur kan deze test polyurethaan detecteren aan de hand van een gele kleur.²³

Interpretatie

Polyester, polyethyleen en polystyreen geven geen gekleurde reactieproducten. Deze test kan een vals positief geven als er proteïnen aanwezig zijn. Er is vastgesteld dat indien er geen p-Dimethylaminobenzaldehyde wordt toegevoegd, de polycarbonaten reageren met het hydrochlorisch zuur en dat zij een rode damp krijgen. Wanneer polyurethaan brand, produceert het een dikke bruine rook terwijl polyamides transparant worden en niet roken.

²³ Saunders, K.J., "The identification of Plastics and Rubbers," Chapman & Hall, 1966

Aanbevelingen

Zoutzuur is zeer corrosief. Voorzorgsmaatregelen moeten dus getroffen worden zoals het dragen van handschoenen en een schort. Het is ook aangeraden om het object te verwijderen meteen na staalname. Open de flessen enkel om de gewenste hoeveelheid reagens te nemen en bescherm het werkkoppervlak. Vermijd het inhaleren van de methanoldampen.

Illustraties



Pastuer pipet met PA in, reeds voorzien van de juiste reagentia.



resultaat na 4 dimethylaminobenzaldetesten met PA. Het meest linkse resultaat benadert een positief resultaat.

De pasteur pipet bevat als kunststof polyamide en is voorzien van oplossing 1 en oplossing 2.

Er zijn vier dimethylaminobenzaldehyde testen uitgevoerd met polyamide om de blauwe of rode violette kleur te verkrijgen. Enkel de laatste test (foto 2, links) is voorzien van een ietwat rode kleur. Toch is dit zeker niet voldoende.

pH metingen Polyamide en Polyurethaan



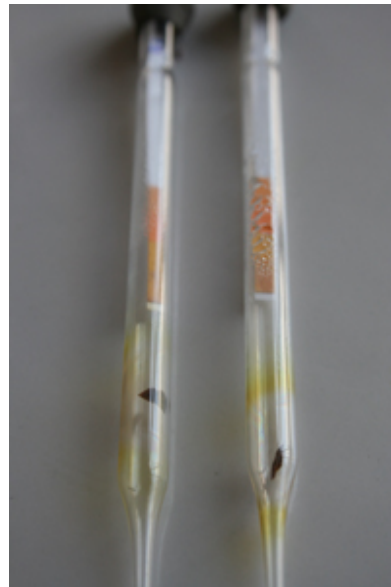
De pH van het verbrand staal PA is ± 5 .

Indien men de verkregen pH van PA, namelijk ± 5 , vergelijkt met de referentietabel op pag. 168 bemerkt men dat deze pH veel te laag is. Men zou een pH moeten bekomen tussen de 8-10.

Indien men de verkregen pH van PU, namelijk ± 4 , vergelijkt met de referentietabel op pag. 168 bemerkt men dat deze pH zich wel correct situeert, namelijk tussen de 4 en de 5.



De pH van het verbrand staal PU is ± 4 .



Uitzicht van de pasteur pipet na verbranding van het staal. Bemerkt de gele verkleuring aan de binnenkant van de pasteur pipet.

Besluit

Bekende stalen zijn nodig als controle. Ze worden gebruikt om de techniek onder de knie te krijgen en om er zeker van te zijn dat de reagentia nog steeds effectief zijn. Elke test zou moeten voorafgegaan worden met een referentiestaal. Indien men een positief resultaat verkregen heeft met het referentiestaal kan men daarna best een test uitvoeren met een staal waarmee men geen positieve resultaten kan bekomen. Zo heeft men een duidelijk voorbeeld hoe een positief en hoe een negatief resultaat eruit ziet.

Hoewel er steeds met referentiestalen gewerkt is, zijn niet alle testen geslaagd, zoals de Beistein test, de Hydroxylamine hydrochloride test en de Dimethylaminobenzaldehyde test. Voor deze twee laatste testen zijn er veel verschillende mengsels nodig. De kans dat er één van deze oplossingen niet meer werkzaam is, is groter dan wanneer er slechts drie of minder oplossingen vereist zijn. Ook is het moeilijk te achterhalen welk van de oplossingen niet meer werkzaam is.

Dit duidt nogmaals op de belangrijkheid van het uitvoeren van een allereerste test met een bekend staal.

Indien er geen positief resultaat bekomen is, kan men steeds andere testen ondernemen, zoals een pH meting volgens de pyrolise methode, welke naast de pH ook het verbrandingsgedrag en de geur kan indiceren, of een oplosbaarheidstest of een dichtheidstest. Ik raad aan steeds meerdere testen te ondernemen.

Zeker voor de identificatie van de cellulose-esters heb ik door een uitvoering van de Diphenylamine test, de KI Starch test en de Molish's test goede resultaten verkregen, welke een identificatie kunnen garanderen.

Echter is het identificeren van kunststoffen vaak gecompliceerd door de aard van het materiaal, welke een copolymeer of mengsel kan zijn van verschillende polymeren, of vulmiddelen, plasticizers, stabilisatoren, kleurmiddelen, etc kan bevatten.

Hoewel deze testen niet alle kunststoffen kunnen identificeren, zijn ze toch simpel, effectief en geschikt om de identiteit van een aantal soorten kunststoffen te helpen bepalen.

2.4 Instrumentale analytische methodes

Instrumentale analyses behoeven, zoals in de inleiding reeds beschreven, specialisten en kostbare analytische instrumenten en niet alle musea, galeries of archieven hebben hun eigen wetenschappelijk team. Maar naast de uitvoering van niet analytische tests, zoals hierboven beschreven, is het soms mogelijk om experts vanuit een ander museum, centrale faciliteit of academisch instituut om hulp te vragen.

Aangezien deze paper zich vooral toespitst op de niet-analytische tests vond ik het toch belangrijk een tabel toe te voegen waarin men kan opzoeken welke analytische methode het best geschikt is voor welk materiaal.

Referentietabel voor mogelijke analytische methodes										
	DSC	FTIR	FT RAMAN	(py) GC-MS	GPC	IC	SEM-EDX	TGA	XRD	XRF
Organische Samenstellingen	v	v	v	v	v	v	x	v	x	x
Anorganische Samenstellingen	x	•	v	x	x	v	v	x	v	v
Kunststof identificatie	x	v	v	v	x	x	x	x	x	x
Laminaat identificatie	•	•	•	v	x	x	x	x	x	x
Plasticizer identificatie	x	v	v	v	x	x	x	x	x	x
Anorganisch vulmiddel identificatie	x	•	v	x	x	x	v	x	v	v
Organisch vulmiddel identificatie	x	•	•	v	x	x	x	x	x	x
Andere organische additieven	x	•	•	v	x	v	x	x	x	x
Andere anorganische additieven	x	•	•	x	x	v	v	x	v	v
Organische degradatie-producten	x	v	v	v	x	v	x	x	x	x
Anorganische degradatie-producten	x	•	v	x	x	v	v	x	v	v
Gasachtige degradatie-producten	x	x	x	v	x	x	x	v	x	x
Kunststof degradatie	v	v	v	v	v	x	x	•	x	x
Plasticizer verlies	x	v	•	v	x	x	x	v	x	x
Vulmiddel degradatie	x	x	x	x	x	v	v	x	•	v

Legende:

Geschikt: V
Mogelijk: •
Niet geschikt: X

DSC: Differential Scanning Calorimetry
FTIR: Fourier Transform Infrared Spectroscopy
FT RAMAN: Fourier Transform Raman Spectroscopy
GC-MS: Gas Chromatography-Mass Spectrometry
Py GC-MS: pyrolysis Gas Chromatography-Mass Spectrometry
GPC: Gel Permeation Chromatography
IC: Ion Chromatography
SEM-EDX: Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy
TGA: Thermogravimetric Analysis
XRD: X-Ray Diffraction
XRF: X-Ray X

Voor een identificatie te garanderen van het kunstwerk van Carla Accardi is er in het ICN (Instituut Collectie Nederland (Amsterdam)), door Senior Conservation Researcher Thea Van Oosten, analytisch onderzoek uitgevoerd, meer specifiek Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR).

FTIR is de meest gebruikte techniek voor de identificatie van hoofdzakelijk organische componenten van een kunststof. Degraderingsproducten die zich op het oppervlak hebben afgezet kunnen geanalyseerd worden, veranderingen in de bindingen van het polymeer kunnen geïdentificeerd worden en een verlies aan plasticizer kan gemonitord worden. Echter is het onmogelijk om additieven, zoals vulmiddelen, kleurstoffen of stabilisatoren te detecteren indien de concentraties van deze additieven onder de detectielimiet liggen van de spectrometer (dit is voor iedere spectrometer verschillend). FTIR is ook niet geschikt voor het identificeren van samengestelde kunststoffen (of gelamineerde kunststoffen) omdat de hoofdzakelijke spectrale eigenschappen die een component identificeren dan verdoezeld worden door de eigenschappen van een ander belangrijk component. Indien men een zeer dik staal kan verkrijgen kan men een dwarsdoorsnede maken en elke laag apart analyseren.

Het standaard staal, dat een gewicht moet hebben van ongeveer 5 mg, wordt vermengd met kaliumbromide en onder een disc geperst.

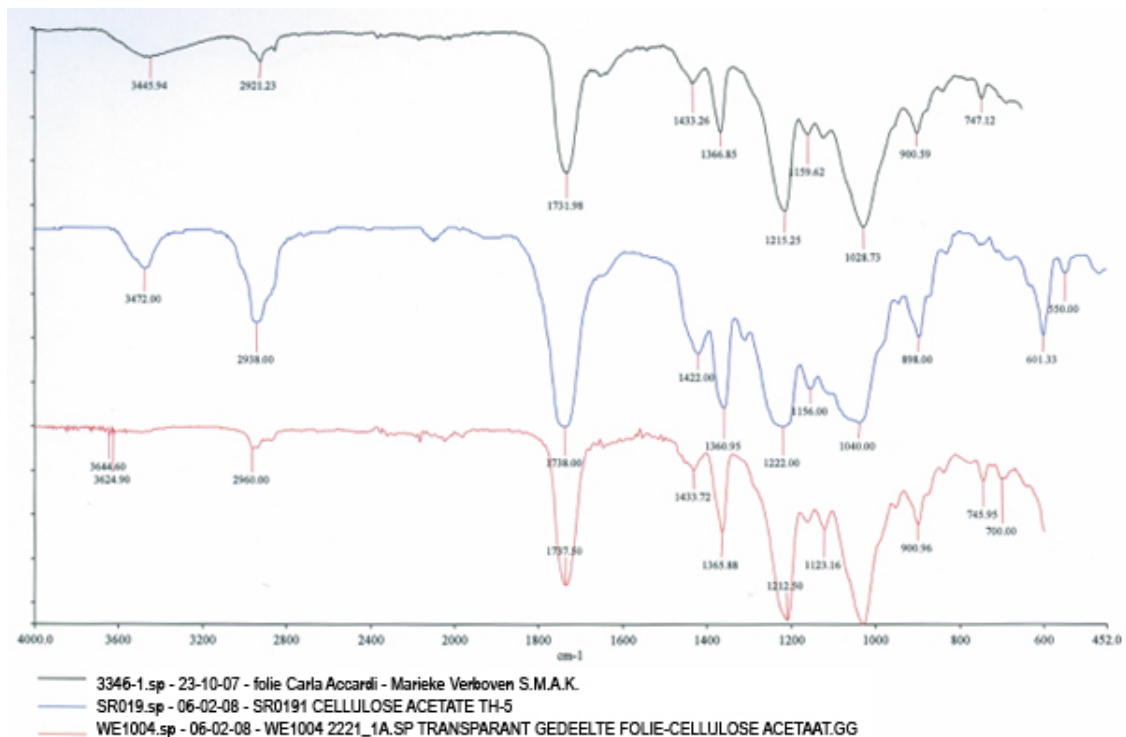
Het staal wordt dan blootgesteld aan de golflengte van infrarood licht, dat wordt uitgezonden via een warm filament in het toestel. De energie van het infrarode licht zorgt ervoor dat bepaalde chemische bindingen in het staal beginnen te vibreren. Elke golflengte van licht is gelijkgesteld aan een exacte hoeveelheid energie en vibratie. De golflengtes die de bindingen van het staal doen vibreren worden geabsorbeerd door het staal. Een detector vergelijkt de golflengtes van het infrarode licht in de originele straal met diegene die het staal niet geabsorbeerd heeft, door transmissie of reflectie. Deze informatie wordt berekend en gepresenteerd als een spectrum. Dit spectrum toont elke golflengte aan die door het staal geabsorbeerd werd en kan bekeken worden als een 'vingerafdruk' van dit materiaal. Dit onbekende spectrum wordt vergeleken met spectra van bekende kunststoffen, plasticizers en andere additieven of men zoekt op tabellen welke dezelfde absorptiebanden hebben dan die van het staal.²⁴

²⁴ Van Oosten Thea., "Plastics, Collecting and Conserving: analytical methods", NMS Publishing Limited, 1999

**FTIR onderzoek naar folie van kunstwerk
'A Ghent abbiamo aperto una finestra' van Carla Accardi**

Object: folie Monsterplaats: linkerluik, zijkant, tweede nietje onderaan Reden monstername: samenstelling Datum monstername: 10 oktober 2008 Apparatuur: Perkin Elmer Spectrum 1000 Aantal scan: 40 Methode: Reflection Diamond ATR unit	Monsternummer: 3346-1a Werknummer: 2008-004 Objectnummer: 3346 Doc. Map: D-2008-004 Filenaam FTIR: 3346-1a.sp Filenaam Word: ftir2008-004.doc Analysedatum: oktober 2007
--	--

Spectrum



Resultaat

Het spectrum van de folie heeft absorptiebanden die overeenkomen met absorptiebanden in het referentiespectrum van cellulose acetaat. Specifieke absorptiebanden in het referentiespectrum van cellulose acetaat zijn: 1737, 1433, 1366, 1213, 1123, 901, 747 cm⁻¹

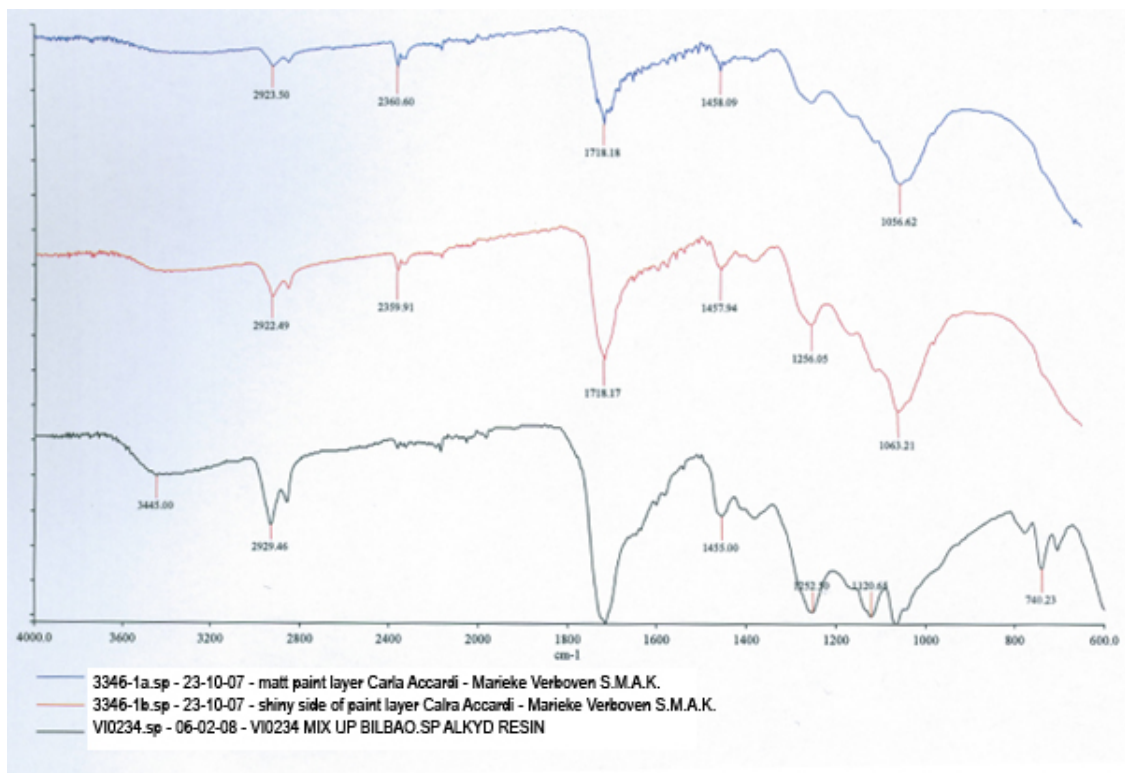
Conclusie

De folie gebruikt voor het kunstwerk is cellulose acetaat.

**FTIR onderzoek naar verf van kunstwerk
'A Ghent abbiamo aperto una finestra' van Carla Accardi**

Object: verf op folie Monsterplaats: linkerluik, zijkant, onderaan Reden monstername: samenstelling Datum monstername: 10 oktober 2008 Apparatuur: Perkin Elmer Spectrum 1000 Aantal scan: 40 Methode: Reflection Diamond ATR unit	Monsternummer: 3346-1b Werknummer: 2008-004 Objectnummer: 3346 Doc. Map: D-2008-004 Filenaam FTIR: 3346-1b.sp Filenaam Word: ftir2008-004.doc Analysedatum: oktober 2007
---	--

Spectrum



Resultaat

Het spectrum van de verf op de folie heeft absorptiebanden die overeenkomen met absorptiebanden in het referentiespectrum van alkydhars verf.

Specifieke absorptiebanden in het referentiespectrum van alkydharsverf zijn: 1718, 1455, 1256, 1120, 1063, 740 cm-1

Conclusie

De verf op de folie is een alkydhars verf.

Deel 3: Geschiedenis en toepassingen van de cellulose-esters

3.1 Cellulose-esters (en voorgaande) in de commerciële wereld

3.1.1 Natuurlijke plastics

Hoewel de grote meerderheid van synthetische kunststoffen pas ontwikkeld is na 1920, zijn samenstellingen uit 'plastic' al sinds de oudheid gebruikt. Natuurlijke plastics komen veel voor in de natuur en men is ervan overtuigd dat de vroege civilisaties reeds kennis hadden over de natuurlijke plastics, waartoe onder andere de gomsoorten, harsen en wassen behoren.

In dit onderdeel wordt opzettelijk de term 'plastic' gebruikt. De term 'plastic' komt van het Griekse woord 'Plastikos', wat plooibaar betekent. Het woord 'kunststof' verwijst meer naar een synthetische grondstof en is in dit onderdeel niet toepasbaar.

Naast deze natuurlijke plastics werd hoorn, afkomstig van dieren ook gebruikt. Men had ontdekt dat kokend water of warmte, afkomstig van een vuur, deze plastic thermoplastisch maakt. In 1710 maakte Albert Obrisset, gevestigd in Londen, snuifdozen uit hoorn. Hij vervaardigde deze dozen in ongeveer 20 minuten. De tijd die



hij hiermee uitspaarde ten opzichte van zijn tijdgenoten heeft van hem een welvarende man gemaakt. Iets vóór Obrisset werden er ook sheets van dunne hoorn gebruikt als windscherm voor lantaarns. Na Albert Obrisset zijn dood werden hoef en hoorn, maar ook schildpad veelvuldig gebruikt voor de vervaardiging van broches, knopen, armbanden en nog vele andere kleine luxe-artikelen²⁵

Bril uit hoorn



Drie andere bijzonder plastics die vroeger veelvuldig gebruikt werden, waren schellak, gutta-percha en Bois Durci.

Schellak is afkomstig van een klein insect, de 'Coccus Lacca', van India en Zuid-Azië, welke in zeer grote hoeveelheden een harsachtige substantie afzet. Het werd gebruikt door de vroege civilisaties in vernis of als basis voor een lak. Vanaf ongeveer 1830 werd het gebruikt voor mallen, hoofdzakelijk voor kleine fotokaders en platen.

Plaat uit schellak

²⁵ C.J. Williamson, Polymers in Conservation, 150 years of Plastic Degradation, Royal Society of Chemistry, Cambridge, 1992



Gutta-percha is een natuurlijke gom die geëxtraheerd wordt uit de 'Palaguium boom van Malaya en Borneo, op dezelfde wijze dat rubber wordt verkregen. Deze gom wordt verwarmd in kokend water voor het gebruik met een mal te vergemakkelijken. Dr. W. Montgomerie introduceerde deze gom in 1834 als handvaten voor messen. Telefoonkabels werden ook gecoat met gutta percha voor onderwater connecties. Zo is de allereerste onderwaterkabel van Dover naar Calais in 1851 gecoat met gutta percha. Gutta Percha bleef in gebruik als kabelinsulator tot 1940, waar het vervangen werd door een synthetische kunststof.²⁶

Golfbal uit gutta percha

Een derde plastic is Bois Durci. Bois Durci is geen natuurlijke plastic, maar wel het vermelden waard. In 1855 werd het materiaal gepatenteerd door Lepage. Het wordt gemaakt uit een mengsel van fijn gemixt houtpoeder, van voornamelijk ebben- of rozenhout, dat gebonden werd door ei of bloed. Het mengsel droogt en wordt tot een fijn poeder gemalen waarna het in een verwarmde hydraulische pers wordt geplaatst. Het resultaat is een hoog gepolijst materiaal. Er werden o.a. klokken, boekcovers en knopen van gemaakt. Rond 1880 verminderde de productie.



Schrijfset uit Bois Durci

²⁶ http://www.zelfoaustralia.com/en/zelfo_history_plastics.shtml (20-01-2007)

Natuurlijke rubber (of caoutchouc) is ook een vervormbaar, plooibaar materiaal, maar



wordt nog bruikbaar wanneer het wordt ge vulcaniseerd met zwavel. Het zwavelverwarmende proces werd gepatenteerd door Charles Goodyear in 1839 en had als voordeel dat het materiaal hergebruikt kon worden. De eerste die dit materiaal geproduceerd had, onder de naam 'Ebonite' was Thomas Hancock. Later verscheen eenzelfde materiaal onder de naam 'Vulcanite'. Het verschil tussen deze twee, op rubber gebaseerde, materialen ligt hem in het productieproces, de handelsnaam en de samenstelling, waarbij aan Ebonite minder zwavel is toegevoegd.

Van deze materialen werden pijpen gemaakt, kleine luxe-artikelen, meestal in het zwart en ook isolatie voor elektriciteitsdraden.²⁷

Handschoenen uit rubber

²⁷ C.J. Williamson, *Polymers in Conservation, 150 years of Plastic Degradation*, Royal Society of Chemistry, Cambridge, 1992

3.1.2 Cellulosenitraat

Wanneer de chemici begonnen met het isoleren van de componenten van natuurlijke samenstellingen, ontdekte men dat sommige moleculen bestonden uit repeterende eenheden die aan elkaar gelinkt waren. De repeterende eenheden noemde men de monomeren en het geheel werd een polymeer genoemd. Pas in 1920 werden de geheimen ontdekt van deze complexe polymeren. Toch isoleerde de Franse chemicus, Payen, in 1839, cellulose uit hout en ontdekte zo de wetenschap van natuurlijk groeiende dingen.

In 1833 was het de Fransman 'Braconnet' die de eerste experimenten uitvoerde naar commerciële plastic materialen. Hij ontwikkelde een nieuwe substantie die hij 'Xyloidine' noemde en die gevormd werd door zaagsel en linnen op te lossen in nitraatzuur. Het was een snel brandende en onstabiele stof waarin hij geen commerciële waarde zag.

In 1846 ontwikkelde de Zwitserse chemicus 'Christian Schonbein' nitro-cellulose of schietkatoen door katoen op te lossen in nitraatzuur. Wanneer het opgedroogd was, waren de witte vezels in gecompriëerde vorm uiterst explosief. Hij ontdekte het militaire potentieel dat deze nieuwe substantie had en zo ook de overheid die aanmaande tot verder onderzoek.

De Fransman 'Frances Louis Menard' onderzocht in 1848 een ether-alcohol mengsel als solvent voor de nitro-cellulose en kwam tot een kleverig mengsel, wat hij 'colloid' noemde, later bekend als collodion. Dit materiaal had interessante eigenschappen als lak, adhesief of als coating voor metalen.

In Engeland ging men verder met het onderzoek over cellulose-nitraat en werd het op basis van zijn ontvlambare en onstabiele eigenschappen 'pyroxyline' genaamd. Het Engelstalige woord 'pyro' betekent 'vuur, warmte'²⁸.

Op de Eerste Wereldtentoonstelling, in het Crystal Palace in Londen van 1851²⁹, waren er slechts weinige voorbeelden zichtbaar van organisch gevormde producten of samenstellingen (exclusief: papier-maché, kool, en op textiel gebaseerde materialen). Het daaropvolgende jaar was hun kleine aantal gestegen tot over de vijftig. Er werden zes miljoen toeschouwers binnengelaten om de 29.000 verschillende producten te aanschouwen. In sectie C, klasse IV, stond 1112 stond Alexander Parkes (zie afbeelding)



met zijn gepatenteerde Parkesine mouldings. Terwijl de andere getoonde producten donker van kleur waren, bezat het materiaal van Parkes de meest schitterende kleuren. Alexander Parkes verkondigde dat het materiaal zo hard kon zijn als ivoor, transparant of opaak, met de gewenste graad van flexibiliteit en ook waterbestendig was, maar zoals de meeste van zijn concurrenten overdreef hij een beetje. Toch was het product van Parkes volledig nieuw, niet gebaseerd op een natuurlijk materiaal dat met of zonder een vulmiddel gevormd werd, maar gebaseerd op een chemische modificatie van een materiaal dat origineel geen kunststof is. Hij was vertrokken van cellulose, nitreerde dit met een mengsel van nitraat- en zwavelzuur, om cellulosenitraat te produceren, en door toevoeging van plasticizers werd het een vervormbare kunststof die nadat deze

verhit was, in koude toestand zijn vorm behield. De transformatie van rubber met zwavel wordt soms ook vermeld als de eerste semi-synthetische kunststof maar rubber is oorspronkelijk ook al vervormbaar en het vulcaniseren van de rubber is geen duidelijke chemische verwerking. Daarom is de 'Parkesine' van Parkes de eerste semi synthetische kunststof. Parkes concentreerde zich op het vinden van een

²⁸ http://www.zelfoaustralia.com/en/zelfo_history_plastics.shtml (04-10-2007)

²⁹ park.org/Pavilions/WorldExpositions/london.text.html (12-01-2008)

plasticisermengsel dat hem in staat stelde om de cellulosenitraat af te werken bij een veilige temperatuur.

Zijn patenten betrekken referenties tot plantaardige olie, nitrobenzole, aniline en kamfer. In 1866 richtte Parkes, samen met zijn manager Daniel Spill, het 'Parkesine' bedrijf op en vervaardigde er kammen, handvaten voor messen, ...

Zo werd cellulosenitraat de eerste kunststof die in gewone huishoudens zijn intrede nam. Zijn product was onvoldoende ontwikkeld en zijn bedrijf kelderde na 2 jaar. Toch zijn er nog vele gietvormen en stalen overgebleven van zijn vertoning op de Parijse expositie in 1867. Deze producten tonen een paar van de stabiliteitsproblemen aan. Sommige van de producten bevatten kamfer als plasticizer. Kamfer is de beste plasticizer voor cellulosenitraat. Moest Alexander Parkes zich geconcentreerd hebben op de productie en verkoop van hetgeen hij het best kon, had zijn bedrijf misschien niet ten onder gegaan. In de plaats daarvan reduceerde hij de materiaalkosten door gebruik te maken van een goedkopere kwaliteit van cellulose en door de productietijd in te korten. Hierdoor verminderde de productiekwaliteit en het bedrijf ging failliet. De controle over zijn bedrijf werd doorgegeven aan zijn manager, de Britse Daniel Spill³⁰ en Parkesine veranderde naar Xylonite in 1869 en naar Xylonite Ltd. in 1877, ditmaal in de handen van Merriam, Bennet & Mackay.

In 1899 bevatte hun catalogus meer dan 1.100 items, hadden ze meer dan 950 mensen in dienst en de jaarlijkse omzet bedroeg £182.519 met winsten van £8.596.³¹

In de V.S. had men John Wesley Hyatt die zijn eerste grote succes kende nadat hij had deelgenomen aan een wedstrijd voor het zoeken naar een vervanging voor de ivoren biljartballen. Vaak wordt vermeld dat hij deze wedstrijd ook gewonnen had, maar dat is niet zo.

Hij richtte een bedrijf op, genaamd 'Hyatt Billiard Ball Co' waar hij zijn substituut vervaardigde voor de ivoren biljartballen. Zijn mengsel bestond uit vezelpulp wat door schellak gebonden werd en een coating kreeg van Collodion.

In 1872 richtte hij samen met zijn broers een bedrijf op dat 'Celluloid' werd genoemd. De celluloid bestond uit een mengsel van nitro-cellulose en kamfer. De grote innovatie aan de productie van dit product was dat hij onder stoom verwarmde compressiemallen gebruikte. Dit bedrijf werd een groot succes.

Het was pas in 1884 dat men een nieuwe toepassing voor cellulosenitraat had gevonden, namelijk het vervangen van katoen in de kragen en manchetten van hemden. Dit was het eerste succesvolle product vervaardigd uit kunststof en het werd geïntroduceerd in de V.S., Frankrijk, U.K. en in Duitsland, in 1885. Deze vezels werden vervaardigd in Frankrijk, bij Chardonnet. Ook artificiële zijde werd vervaardigd en getoond op de Expositie in Parijs in 1889.³²

³⁰ C.J. Williamson, *Polymers in Conservation, 150 years of Plastic Degradation*, Royal Society of Chemistry, Cambridge, 1992

³¹ Quye A., Williamson C., "Plastics, Collecting and Conserving", NMS Publishing Limited, 1999

³² http://www.zelfoaustralia.com/en/zelfo_history_plastics.shtml (20-01-2007)

Tot dat cellulosenitraat op de voorgrond trad in 1870 waren bijna alle speelgoedpoppen breekbaar en fragiel (porselein, papier-maché en bijenwas). Het was daarom niet verassend dat poppenbedrijven al snel begonnen te experimenteren met cellulosenitraat . Tegen het begin van 1900 waren er poppen in overvloed doordat cellulosenitraat eenvoudig vormbaar was en niet zo kostelijk. De meeste poppen zijn vervaardigd tussen 1900 tot 1940. Niet enkel poppen, ook juwelen en andere kostbare materialen zoals ivoor (biljartballen) en schildpad werden al snel geïmiteerd met behulp van deze kunststof³³.



Pop uit cellulosenitraat
90 x 65 cm
± 1930
collectie museo Plart, Napels



Speelgoedeenden uit cellulosenitraat
85 mm
± 1940
collectie museo Plart, Napels

Cellulosenitraat maakte vanaf 1920 een impact in de verfmarkt, nadat er een methode was uitgevonden om de viscositeit ervan te verlagen en nadat het assortiment aan solventen groter werd. Dit, op cellulosenitraat gebaseerd mengsel werd pyroxylin genaamd en werd voornamelijk gebruikt als autoverf en als lak voor meubels. De reden van diens populariteit in de industrie, had meer te maken met zijn snelle droging dan met de duurzaamheid ervan. De markt van de huisverven nam dit medium snel over en verkocht het als een gloss 'enamel' verf voor binnenhuisdecoratie.³⁴

³³ <http://www.collectdolls.about.com>

³⁴ Crook J., Learner T, "The impact of Modern Paints: P. Blake, P. Caulfield, R. Hamilton, D. Hockney, J. Hoyland, R. Lichtenstein, M. Louis, B. Riley, F. Stella, A. Warhol," Tate Gallery, London, 2000

In 1890 werd de cellulosenitraat film die gegoten werd, geïntroduceerd door 'Eastmann Kodak'. De amateur fotografie was erg in de mode en deze filmrolletjes maakten dit mogelijk.



Originele tekening op cellulosenitraat van uit 'Sneeuwitje' van Disney



Deel van een filmrolletje cellulosenitraat

Cellulosenitraat werd ook gebruikt als cinematografische film totdat het in 1940 vervangen werd door cellulose acetaat. Dit komt doordat cellulosenitraat een nitratiegraad van 2.3 (schietkatoen 2.7) heeft en hoogst ontvlambaar en mogelijk onstabiel is. Toch was cellulosenitraat de meest gebruikte kunststof gedurende een periode van ongeveer zestig jaar.

3.1.3 Cellulose acetaat

De vroegste bereiding van cellulose-acetaat is toe te schrijven aan Schützenberger in 1865. Zijn methode bestond erin om katoen te verhitten met azijn anhydride in gesealde buizen tot een temperatuur tussen de 130°C en 140°C. De hevige reactie omstandigheden leiden tot een wit amorf polymeer. Het product was in een ver gevorderd degradatieproces en het proces was moeilijk controleerbaar. Verdere studies van Liebermann, Francimont, Miles, the Bayer Company en andere leiden tot meer gecontroleerde acetylatie processen met minder hevige reactie omstandigheden. In 1894 introduceerden Cross en Bevan cellulose acetaat.

Cellulose acetaat werd in een oplossing als lak gebruikt (dope) voor het verstijven en waterdicht maken van stoffen die gebruikt werden voor vliegtuigen op het eind van de Eerste Wereldoorlog.

De substantiële productievoorzieningen werden gerechtvaardigd door de oorlog. De productie van deze dope werd voorzien door 'the American Cellulose & Chemical Manufacturing Company', en werd in 1918 opgericht door Camille Dreyfus.



Na de oorlog ontwikkelde de 'The American Cellulose & Chemical Manufacturing Company' een alternatief voor zijde onder de naam 'Celanese', welk een op cellulose-tri-acetaat gebaseerde vezel was. De productie van deze vezel startte in 1924.³⁵

Deze vezels werden na de intrede van, op petroleum gebaseerde vezels, zoals nylon en polyester, minder geproduceerd. Nu worden ze nog gebruikt in stoffen als satijn, brokaat en zijde (taffetas) om de draperieën en schoonheid van de stof te accentueren.³⁶

Ensemble uit cellulose-tri-acetaatvezel

³⁵ <http://de.wikipedia.org/wiki/Celanese> (19-12-2007)

³⁶ <http://www.answers.com/cellulose%20acetate> (11-09-2007)



foto op cellulose-acetaat onder-grond

In 1908 introduceerde Eastmann kodak een cellulose-triacetaat film en rond 1910 nam de Dreyfus fabriek de productie over doordat ze een betere film konden leveren. Ze sloten een contract af met, de Franse Motion Picture pionier 'Pathé Frères'. Dit gaf een goed alternatief voor de ontvlambare en snel bekraste cellulosenitraatfilm. Het gebruik van de cellulose acetaat film voor de cinematografische film was echter een minder groot succes en werd rond 1980 grotendeels vervangen door polyester.

In 1919 produceerde Eishengrun een injectie moulding machine dat cellulose acetaat vorm kon geven. Een thermoplastisch materiaal werd kort hierna ontwikkeld dat vloeibaar genoeg was op een iets hogere temperatuur en dat onder druk in een gesloten mal gevormd kon worden en na afkoeling op kamertemperatuur toch nog stijf genoeg was. Dit werd mede bereikt door het gebruik van plasticizers, meer specifiek alkylftalaat en tri-fenyl fosfaat.

Tot de intrede van polystyreen en polyethyleen was cellulose acetaat (cellulose diacetaat) de meest gebruikte kunststof voor moulding.

Ander semi-synthetische kunststoffen gebaseerd op cellulose acetaat zijn cellulose acetaat butyraat, cellulose acetaat propionaat, cellulose propionaat en cellulose capraat. De gerelateerde materialen kwamen later op de markt, zijn taaier en hebben een betere weerstand tegen vocht. Ze worden slechts in zeer kleine oplage geproduceerd.³⁷

³⁷ Quye A., Williamson C., "Plastics, Collecting and Conserving", NMS Publishing Limited, 1999

3.2 Cellulose-esters in conservatie/restauratie

3.2.1 Cellulosenitraat

Cellulosenitraat met plasticizer werd het eerst gebruikt in de conservatie van objecten gedurende het eind van de 19e-eeuw. De auteur en restaurateur 'Posse'³⁸ vermeldt Zapon, wat een oplossing is van cellulosenitraat/kamfer in amyl acetaat voor de coating van antiek en voor het verstevigen van papier. Het bleef een eerste keuze als adhesief en consolidant en als coating voor vele toepassingen tot het begin van de 20ste eeuw. Het werd gebruikt als consolidant voor steen, aardewerk, muurschilderingen, pigmenten, planten, hout, algemeen organische materialen; als adhesief voor keramiek en als coat voor onstabiel glas, zilver en ijzer.

Reeds in de beginperiode dat men cellulosenitraat gebruikte werden er vragen gesteld over de stabiliteit van het polymeer en het effect van het polymeer op de objecten. Voor sommige doeleinden werd cellulosenitraat rond 1920 vervangen door cellulose acetaat en PVac. Hoewel er wordt vermeld dat het ook als vernis voor schilderijen werd gebruikt zijn er tot hiertoe slechts weinig voorbeelden van gevonden. Tot op de dag van vandaag wordt cellulosenitraat gebruikt als adhesief en voor het consolideren van aardewerk. Dit is waarschijnlijk doordat het makkelijk in gebruik is, handig verpakt en snel droogt. In veel gevallen is het na een lange periode van natuurlijk drogen en verouderen nog reversibel. Enig voorgesteld vervangingsmiddel zal dezelfde en betere eigenschappen moeten bezitten vooraleer cellulosenitraat volledig vervangen wordt.

Cellulosenitraat adhesieven die gebruikt worden in de conservatiewereld			
Product	Fabrikant	Plasticizer	Relatieve stabiliteit
Durofix	Rawplug	DBP (van voor 1946)	2
HMG Waterproof adhesive	Guest	DBP (+stabiliseerder)	3
Duco cement	Decon		5
Cement	Randolph		1
UHU Hart	Lingner	DBP	4

³⁸ Posse, O. "Handschriften-Konservierung", Dresden, 1899

3.2.2 Cellulose acetaat

Cellulose acetaat werd in de conservatiewereld eerst gebruikt zonder toevoeging van plasticizer, maar in een oplossing met aceton. Dit mengsel werd gebruikt om pigmenten op papier en steen te fixeren en als consolidant voor stof en andere materialen. In 1937 werd het voorgesteld als een mogelijke vernis. Cellulose-acetaat is in de conservatiewereld grotendeels vervangen door moderne materialen.

De grootste contributie van cellulose acetaat in de conservatiewereld was rond 1934 voor het lamineren van papier. Het warmte lamineringsproces houdt een verhitting in en druk tussen twee sheets cellulose acetaat. Twee vellen cellulose acetaat worden verhit en met druk tegen het papier (voor- achterzijde) gedrukt, zodat het polymeer in het papier kan vloeien. De substitutiegraad, het moleculaire gewicht, de zuiverheid van de cellulose acetaat, het type en de hoeveelheid plasticizer en de gebruikte stabiliseerders zijn bepaald door Wilson en Forshee in 1959. Sommige restauratoren voegden een doekje toe als versteviging. Lamineren kan ook uitgevoerd worden met een solvent in de plaats van met warmte. Met een doekje bevochtigd met aceton werd over de vellen van cellulose acetaat gewreven en dan werden de vellen tegen het papier aangedrukt.

Er zijn ook andere esters van cellulose geproduceerd, maar enkel cellulosenitrat en cellulose acetaat worden of werden gebruikt in de wereld van de conservatie. Cellulose butyraat en diens co-polymeren lijken niet gebruikt te zijn in de conservatiewereld.³⁹

³⁹ Horie C.V.

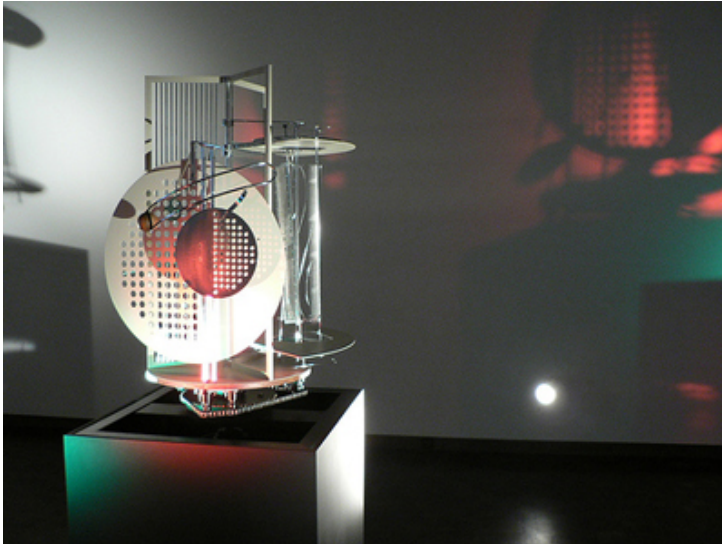
Materials for Conservation, Organic consolidants, adhesives and coatings, Butterworth-Heinemann Ltd., 1995

3.3 Cellulose-esters in de artistieke wereld

In dit hoofdstuk wordt kort toegelicht welke kunstenaars (inclusief Carla Accardi) zijn beginnen werken met kunststof en waarom.

De creatie van de schone en decoratieve kunst was tezelfdertijd ontstaan als de industriële productie van kunststoffen. In 1910-1920 hadden vele kunstenaars internationale uitwisselingen en waren ze op de hoogte van de nieuwe en moderne materialen, zoals cellulosenitraat en cellulose-acetaat. De Russische artiesten, Naum Gabo (Naum Neemia Pevsner) en zijn broer Antoine Pevsner, verbleven en werkten tijdelijk in Duitsland. Zij waren ook de eerste kunstenaars die experimenteerden met cellulosenitraat en cellulose-acetaat.

In de klassen van het Bauhaus was het Moholy Nagy die experimenteerde met deze materialen en welke die ook introduceerde naast de dominante en traditionele materialen.



*László Moholy Nagy, (1895-1946)
Light Space Insulator, 1930
Cellulose-acetate and aluminium, 120 x 120 cm.
Bush-Reisinger Museum, Cambridge*



*László Moholy Nagy, (1895-1946)
Leda and the Swan, 1946
PMMA, 16 x 12 cm.
IVAM, Generalitat Valenciana*

Na 1900 werd de basis van een gewijzigd idee omtrent het nieuwe materiaal opvallend dankzij de verhoogde belangrijkheid van het artistieke proces zelf. In 1910 gaf Henry van de Velde aan dat het materiaal zelf niet mooi was, maar dat het mooi werd dankzij de creatie van de kunstenaar.

Artiesten, zoals Archipenko (1887-1964), introduceerden materialen die normaal gezien niet gebruikt werden voor kunstwerken. Wanneer Archipenko in 1912 voor de eerste keer verschillende materialen in één sculptuur gebruikte, kwam dit doordat de plastische vormen die hij wou creëren niet konden vervaardigd worden uit meer gangbare en traditionele materialen. Het was de nieuwe vormenstijl die om een nieuw materiaal vroeg. Het nieuwe materiaal creëerde de nieuwe stijl niet. De manipulatie van het nieuwe materiaal was het resultaat, niet het doel (Archipenko, 1923). Ook andere generaties waren van deze statement gediend, zoals de constructivisten, de suprematisten, de futuristen en de kubisten. Deze kunstenaars integreerden moderne en voor de kunst onbekende materialen in schilderijen en sculpturen.

Op 11 april 1912 introduceerde Umberto Boccioni 'The Technical Manifesto of the Futuristic Sculpture' welk handelde over de nieuwe materialen en hun toepassingen. Het zogenoemde edele en traditionele materiaal moest vernietigd worden, ook marmer en brons. Het idee dat een sculptuur slechts uit één materiaal bestond werd ook verworpen. De beeldhouwer kan twintig of meer verschillende materialen in één beeldhouwwerk gebruiken indien het esthetische aspect van het sculptuur dit vereist. De materialen omvatten glas, hout, papier, cement, beton, haar, leder, textiel, spiegels, elektrische verlichting en nog vele anderen (Trier 1999).

Het gebruik van kunststoffen in kunstobjecten verliep geleidelijk aan. Vandaag is het niet duidelijk of de reden hiervoor een gebrek was van het nieuwe imitatiemateriaal aan culturele waarde of de onwetendheid over hun toepassingsmogelijkheden. Sinds 1915 werd Celluloid (cellulosenitraat met als weekmaker kamfer) geregeld gebruikt in sculpturen van de kunstenaars die behoren tot de groep van de Russische Avant-gardisten. Deze bewering is echter moeilijk te staven doordat de meeste van deze werken vernietigd of verloren zijn gegaan waardoor we ons enkel op foto's kunnen baseren. Op de foto's is het moeilijk een onderscheid te maken tussen glas en een transparante kunststof.

Toch wordt aangenomen dat Naum Gabo in 1910 de eerste kunstenaar was die cellulosenitraat gebruikte in zijn sculpturen tesamen met zijn broer Antoine Pevsner. Het materiaal werd eerder gekozen op basis van ideologische en esthetische voorschriften dan praktische overwegingen. Gabo was ervan overtuigd dat een kunstenaar de moderniteit moest omarmen, wat niet enkel nieuwe ideeën over de plaats en tijd van een sculptuur omvatten of de vormen die doen herinneren aan wetenschap en technologie, maar ook nieuwe industriële cultuur en diens nieuwe materialen, in het bijzonder kunststoffen. De beschikbaarheid van nieuwe en verbeterde kunststoffen (met een grotere helderheid en flexibiliteit) gaven de aanzet voor Gabo om exacte kopieën te maken van werken die voordien vervaardigd waren uit cellulosenitraat en -acetaat.⁴⁰

⁴⁰ <http://www.tate.org.uk/research/tateresearch/tatepapers/07autumn/lodder.htm> (20-03-2007)



Naum Gabo, (1890-1977)
Construction in Space with Crystalline Centre
 1938-1040
 Perspex and Celluloid
 324 x 470 x 220 mm
 Tate, London



Naum Gabo (1890-1977)
Model for 'Column'
 1920-1921
 Cellulose-nitrate
 143 x 95 x 95 mm
 Tate, London

Niet alleen Gabo en Pevsner, maar ook Archipenko en Moholy Nagy schakelden na 1943 over op ('Plexiglas' of 'Perspex' polymethylmethacrylaat). Alexander Archipenko schakelde pas over op PMMA na 1946. Van zijn werken uit PMMA, gecreeërd tussen 1947 en 1956, zijn er negen sculpturen bekend. Moholy Nagy werkte op dezelfde manier. In 1926 heeft hij verschillende materialen uitgeprobeerd zoals bakeliet of aluminium welke hij gebruikte als ondergrond voor zijn schilderijen. In 1928 kwam er het gebruik bij van op cellulosenitraat gebaseerde producten, Galalith (merknaam van caseïne formaldehyde) en Rhodoid, Trolith en Cellon (merknamen voor producten vervaardigd uit cellulose-acetaat).

Deze voorbeelden uit de literatuur moeten subjectief bekeken worden aangezien de data van gebruik vaak niet overeenkomt met de data van ontwikkeling en de start van productie. Aldinger beweert bijvoorbeeld dat Gabo en Pevsner in 1928 PMMA gebruikten voor de opbouw van een podium. Echter is dit niet mogelijk aangezien PMMA toen nog niet in productie was (Aldinger 1971). Indien men kijkt naar de geschiedenis van de ontwikkeling van kunststoffen wordt het duidelijk dat vóór 1926 enkel Celluloid kon gebruikt worden, vanaf 1926 tot 1934 kan cellulose-acetaat hieraan toegevoegd worden en daarna kan men pas spreken van PMMA.⁴¹

Cellulosenitraatverf werd ook gebruikt door een aantal belangrijke artiesten, voornamelijk diegene die de workshop van David Alfaro Siqueiros hadden gevolgd in New York in het midden van 1930.

⁴¹ Waentig, F., "Plastics in Art, History, Technology, Preservation; Plastics: Consumer Goods or Precious Objects", Kölner Beiträge zur Restaurierung und Konservierung von Kunst- und Kulturgut Band 15, Siegl München, 2002

Siqueiros begon, op het einde van 1920, autoverf (Cellulosenitraatverf of Pyroxylin) te gebruiken voor zijn muurschilderingen. In zijn workshop trachtte hij artiesten ervan te overtuigen om cellulosenitraat en andere commerciële verven te verkennen. Voornamelijk met pyroxylin verf werd er veel geëxperimenteerd. Met onconventionele methodes testte men, wat betreft het aanbrengen van de verf op diens drager, zoals staining (het maken van vlekken), dripping (druppelen) en pouring (gieten), de cellulosenitraatverf uit.



David Alfaro Siqueiros (1896-1974)
Cosmos y desastre, 1936
Duco, Pyroxilin, sand, wood on copper
mesh over plywood
support: 608 x 761 mm
Tate, London

Siqueiros vond de nieuwe synthetische verven uitermate geschikt om moderne ideeën uit te drukken met verf: *'a new society must correspond new material solutions'*.

De verf die het meest gebruikt werd in zijn workshop was die van Duco, de handelsnaam van de met pyroxylin gebonden industriële enamel verf van DuPont. De viscositeit en flexibele omgangsmethode maakten de verf ideaal voor proeven met een grootse variëteit van aanbrengingmethoden. Door persoonlijke ervaring won Siqueiros veel kennis betreffende de eigenschappen van de pyroxylin verf en het potentieel dat deze verf had voor de 20ste E kunstenaars. Snel nadat zijn workshop opgestart was nam hij persoonlijk contact op met de manager van DuPont:

*'I am the First artist to lay claim to the use of painting materials with a synthetic resin base. And already at this moment there are at least some fifty American or American-based painters who are following my example. What will happen when all the painters of the world ...grasp the convenience of using these modern materials?'*⁴²

⁴² J. Crook, T. Learner.

The impact of Modern Paints: P. Blake, P. Caulfield, R. Hamilton, D. Hockney, J. Hoyland, R. Lichtenstein, M. Louis, B. Riley, F. Stella, A. Warhol, Tate Gallery, London, 2000

Jackson Pollock's persoonlijke techniek, van het druppelen van verf op een horizontaal geplaatst canvas, paste goed bij de vloeieigenschappen van de gloss pyroxylin verf. Tegen 1947 gebruikte hij de Duco verf overmatig voor de uitvoering van zijn schilderijen.



*Jackson Pollock (1912-1956)
Number 23, 1948
Enamel on gesso on paper
support: 575 x 784 mm
Tate, London*

Zijn vrouw, de artieste Lee Krasner, herinnerde zich dat hij de karakteristieke vloe van commerciële verven enorm apprecieerde.

De keuze van Pollock om voor gloss binnenhuisverf en enamels te kiezen, aangebracht op een innovatieve manier was geëvolueerd uit een natuurlijke groei en noodzaak. Uit deze noodzaak had de moderne kunstenaar een nieuwe manier uitgevonden om de wereld rondom hem uit te drukken.

'I happen to find ways that are different from the usual techniques of painting, which seems a little strange at the moment, but I don't think there's anything different about it.'

Pollock bleef gloss enamel verf gebruiken voor de rest van zijn leven. Vanaf het einde van de jaren 1940 begon de alkyd hars, cellulosenitraat te vervangen in de huisverven en industriële enamel verf. Echter bleef cellulosenitraat het voornaamste hars voor autospray verven en het was in deze vorm dat Richard Hamilton het gebruikte vanaf de late 1950 tot 1960 om zijn zeer gladde afwerkingslagen te kunnen bereiken.⁴³

⁴³ J. Crook, T. Learner.

The impact of Modern Paints: P. Blake, P. Caulfield, R. Hamilton, D. Hockney, J. Hoyland, R. Lichtenstein, M. Louis, B. Riley, F. Stella, A. Warhol, Tate Gallery, London, 2000.

In 1960 startte de kunststoffen industrie een campagne om het imago van de kunststof te verbeteren.

Het bedrijf BASF initieerde de uitreiking van een prijs om jonge artiesten te motiveren om met kunststoffen te werken. Hoehst nodigde internationale kunstenaars uit op de 'Plastic fair' in 1967 om hun kunstwerken vervaardigd uit kunststof te tonen, in een speciale tentoonstelling. Duitse artiesten en designers participeerden aan zulke tentoonstellingen, hoewel de meest bekende voorbeelden zich in Amerika situeerden.⁴⁴

Ook in Italië situeerde zich een tendens om kunstenaars warm te maken voor het werken met kunststoffen. De productie van artistieke objecten, gebaseerd op kunststofmaterialen situeert zich in de periode tussen 1969-1973. Dit werd gestimuleerd door het onderzoekscentrum Polimeri Arte.

Lodovico Castiglioni en Franco Mazzucchelli hebben het onderzoekscentrum 'Polimeri Arte' gecreëerd. Franco Mazzucchelli was de leverancier van de kunststof (door zijn bedrijf genaamd Mazzucchelli SPA, opgericht in 1849) en zijn neef Lodovico Castiglioni voorzag kunstenaars van deze kunststof. Het project heeft vier jaar stand gehouden en heeft 50 kunstwerken opgeleverd, waaronder ook werken van Carla Accardi. In 1970 zou Carla Accardi sicofoil (merknaam voor cellulose-acetaat) verkregen hebben via Lodovico Castiglioni voor het maken van de Triplice tenda.⁴⁵



*Carla Accardi
Triplice tenda , 1969-1971
Varnish on sicofoil on Perspex
frame,
Ø 550 cm
Rome, collection of the artist*

Echter zijn er reeds werken van Carla Accardi bekend van vóór 1970. Haar vroegst bekende werk, vervaardigd gedeeltelijk uit sicofoil, dateert van 1965. De sicofoil werd haar gegeven als deel voor een project om een ontwerp te maken voor een stof voor het Italiaanse modehuis Sorelle Fontana (opgericht in 1944 door de drie zussen Zoë, Micol en Giovanna Fontana). Het werk is nooit gerealiseerd maar de kunstenaar had intussen wel een rol aangekocht van dit materiaal via Sorelle Fontana.

Het kan zijn dat Carla Accardi haar eerste rol verkregen heeft via Sorelle Fontana en zich nadien beholpen heeft met de sicofoil verkregen van Lodovico Castiglioni.

⁴⁴ Waentig, F., "Plastics in Art, History, Technology, Preservation; Plastics: Consumer Goods or Precious Objects", Kölner Beiträge zur Restaurierung und Konservierung von Kunst- und Kulturgut Band 15, Siegl München, 2002

⁴⁵ Germano Celant, Carla Accardi, Edizioni Charta, Milano, 2001

In 2004 is het MAP (Museo Arte Plastico) opgericht waarin deze, en nieuw verworven, kunstwerken uit kunststof tentoongesteld worden in het Palazzo Castiglioni di Monteruzzo. een groot aantal van de kunstwerken vervaardigd voor 'Polimeri Arte' zijn hier te bezichtigen. In dit museum is het werk 'Sicofoide' (1969-1970) te bezichtigen van Carla Accardi. Het kunstwerk 'Triplice tenda' is in haar bezit gebleven.⁴⁶

Het kunstwerk 'A Gent abbiamo aperto una finestra' (in Gent hebben we een raam geopend) is in 1971 gedeeltelijk vervaardigd in Rome en in 1986 in Gent afgewerkt voor de tentoonstelling 'Chambre d'Amis' (21 juni-21 september 1986).

Bij deze tentoonstelling stelden vijftig Gentenaars hun woning (of een deel ervan) ter beschikking voor even zovele kunstenaars. Jan Hoet (toenmalige directeur van het S.M.A.K.) installeerde de traditie om naar buiten te treden met de kunst. De kunst zou naar de mensen komen. Na schriftelijk contact tussen Jan Hoet en Carla Accardi ging Accardi akkoord om haar werk tentoon te stellen bij architect Dirk Defraeije – De Boodt in de Patijnstraat 137 te Gent. Een illustratie van deze opstelling vindt u op de volgende pagina. Het werk werd, na afloop van de tentoonstelling, aangekocht door het S.M.A.K. en het werd opgenomen in de vaste collectie van het S.M.A.K.

Van 18 september 2004 tot 9 januari 2005 organiseerde het Museo d'Arte Contemporanea in Rome (MACRO) een tentoonstelling met werken van Carla Accardi, Valery Koshlyakov (Rus, 1962) en Sissi Siska (Amerikaanse, 1969).⁴⁷ Voor deze tentoonstelling heeft het S.M.A.K. het werk uitgeleend. Het werk is beschadigd teruggekomen, vermoedelijk door de combinatie van een slechte verpakking en het transport. Nu wordt het werk bewaard in het depot van het S.M.A.K.

Vanaf oktober 2007 werd een onderzoek ingesteld naar de restauratie en conservatie van het beschadigde werk.

Meer informatie over het leven, de stijl en de kunsthistorische context van Carla Accardi is te vinden in de bijlage op pag. 174-196.

⁴⁶ www.museoarteplastica.it (12-04-2008)

⁴⁷ www.macro.roma.museum (12-04-2008)

*Carla Accardi,
(1924-heden)
A Ghent abbiamo aperto una finestra, 1971-1986
Chambres d'amis
4 elementen
varnish on sicofoll,
180 x 50 cm
S.M.A.K., Gent*



Deel 4: Chemische en fysische eigenschappen

4.1 Inleiding

Nu bepaald is uit welke kunststof het kunstobject vervaardigd is, (in ons geval uit cellulose-acetaat) bestaat de volgende stap uit het begrijpen van de chemische en fysische eigenschappen van deze kunststof. Aangezien er een specifieke terminologie bestaat voor kunststoffen wordt deze allereerst toegelicht in het volgende onderdeel. In dit onderdeel worden vaak de cellulose-esters als voorbeeld genomen, maar even vaak andere kunststoffen die een betere illustratie geven van de tekst. Er worden ook veel vereisten en voorbeelden voor verlijmingen beschreven, welke de begrijpbaarheid van het volgend hoofdstuk zullen vergemakkelijken.

4.2 Beknopte terminologie van polymeren

4.2.1 Filmvormende materialen

De belangrijkste eigenschap voor filmvormende materialen is dat deze een grote moleculaire omvang hebben.

De meeste filmvormende materialen, zowel natuurlijk, semi-synthetisch als synthetisch, zijn gebaseerd op polymeren. Een polymeer kan bekeken worden als een aaneenschakeling van eenvoudige chemische stoffen, de 'monomeren'.⁴⁸ De monomeerdeeltjes bepalen welke functionele groepen in de macromoleculen voorkomen. Een monomeer moet in staat zijn een binding aan te gaan met twee andere moleculen, wil het een polymeer vormen, wat ook mede de term 'polymerisatie' verklaart. Uit bijvoorbeeld het monomeer etheen vormt zich het polymeer polyethyleen. Wanneer we de schakels van monomeren voorstellen met de letters A,B en C kunnen we als volgt kunststoffen samenstellen:

A-A-A-A-A-A-A-, de enkelvoudige polymeren

A-A-B-A-B-B-B-, A en B in willekeurige volgorde, de copolymeren

A-B-C-B-C-A-A-, A,B en C in willekeurige volgorde, de terpolymeren.

Co- en terpolymeren zijn geen fysische mengsels van twee of drie verschillende kunststoffen, maar nieuwe materialen met andere eigenschappen dan een mengsel van kunststoffen. Dit is de primaire structuur van de kunststof en verwijst naar de aard van de monomeerdeeltjes in de polymeerketen. Naast de aard is ook de schikking belangrijk. De verschillende structuureenheden kunnen op verschillende manieren aan elkaar geschakeld zijn in de polymeerketen. Zo kent men:

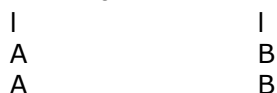
A-A-A-B-A-B-A- de statistische copolymeren, welke willekeurig zijn

A-B-A-B-A-B-A- de alternerende copolymeren

A-A-A-B-B-B-A- de blok copolymeren

Vaak komen aan deze lineaire ketens vertakkingen voor van dezelfde of andere monomeren,

A-A-A-A-A-A-A- of A-A-A-A-A-A-A-



⁴⁸ Tennent, H.R., "Preprints of contributions to the modern organic materials meeting, An introduction to Polymer Chemistry relevant to Plastic Collections", University of Edinburgh, 14-15 april 1988

Dit voorbeeld verwijst naar de secundaire structuur, welke te maken heeft met de lengte, de vorm en de beweeglijkheid van de afzonderlijke polymeerketens. Er zijn vier verschillende soorten:

1. de lineaire keten
2. kluwen
3. geplooid keten
4. gespiraliseerde keten

De verwerkingsmogelijkheden van de kunststof worden sterk beïnvloed door deze secundaire structuur.

Naast de primaire en secundaire structuur is er de aggregaatstructuur, welke verwijst naar de onderlinge schikking van de diverse polymeerketens. Men onderscheidt:

1. de geltoestand (lineaire keten)
2. de rubberelastische toestand (kluwen)
3. de glastoestand (geplooid keten)
4. de kristallijne toestand (gespiraliseerde keten)

Lineaire ketens met of zonder vertakkingen noemen we thermoplasten. Dat wil zeggen dat deze met warmte plastisch (vervormbaar) of zelfs vloeibaar kunnen worden gemaakt. In geschikte oplosmiddelen zijn thermoplasten oplosbaar (zie tabel pag. 170). Hiertoe behoren de cellulose-esters. Wanneer de ketens op vele plaatsen aan elkaar vastzitten, ontstaat een groot ruimtelijk netwerk dat niet meer vervormbaar of smeltbaar is. Dergelijke kunststoffen noemen we thermoharders.

Wanneer de ketens slechts op enkele plaatsen aan elkaar vastzitten, blijft de kunststof vervormbaar, en kan met een geschikt oplosmiddel opzwellen, maar niet oplossen of met warmte worden gesmolten. Dergelijke kunststoffen worden elastomeren of rubbers genoemd.⁴⁹

4.2.2 Moleculair gewicht en grootte

Een molecule is een chemische combinatie van atomen. De groepering van deze atomen kan uitgedrukt worden in een chemische formule. De chemische formule van bijvoorbeeld glucose is $C_6H_{12}O_6$.

Het moleculaire gewicht (Mr) kan gevonden worden door het atomaire gewicht op te tellen.

$$\begin{array}{rcl} 12 \text{ (atomair gewicht van koolstof)} & \times 6 & = 72 \\ 1 \text{ (atomair gewicht van waterstof)} & \times 12 & = 12 \\ 16 \text{ (atomair gewicht van zuurstof)} & \times 6 & = 96 + \\ \text{Het moleculair gewicht van cellulose is} & & 180 \end{array}$$

Het moleculair gewicht van een polymeermolecule wordt op eenzelfde manier verkregen dan bij kleinere moleculen. Het moleculair gewicht van een molecule wordt berekend door het gewicht van de repeterende eenheid te vermenigvuldigen met de graad van polymerisatie (DP). De DP is een afkorting voor de 'degree of polymerisation'. Cellulose heeft een DP tussen de 600 en de 3000, dus het moleculair gewicht van cellulose ligt tussen de 108.000 en de 540.000⁵⁰. Hierbij wordt de kleine contributie die de eindgroepen maken genegeerd.

Het aantal monomeren waaruit een kunststof is opgebouwd (de polymerisatiegraad), kan in de vele duizenden lopen.

⁴⁹ Keune P., "Uitgangspunten bij het gebruik van synthetische materialen voor conservering en restauratie, Onderzochte en in de praktijk toegepaste synthetische materialen en hun specifieke eigenschappen", laboratorium voor Onderzoek van Voorwerpen van Kunst en Wetenschap, Amsterdam, 3 december 1991

⁵⁰ Brydson, J.A., Plastic Materials, Butterworth & Heineman, Oxford, 1997

Een kunststof bestaat nooit uit even lange ketens. Een fabrikant zal steeds een gemiddeld gewicht van de ketens opgeven. Er bestaan twee soorten gemiddelden, M_n en M_w .

M_n staat voor 'Number average Molecular Weight'. De M_n is het gemiddelde gewicht van de polymeerketens in het aantal monomeren. M_n wordt gebruikt wanneer de reactiviteit van het polymeer belangrijk is, bijvoorbeeld bij een epoxy, waar het gaat om de reactiviteit van de eindgroepen. M_n is verder van belang bij de toepassing van kunststoffen in oplossing. De vloeieigenschappen - in combinatie met de eigenschappen van het oplosmiddel - en de optische eigenschappen - met name de brekingsindex worden door de M_n bepaald. Voor impregneren en de toepassing van een kunststof als vernis mag de M_n niet te hoog zijn.

M_w staat voor 'Weight average Molecular Weight'. M_w is het gemiddelde moleculegewicht van de polymeerketens. M_w wordt gebruikt wanneer eigenschappen als sterkte in het geding zijn.

Het moleculair gewicht van verschillende polymeerstaten kan berekend worden door een relatief eenvoudige viscositeitsmeting.

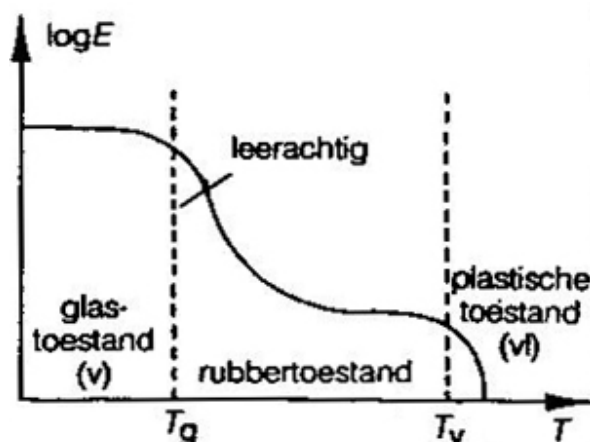
Kunststoffen verhogen de viscositeit van een oplossing omdat de grote moleculen een weerstand bieden tot de vloeit. In een goed solvent is de molecule beter verspreid dan in een minder goed solvent waarbij de kunststof samentrekt met corresponderende veranderingen in de viscositeit. Men kan zich dit het best visualiseren als een druppel olie in water of nog beter met spaghetti pieren in een pot met water.

4.2.3 Glasovergangstemperatuur en verwekingstemperatuur

Polymeren gaan doorheen verschillende stadia wanneer zij verhit worden vanaf een zeer lage temperatuur. Wanneer de temperatuur verhoogd wordt, kan het polymeer van een glazige vorm overgaan naar een rubberachtige. Deze veranderingen komen voor bij een bepaalde temperatuur. De temperatuur van deze overgang wordt de glasovergangstemperatuur genoemd of kortweg de T_g . Deze T_g is voor iedere kunststof reeds bepaald en wordt weergegeven in de elasticiteitsmodulus van Young.

Zoals hierboven reeds beschreven zijn er drie verschillende soorten kunststoffen: Thermoplasten, thermoharders, elastomeren. Naast deze onderverdeling kunnen de kunststoffen worden onderverdeeld in de amorf en kristallijne polymeren.

Als eerste bespreken we de amorf polymeren.



E: elasticiteitsmodulus (deze grootte is een goede maat voor de stijfheid en de sterkte van de kunststof.)

T_g : glasovergangstemperatuur

T_v : verwekingstemperatuur

Bij een amorf polymeer liggen de ketens wanordelijk door elkaar en vormen klauwen. De ketens worden samengehouden door Vanderwaalskrachten en soms ook door waterstofbruggen.

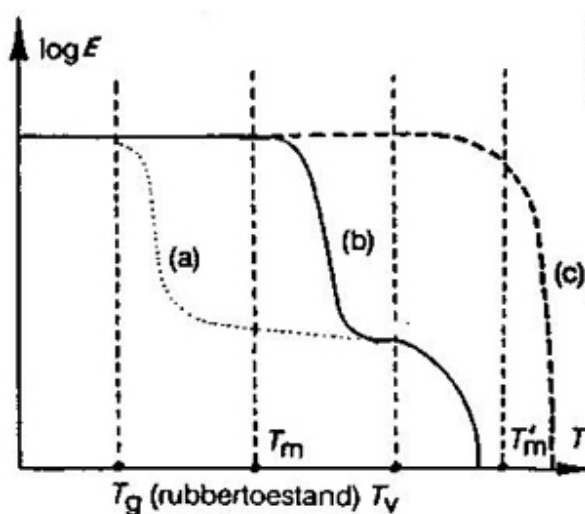
Bij een lage temperatuur ontstaat er een gefixeerde structuur en een bepaalde vorm.

Onder invloed van kracht zal er eerder een breuk optreden dan een vervorming.

Indien de temperatuur hoger is dan de T_g , zal er een overgang plaatsvinden van een leerachtige toestand naar rubbertoestand. Onder invloed van kracht zal het polymeer vervormen. Dit komt doordat grote delen van de ketens onderling beweegbaar zijn geworden. Alleen waar de ketens door verstrengeling aan elkaar vast zitten is er geen beweeglijkheid.

Wanneer de temperatuur hoger is dan de verwekingstemperatuur zal het polymeer vloeibaar worden.⁵¹

Als tweede bespreken we de kristallijne polymeren.



E: elasticiteitsmodulus (deze grootte is een goede maat voor de stijfheid en de sterkte van de kunststof.)

T_g : glasovergangstemperatuur

T_v : verwekingstemperatuur

T_m : temperatuur waarbij de kristallieten smelten

(a): polymeer zonder kristallieten

(b): polymeer met kristallieten

(c): polymeer met kristallieten

Polymeerkristallen komen zelden voor. Men kan wel vaak kristallijne gebieden in het polymeermateriaal aantreffen die soms georiënteerd zijn door het fabricageproces. Kristallieten hebben hetzelfde effect als vernetting: ze geven meer stevigheid aan het materiaal. De kristallieten 'smelten' echter bij een bepaalde temperatuur (T_m), waardoor hun effect verdwijnt en het polymeermateriaal plots toch rubberachtig wordt (b).

Als de T_m boven de verwekingstemperatuur (T_v) ligt, wordt het materiaal zelfs meteen vloeibaar (c).

⁵¹ Horie, C.V., Materials for Conservation, organic consolidants, adhesives and coatings, Butterworth & Heinemann, Oxford, 1995

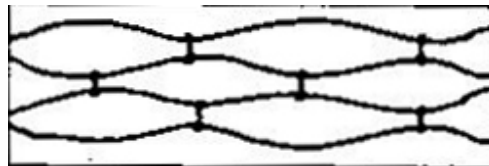
Als derde maken we een onderscheid tussen de thermoplasten, thermoharders en elastomeren.



De thermoplasten zijn polymeren die gebruikt worden beneden de T_g . Bij verwarming vertonen ze boven de T_g eerst vervormingverschijnselen en daarna, boven de T_v verwekingverschijnselen. Als de T_g hoger is dan 20°C is het een plastisch materiaal en kan het materiaal door het verder te verwarmen week gemaakt worden. Men kan er dus voorwerpen mee modelleren die bij afkoeling

stabiel en bruikbaar zijn.

Op de afbeelding ziet men dat de polymeerketens zijn verstrengeld tot kluwen. De cellulose-esters behoren allen tot deze groep.



De elastomeren zijn de polymeren die gebruikt worden in het temperatuurdomein $T_g < T_v$. Ze verkeren dus in de 'rubbertoestand' en worden daardoor ook wel de rubbers genoemd. Tijdens de vorming ontstaat slechts een beperkt aantal intermoleculaire bindingen tussen de

polymeerketens. Alle ketens zijn dus met elkaar verknoopt maar het materiaal is elastisch, d.w.z. dat het materiaal kan vervormd worden.



De thermoharders zijn polymeren die bij verwarming noch verweken, noch vloeibaar worden. Bij doorgedreven verhitting worden ze ontleed. Tijdens hun vorming worden er zoveel intermoleculaire bindingen gevormd dat alle polymeerketens zich uiteindelijk verenigen tot één kluwen. In feite ontstaat zo één enkele

reuzenmolecule.

Op de afbeelding hierboven ziet men dat de polymeerketens onderling verknoopt zijn tot een netmerk met nauwe mazen.

De T_g van een gecrosslinked materiaal, een thermohardend polymeer is gecompliceerd doordat de moleculen niet naast elkaar kunnen vloeien. De T_g van deze materialen verandert van een glas naar een rubber welke door toevoeging van een kracht stretcht, maar wanneer de kracht wordt ontnomen hervalt het materiaal terug naar zijn originele staat. Gecrosslinkte harsen zullen reduceren naar een gelimiteerde stijfheid, welke niet veel reduceert door de temperatuur te verhogen. Wanneer de densiteit van de crosslinking stijgt, stijgt de T_g mee. Wanneer de ketenlengte tussen de crosslinking daalt onder een kritieke lengte zal het gebrek van vrijheid aan beweging het T_g fenomeen elimineren. Dit komt voor bij formaldehydesharsen.

Er zijn dus drie krachten die tegen de interne bewegingen kunnen ingaan: de stijfheid van de polymeerketen, intermoleculaire krachten zoals waterstofbindingen en de interne grepen van omvangrijke zijgroepen. Zo heeft bijvoorbeeld polyethyleenoxide een lage stijfheid van de keten, geen zijgroepen en daardoor een lage T_g van -55°C . Polystyreenketens zijn verstijfd door de aanwezigheid van phenyl ketens en daardoor hebben deze ook een hogere T_g van 95°C .

De mogelijkheid van polymeerketens om naast elkaar te passeren en zich aan te passen aan de veranderde situatie heeft niet enkel te maken met hoe mobiel te ketens zijn en hoeveel graden men zich boven de Tg bevindt, maar is ook afhankelijk van hoe snel de verandering heeft plaatsgevonden. De waarde van de Tg kan verlaagd worden door de tijdsschaal van de kracht te verhogen. Er is een relatie tussen de Tg en de tijd van de meting. De meeste Tg metingen worden uitgevoerd gedurende één minuut. Indien men de meting verlengt tot tien minuten, dan zal de Tg dalen met 3°C. Indien de meting zes seconden minder lang wordt uitgevoerd zal de Tg stijgen met 3°C.⁵²

Het is duidelijk dat de Tg van een polymeer aanzienlijk verlaagt met de tijd met ongelukkige resultaten voor het object waarop het polymeer is aangebracht. Deze invloed komt niet enkel voor bij polymeren gebruikt als adhesief maar ook bij polymeren welke worden toegepast als coating.

Een nadeel bij polymeren waarbij de Tg rond kamertemperatuur ligt, is dat deze polymeren gemakkelijk vuil worden.⁵³ Dit komt doordat wanneer een stofpartikel op een zacht oppervlak terecht komt, het polymeer geleidelijk aan rond het partikel zal vloeien. Dit resulteert in een opname van het stofpartikel in het polymeer. Het vuil kan hierdoor enkel verwijderd worden indien de polymeerfilm ook verwijderd wordt. Dit is een groot probleem bij acrylverf.⁵⁴

Indien een polymeer wordt gebruikt om een boek te binden zal de stress van het openen en sluiten van het boek in een fractie van een seconde gebeuren. Een effectief adhesief moet dus in staat zijn om zich binnenin deze tijdspanne aan te passen, bijvoorbeeld een was/polyethyleen mengsel. De effectieve Tg die gebruikt wordt voor deze toepassing moet hoger zijn dan een adhesief dat gebruikt wordt om een object aan elkaar te kleven.

Er is ook een verband tussen het moleculaire gewicht van het polymeer en de Tg. De Tg van een polymeer verhoogt lichtjes bij een verhogend moleculair gewicht omdat deze ketens minder vrijheid hebben van beweging. Hun vrijheid van beweging kan verhoogd worden door de ketens van elkaar te scheiden.

Additieven met een laag moleculair gewicht verlagen de effectieve Tg. Er worden vaak niet vluchtige vloeistoffen en plasticizers toegevoegd aan een kunststof om deze flexibel te maken. Polyvinylchloride (PVC) wordt op deze manier vaak gemodificeerd. Een film van Polymethylmethacrylaat (PMMA) is boven zijn Tg waarde bij kamertemperatuur indien het minder dan 20% toluen vasthoudt. Als de film droogt zal het ophouden met vloeien terwijl het nog steeds een vijfde van zijn volume aan solvent behoudt. Als het solvent verdampt, krimpt de polymeerfilm. Een goed solvent voor het polymeer heeft een groter effect op het reduceren van de Tg dan een slecht solvent. Er zal dus minder vluchtig materiaal overblijven wanneer de vloeistof in de polymeerfilm stopt en er zal minder krimp zijn. Dit heeft voor zowel de reversibiliteit als voor de kleefkracht een grote impact.

⁵² Horie, C.V., Materials for Conservation, organic consolidants, adhesives and coatings, Butterworth & Heinemann, Oxford, 1995

⁵³ Tennent, H.R., "Preprints of contributions to the modern organic materials meeting, An introduction to Polymer Chemistry relevant to Plastic Collections", University of Edinburgh, 14-15 april 1988

⁵⁴ Hackney S., Towsend J., Eastaugh N., "Dirt and Pictures separated", The United Kingdom Institute for Conservation, 1990

4.2.4 Mechanische eigenschappen

In dit deel worden er vier termen toegelicht, waaronder de treksterkte, de rek, de intrinsieke stijfheid, en de inwendige spanning.

Per materiaal bestaat er een grootte die de treksterkte wordt genoemd en die de kracht per oppervlakte-eenheid uitgeoefend op het materiaal, tot het breekt, aangeeft. Deze trekkracht die voor elk materiaal verschillend is, wordt in mega-newton per vierkante meter uitgedrukt. Er bestaat een enorme variatie in treksterktes voor verschillende materialen wat verband houdt met de verschillende typen van binding en van interne structuur van de diverse materialen. Men moet echter zeer goed opletten bij het vergelijken van deze lijsten met meetwaarden voor materialen en materialen die al een hele geschiedenis achter de rug hebben. Een polymeer zal veranderen door veroudering wanneer de interne spanning vermindert en wanneer er chemische reacties plaatsvinden.⁵⁵

Op pag. 126 is het verschil zichtbaar tussen een verouderd staal waarop een trekkracht wordt uitgeoefend en een nieuw staal.

Met rek wordt de reversibele vormverandering van een materiaal bedoeld, de elasticiteit.

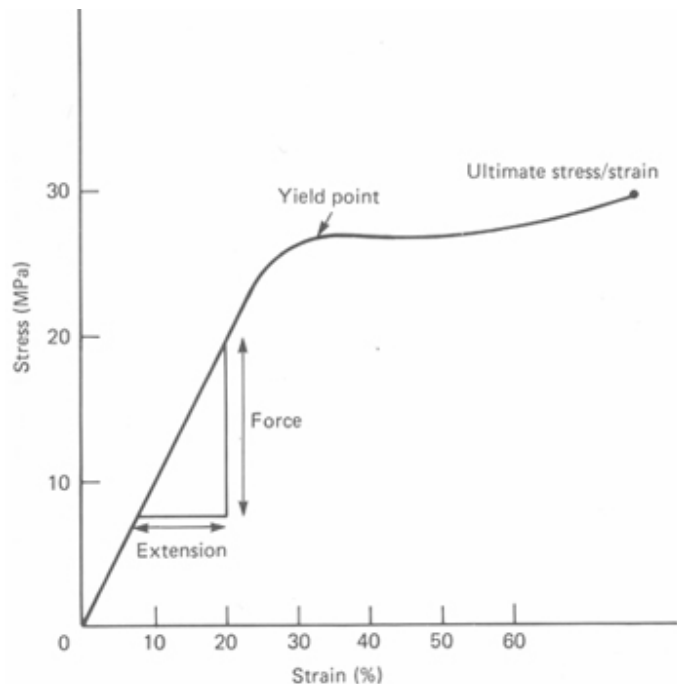
Rek wordt uitgedrukt in een verandering van lengte ten gevolge van een druk of spanning die in verhouding wordt gesteld met de originele lengte van het materiaal en heeft geen dimensie.

Elasticiteitsmodulus van Young = $\frac{\text{Stress}}{\text{Strain}} = \frac{\text{kracht}}{\text{verlenging}}$

De afbeelding hiernaast geeft de algemene stress en strain curve weer voor een polymeer.⁵⁶

Sommige thermoplastische polymeren zullen boven hun glasovergangstemperatuur beginnen te vloeien van zodra er kracht op wordt uitgeoefend. Ze hebben dus ook geen elastische eigenschappen. Wanneer er kracht op blijft staan zullen vele polymeren plots irreversibel vervormen bij het 'yield Point'. Er zal weinig vervorming optreden indien het polymeer net onder zijn glasovergangstemperatuur is of indien het polymeer gecrosslinked is. De ultieme kracht wordt gereduceerd als het moleculaire gewicht gereduceerd is.

Een polymeer met een hoge Young's modulus vereist veel kracht voor een minimum stretch.



⁵⁵Van Oosten T., "Uitgangspunten bij het gebruik van synthetische materialen voor conservering en restauratie, Problemen op het gebied van verstevigen, lijmen en vernissen", laboratorium voor Onderzoek van Voorwerpen van Kunst en Wetenschap, Amsterdam, 3 december 1991

⁵⁶Horie, C.V., Materials for Conservation, organic consolidants, adhesives and coatings, Butterworth & Heinemann, Oxford, 1995

Indien zo'n polymeer op bijvoorbeeld hout wordt aangebracht en dit hout zet uit door een stijgende luchtvochtigheid dan zal de spanning tussen het hout en het polymeer stijgen. Het sterke polymeer weigert mee te stretchen en zal de nijging hebben af te breken, hoogst waarschijnlijk met nog een deeltje hout eraan vastgehecht. Als het nu over een polymeer gaat met een lage Young's modulus dan zal de beweging van het hout het polymeer intern doen breken. De elasticiteit van een lijmverbinding moet dus ongeveer gelijk zijn aan die van het materiaal van het voorwerp.

In de universiteit van Gent op het departement voor 'Polymer Chemistry & Biomaterials Research Group' door Sandra Van Vlierberghe, stress en strain testen uitgevoerd. Hier werd uitgetest welk hechtingmiddel het meest bruikbaar was voor het hechten van het sheet cellulose-acetaat van het kunstwerk van Carla Accardi. De resultaten van deze testen kan men raadplagen op pag. 125. de reologiemetingen op pag. 78 zijn zijn ook uitgevoerd door Sandra van Vlierberghe.

Een andere belangrijke karakteristiek die bepalend is voor een goede lijmverbinding is de stijfheid, of het tegenovergestelde, de flexibiliteit. Elk materiaal heeft zijn eigen intrinsieke stijfheid. Wanneer materialen worden blootgesteld aan kracht of druk, zal het materiaal van vorm veranderen, deformeren. Dit is gemakkelijker te zien bij een potloodgom of een stukje rubber dan bij een metalen of een glazen voorwerp. Een tak is stijver dan een twijgje, terwijl ze dezelfde intrinsieke stijfheid hebben. Dit betekent dat de intrinsieke stijfheid dus niet goed uitdrukt wat het verschil in stijfheid is tussen de verschillende materialen. Het begrip rek geeft een beter inzicht in de toestand van een materiaal en is reeds toegelicht.

Er is nog een factor die het mechanisch gedrag bepaald en dat is de inwendige spanning van een voorwerp zonder dat er een uitwendige kracht op het voorwerp werkt. De inwendige spanning kan zo groot worden dat voorwerpen scheuren en zelfs breken. Inwendige spanningen worden veroorzaakt door een verschil in elasticiteit van de verschillende materialen waaruit een voorwerp bestaat. Een zeer belangrijke oorzaak voor inwendige spanning is verschil in uitzetting door warmte. Veel materialen zetten uit wanneer ze worden verwarmd, de één al meer dan de ander. Uitzetting als gevolg van verwarming lijkt op de stijfheid wat betreft zijn waarde, die afhankelijk is van de grootte en het karakter van de bindingskrachten tussen de atomen en moleculen in een materiaal. Hoe sterker de binding, hoe kleiner is de uitzetting, hoe kleiner is de afstand tussen de bewegende moleculen en atomen. Polymeren die door secundaire bindingen zijn gebonden, zullen meer uitzetten dan metalen en keramiek, die door middel van primaire bindingen zijn verbonden. Natuurlijke lijmen of synthetische kunnen dus meer uitzetten, dan de materialen die door de lijm bij elkaar worden gehouden. Wanneer dit optreedt, zal er meer spanning in de lijmverbinding zitten dan in de gelijmde delen, waardoor er een interne spanning in het geheel zal optreden. Dit effect zal een aantal praktische gevolgen hebben. Stel, we hebben een dunne strip van een bepaald materiaal waar we een dunne laag gesmolten bijenwas overheen brengen. Als de was afkoelt, vast wordt en doorgaat met afkoelen zal deze geleidelijk krimpen. Stel dat de laag bijenwas op de dunne strip aanwezig blijft, dan zal de strip ombuigen. De bijenwas staat onder druk en de strip onder spanning. In dit voorbeeld kan de strip buigen, maar stel dat het over een groter voorwerp gaat, dan zijn dezelfde spanningen aanwezig, maar niet zichtbaar. Dezelfde effecten kunnen optreden bij lijmen die zijn opgelost. Het optreden van de spanning is hier niet te wijten aan het afkoelen, maar aan het verdampen van het oplosmiddel, waardoor de lijm krimpt. Dezelfde effecten kunnen ook optreden als lijmlagen uitzetten doordat zij waterdamp uit de omgeving absorberen.

Plaatsen van spanning, hetzij intern, hetzij extern veroorzaakt, zijn gevoeliger voor chemische aantasting dan plaatsen waar deze spanning niet is.⁵⁷

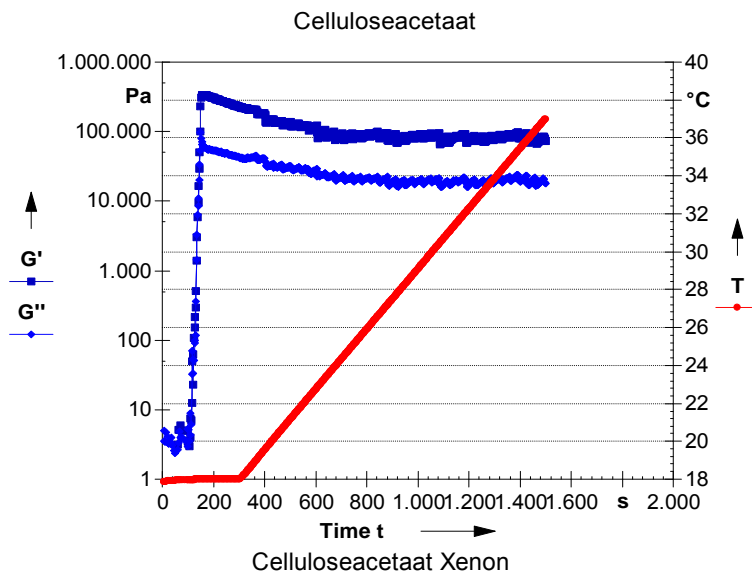
De mechanische eigenschappen van een polymeer worden bepaald door vele factoren. Diegene die reeds vermeld werden zoals het moleculair gewicht, de glasovergangstemperatuur zijn hiervoor van groot belang, maar het productieproces is ook belangrijk. Een polymeerfilm die gevormd is, vertrokken vanuit een vloeistof, is zwakker dan een polymeerfilm die gevormd is door warmte.⁵⁸

⁵⁷ Van Oosten T., "Uitgangspunten bij het gebruik van synthetische materialen voor conservering en restauratie, Problemen op het gebied van verstevigen, lijmen en vernissen", laboratorium voor Onderzoek van Voorwerpen van Kunst en Wetenschap, Amsterdam, 3 december 1991

⁵⁸ Horie, C.V., Materials for Conservation, organic consolidants, adhesives and coatings, Butterworth & Heinemann, Oxford, 1995

4.2.5 Reologie

Door het lezen van voorgaande hoofdstukken is duidelijk geworden dat een kunststof een ingewikkelde respons vertoont onder uitoefening van een uitwendige kracht. Dit komt doordat een kunststof zich gedraagt als een visco-elastisch materiaal. Hiermee wordt bedoeld dat een kunststof terzelfdertijd visceuze eigenschappen vertoont (zoals vloeistoffen) en elastische eigenschappen (zoals harde, vaste materialen). Reologie is de wetenschap van de vervorming en vloeit van een materiaal onder invloed van een uitwendige kracht. Een reologiemeting kan ons helpen om de vervorming en vloeit van een materiaal, in kaart te brengen.



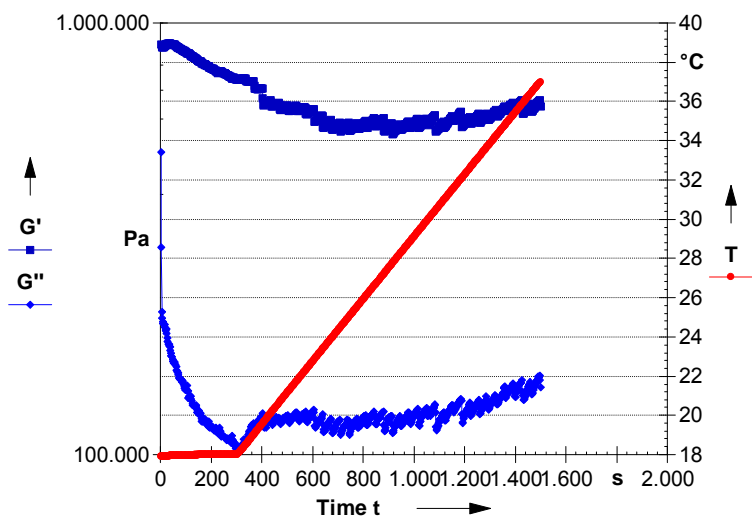
G': Elasticiteitsmodulus of Opslagmodulus

G'': Viscositeitmodulus of Verliesmodulus

T:
Celcius (°C)
Temperatuur

Time t:
Seconden (s)
Tijd

Pa:
Kracht
(Pascal)



De **G'** (Elasticiteitsmodulus of Opslagmodulus) is proportioneel met de elastische energie, opgeslagen in het visco-elastisch materiaal.

De **G''** (Viscositeitmodulus of Verliesmodulus) stelt het visceuze gedrag van het materiaal voor en is proportioneel met de verloren energie onder de vorm van warmte.

De eerste grafiek toont de resultaten van een reologiemeting van een nieuw staal cellulose-acetaat. De tweede grafiek geeft een reologiemeting van een staal cellulose-acetaat dat kunstmatig verouderd is door middel van een xenon lamp. Deze kunstmatige veroudering is uitgevoerd in het K.I.K. gedurende 120 uur. De xenon lampen geven een intensiteit van 200.000 lux. Deze kunstmatige veroudering zou gelijk staan aan 10 à 15 museumjaren.

Bij de reologiemeting wordt de uitwendige kracht, naast een verhoging van de temperatuur, teweeggebracht door dynamische oscillatiemetingen. Hierbij wordt een staal onderworpen aan herhaalde, lange-amplitude vervormingen in een oscillatiebeweging. De moleculen slaan een gedeelte van de ingebrachte energie op (elastische vervorming, opslagmodulus, G') en verliezen een gedeelte ervan in de vorm van warmte (visceuze vervorming, verliesmodulus G'').

De grafiek van de reologiemeting van het nieuwe staal toont aan dat bij een toenemende warmte zowel de viscositeit als de elasticiteit, in gelijke verhouding, vergroot. Dit ziet men doordat de kracht die er op het staal uitgeoefend moet worden verminderd.

De grafiek van de reologiemeting van het kunstmatig verouderde staal toont aan dat het staal minder elastisch en visceus is. Bij uitoefening van enkel kracht wordt het staal visceuzer en elastischer, maar wanneer de temperatuur verhoogt neemt de viscositeit (in grotere mate) en de elasticiteit (in mindere mate) af.

4.2.6 Optische eigenschappen

De brekingsindex en de glans zijn twee belangrijke factoren voor de optische eigenschappen en worden hier kort toegelicht.

De brekingsindex (n_D) bepaalt eigenschappen als de reflectie en de transmissie wanneer het polymeer in combinatie is met andere substanties, zoals pigmenten, het object en de lucht. Deze reflecties kunnen zeer belangrijk zijn, zoals wanneer er een adhesief moet gekozen worden voor glas, een transparante kunststof of een vernis voor een olieverfschilderij. Reflecties komen voor op microscopische schaal wanneer pigmenten omringd zijn door een medium. Wanneer lijnzaadolie verouderd, verhoogt de refractieve index van 1,48 naar 1,57 welke dan de waarde van minerale pigmenten benadert. Olieverf kan daardoor transparant worden met de tijd. Een polymeer dat als een oplossing wordt aangebracht, behoudt solvent voor een aanzienlijke tijd. Het kan jaren duren vooraleer het zijn eindwaarde bereikt. Een verlies van plasticizer of een variatie in het vochtigheidsgehalte zal een effect hebben op de refractieve index.

Glans is de term voor het beschrijven van het optische uiterlijk van een oppervlak van zowel een transparant als een opaak materiaal. Een zeer glanzend oppervlak gedraagt zich als een spiegel, het heeft een zeer vlak oppervlak. In tegenstelling tot een mat oppervlak, wat microscopisch gezien ruw is. Dit ruwe oppervlak verstrooit licht door zijn onregelmatigheden. Om nu een oppervlak zo glad als een spiegel te krijgen moeten de moleculen van het polymeer genoeg tijd krijgen om een glad oppervlak te kunnen vormen. Dit betekent dat het polymeer beneden zijn glaspunt moet blijven zodat alle moleculen hun plek kunnen innemen terwijl het oplosmiddel verdampst.

Het omgekeerde (een mat oppervlak) wordt bereikt wanneer een snel verdampend oplosmiddel wordt gebruikt en hierdoor het bewegen van de moleculen van het polymeer wordt verhinderd.

Een volledige gave, kleurloze, amorf polymeer is transparant omdat er geen ingrediënten aanwezig zijn die het licht verstrooien. Echter zijn kristallijne polymeren, opaak of zwak doorschijnend vanwege het feit dat deze polymeren zowel kristallijne gebieden als amorfe gebieden bezitten. Dit betekent dat als het transparant zijn het enige criterium zou zijn voor een goede laklaag wij uitsluitend een homogene laag van een amorf polymeer zouden kunnen gebruiken.⁵⁹

⁵⁹ Van Oosten T., "Uitgangspunten bij het gebruik van synthetische materialen voor conservering en restauratie, Problemen op het gebied van verstevigen, lijmen en vernissen", laboratorium voor Onderzoek van Voorwerpen van Kunst en Wetenschap, Amsterdam, 3 december 1991

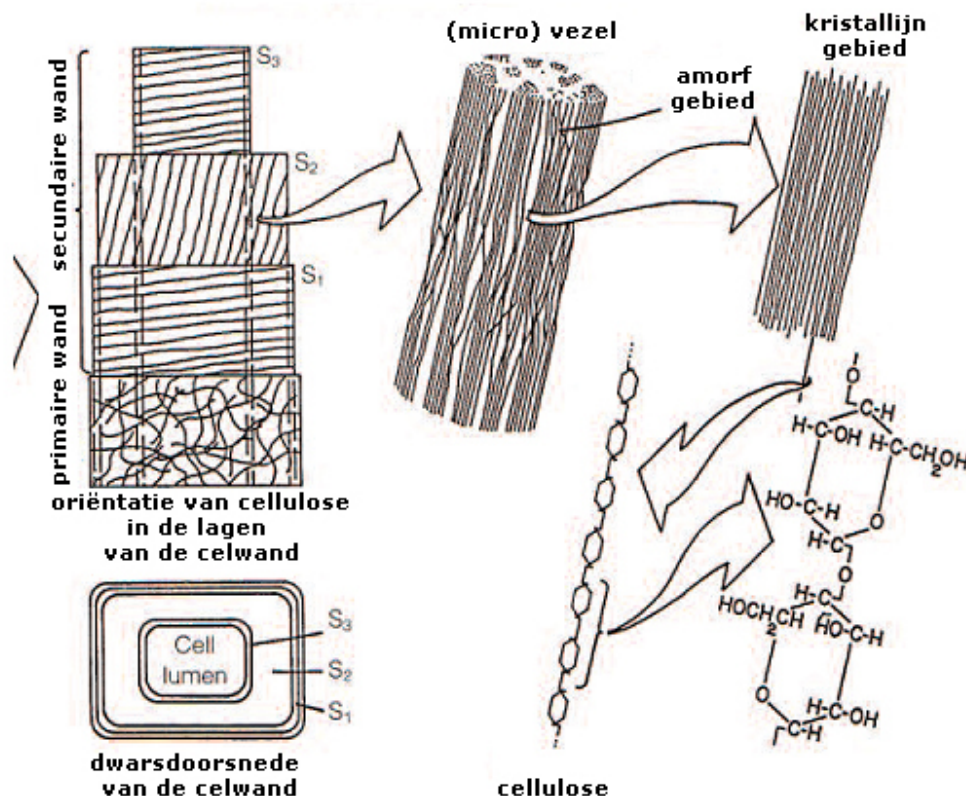
4.3 Bereiding en eigenschappen van de cellulose-esters

4.3.1 Cellulose

Cellulose polymeren zijn de meest voorkomende organische polymeren op aarde. Ze komen voor in bijna al de celwanden van groene planten en verschillende zwammensoorten. Planten produceren cellulose door fotosynthese.

De cellulose inhoud is afhankelijk van plant tot plant. In de oven gedroogde katoen bijvoorbeeld, bevat ongeveer 90% cellulose, terwijl hout ongeveer 50% bevat.

Structureel diagram van een dwarsdoorsnede van een houtcel



Desondanks de omvangrijke aanwezigheid van cellulose is de cellulose die voor chemische toepassingen wordt gebruikt afkomstig van slechts twee bronnen, namelijk katoen en houtpulp.

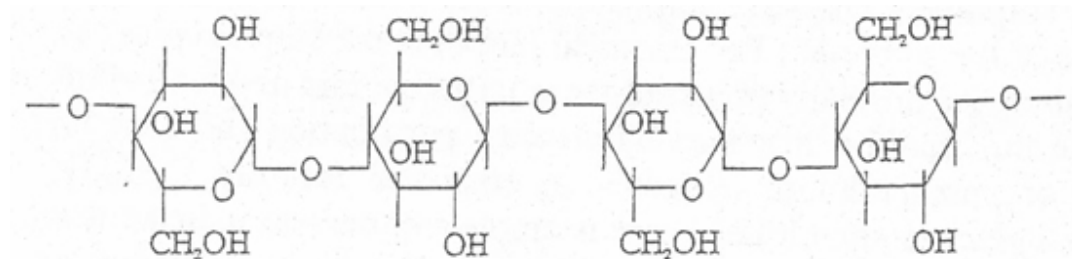
De katoenlinten zijn de korte vezels die overblijven nadat de lange vezels voor de textiel eruit zijn gekozen. Een vertering onder druk bij temperaturen van ongeveer 130-180°C met toevoeging van een 2-5% waterige oplossing van natrium hydroxyde zal de grote bulk aan onzuiverheden verwijderen. Na het verminderen van de originele kleur van de katoen bevat de overgebleven katoen ongeveer 99% alpha cellulose.

Deze term wordt gegeven aan cellulose met een hoog moleculair gewicht. Het reinigingsproces gaat gepaard met degradatie zodat het resulterende materiaal ongeveer een moleculair gewicht heeft van 100 000-500 000 (600-3000 repeterende glucose eenheden).

Naast katoen is er de cellulose die geëxtraheerd wordt uit houtpulp. Er zijn verscheidene processen voor de verwijdering van 'niet-cellulose materialen'. Het meest gebruikte proces is het sulfiet proces (wat een oplossing is van calcium bisulfiet en zwaveldioxide), daarnaast is er het sodaproces (wat een oplossing is van natrium hydroxide) en als laatste het sulfaatproces (wat een oplossing is van natrium hydroxide en natrium sulfide). Over het algemeen bevat deze houtpulp ongeveer 88-90% alpha cellulose, maar deze hoeveelheid kan nog afnemen door de reiniging met alkaline en door het bleekproces.

De chemische formule van cellulose is $C_6H_{10}O_5$ en leunt dicht aan tegen de chemische formule van glucose anhydride. Cellulose moleculen bestaan uit vele anhydroglucose eenheden die verbonden worden door beta-glucose-verbindingen. Cellulose kan beschouwd worden als een polymeer van glucose.

Uit een studie van de structuur van cellulose is gebleken dat de moleculen bestaan uit kristallijne gebieden. Dit komt doordat de repeterende eenheid van de cel correspondeert met de cellobiose eenheid van de molecule.



De anhydroglucose eenheden die verbonden worden door beta-glucose-verbindingen vormen de cellobiose eenheid.

Door de overvloedige aanwezigheid van hydroxylgroepen zou cellulose wateroplosbaar moeten zijn. Dit is niet het geval. Dit komt doordat de hydroxylgroepen op gelijke afstanden staan van elkaar, voornamelijk in de kristallijne zones, wat waterstofbindingen vergemakkelijkt. Hoewel cellulose ietwat hygroscopisch is, zijn de intermoleculaire bindingen te groot zodoende dat een oplossing niet kan voorkomen.⁶⁰ Bij cellulosederivaten zijn de ethers en de esters het belangrijkste. De cellulose-esters zijn diegene die in deze thesis worden besproken.

Bij deze materialen worden de drie hydroxylgroepen vervangen door surrogaatgroepen. De substitutiegraad is de term die gegeven wordt aan het aantal hydroxylgroepen dat vervangen is. De maximale substitutiegraad is 3.0. Voor commerciële doeleinden is de substitutiegraad vaak lager dan 3.0 en voor de rest is de substitutiegraad afhankelijk van het eindgebruik.

De mogelijkheid dat een hydroxylgroep reageert met de substitutiegroep is grotendeels afhankelijk van de positie van het molecule en van de positie van het molecule in de vezelstructuur. De reactieomvang wordt grotendeels bepaald door de snelheid van diffusie van het reagens. In een amorf gebied is de diffusie groter dan in een kristallijn gebied. In de bereiding van derivaten is het wenselijk dat er een uniforme substitutie plaats vindt of op zijn minst dat de hydroxylgroepen bij één molecule dezelfde kans op reactie hebben dan die in een ander molecule. Indien dit niet het geval is, zullen de moleculen op het oppervlak wel volledig vervangen zijn, terwijl de moleculen die in het centrum van de vezel zitten niet gereageerd hebben.

⁶⁰ Brydson, J.A., *Plastic Materials*, Butterworth & Heineman, Oxford, 1997

Wanneer een reactie wordt uitgevoerd in een homogene oplossing is het mogelijk een willekeurige graad van substitutie te bekomen. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat de primaire hydroxylgroepen meer reactief zijn dan de secundaire groepen.

De nitratie van cellulose is ongewoon omdat een uniforme reactie kan plaatsvinden terwijl de vezelstructuur behouden blijft. Dit wordt verklaard door het feit dat nitratie een evenwichtreactie is die niet wordt beïnvloed door de vezelstructuur en waarbij de omvang van nitratie bepaald wordt door de sterkte van het nitraatzuur.

Door de onoplosbaarheid van cellulose is het niet mogelijk een uniforme esterificatie uit te voeren met laag organische zuren (azijnzuur, propionaat,...) en in de gevallen waarbij onvolledige substitutiederivaten vereist zijn wordt er een tweevoudige reactie uitgevoerd. Dit houdt in dat er allereerst een totale esterificatie plaatsvindt in een medium waarbij de esters oplossen en dat wordt opgevolgd door een uniforme verwijdering van sommige van de vervangingsgroepen door hydrolyse.⁶¹

4.3.2 Cellulosenitraat

4.3.2.1 Bereiding

Door esterificatie kan er een reactie ontstaan worden tussen nitraatzuur en cellulose. Er kan een verschil zijn in de graad van esterificatie. Dit heeft te maken met het aantal nitraatgroepen dat de plaats inneemt van de hydroxylgroepen. Een volledige substitutie van de drie aanwezige hydroxylgroepen, van de repeterende anhydroglucose eenheden, geeft het explosieve cellulosenitraat, wat 14,14% nitraat bevat. Deze hoge graad van substitutie wordt voor commerciële doeleinden niet meer gemaakt, maar cellulosenitraat met een lagere substitutiegraad wel.

Substitutiegraad	Nitraatinhoud (%)	Toepassing
Cellulose mononitraat	6,76% (theoretisch)	
Cellulose dinitraat	11,11% (theoretisch) 10,7-11,1 11,2-12,3 12,4-13,5	Kunststoffen, lakken Films, lakken Cordite
Cellulose trinitraat	14,14% (theoretisch)	

In de hierbovenstaande tabel kan men aflezen dat de industriële cellulosenitraten (of nitrocellulose) een substitutiegraad heeft tussen 1,9 en 2,7 en dat de materialen met een lagere substitutiegraad een toepassing hebben voor kunststoffen.

Het nitratieproces houdt in, het plaatsen van de katoen linten in een mengsel van nitraat- en zwavelzuur, en daarop volgt de verwijdering, stabilisatie, het bleken en het wassen van het product.

Om het om te vormen naar een kunststof wordt het overgebleven water vervangen door alcohol en het natte alcoholmengsel wordt gemixt met nitraat, kamfer en andere ingrediënten. Dit mengsel wordt door de rollen geperst en nadien in zijn juiste vorm afgesneden.

Vooraleer het nitratieproces plaatsvindt wordt de vochtinhoud gereduceerd tot juist onder 5%. Dit doet men omdat de aanwezigheid van water de voortgang van de reactie zal modificeren en dat leidt tot onstabiele producten. Door de katoen linten open te breken en deze onder een hete-luchtdroger te plaatsen bekomt men de juiste vochtinhoud.

⁶¹ Brydson, J.A., Plastic Materials, Butterworth & Heineman, Oxford, 1997

Het nitratiebad bevat zwavelzuur, wat als condenserende agent fungeert. Het typische bad voor de productie van cellulosenitraat met een nitraat inhoud van 11% van cellulosedinitraat is:

Nitraatzuur: 25%

Zwavelzuur: 55%

Water: 20%

In een standaard proces wordt er 545 kg van het gemixte zuur in het reactievat gegoten en daar wordt 13,5 kg van de gedroogde katoenlinten aan toegevoegd. Het mengsel wordt geroerd met een paar contraroterende roeders en de nitratie wordt uitgevoerd bij een temperatuur van 35 tot 40°C gedurende 20 minuten. Het is interessant op te merken dat de cellulose zijn structuur behoudt gedurende het nitratieproces. De reden hiervan is op pag. 82 terug te vinden.

Het geheel wordt van het reactievat uiteindelijk overgegoten in een centrifuge waardoor het zuurmengsel hersteld wordt. De nitratielinten, die dan nog een grote hoeveelheid zuur bevatten, worden ondergedompeld in een vat waar grote volumes water in aanwezig zijn die het zuurmengsel verdunnen. De resulterende esters worden in opslagvaten gegoten.

In dit stadium is het product zeer onstabiel. Het is aangetoond dat sommige van de zwavelzuren een reactie aangaan met de cellulose hydroxylgroepen en zo sulfaten vormen. Deze hebben de neiging zich af te splitsen en opnieuw zwavelzuur te vormen, welke een autokatalyserende ontleding initiëren die uiterst explosief is. Om dit tegen te gaan kan men proberen de sulfaatgroepen te verwijderen met een stabilisatieproces door de cellulose-esters te koken met water dat een gecontroleerde hoeveelheid zuur bevat en dit voor enkele uren. De neveneffecten hiervan zijn dat er een reductie is wat betreft het moleculaire gewicht en de nitraat inhoud.

Deze gestabiliseerde nitraten moeten gebleekt worden met hypochlorite, gecentrifugeerd om het water te verwijderen en gedroogd worden door een toevoeging van alcohol terwijl het geheel onder druk wordt gezet in een pers. Het is interessant op te merken dat er voor elke geproduceerde ton cellulosenitraat ongeveer 16 000 liter water nodig is. De controle van het te gebruiken water is van groot belang aangezien vooral de ijzerinhoud, de kleur en de hittebestendigheid van het polymeer kan aantasten. Er mogen maximum 0,03 deeltjes ijzer per miljoen in het water aanwezig zijn.⁶²

4.3.2.2 Bereiding van celluloid sheets

Celluloid is een handelsnaam en verwijst naar cellulosenitraat die als plasticizer kamfer heeft.

Kamfer werd origineel verkregen van de boom 'Laurus camphora'. Vanaf ongeveer 1920 wordt er een mengsel afgeleid van terpentijnolie. Bij een fractionele destillatie van terpentijnolie wordt het product pinene verkregen. Door dit te behandelen met hydrochloorisch zuur kan pinene hydrochloride (ook wel bornyl chloride genaamd) geproduceerd worden. Dit wordt dan gekookt met azijnzuur om het materiaal te hydrolyseren tot een racemic borneol, welke bij oxidatie kamfer oplevert.

Het mixen van ingrediënten wordt uitgevoerd in een, door stoom verhitte, deegmixer welke een solvent extraherende afscherming hebben. Een standaardmengsel bestaat uit 10,9 kg cellulosenitraat en 3,6 kg kamfer. De resterende alcohol in het nitraat ontwikkelt een krachtige solventactie en de cellulosenitraat verliest zijn vezelvorm waardoor het hele mengsel een gelatine-achtige massa wordt. De standaard temperatuur tijdens het mixen is rond de 40°C en het mixen duurt ongeveer één uur.

⁶² Brydson, J.A., Plastic Materials, Butterworth & Heineman, Oxford, 1997

In dit stadium kunnen er eventueel ook pigmenten of kleurstoffen worden toegevoegd en wanneer men een waterheldere kunststof wil bekomen, wordt er een kleine hoeveelheid van een vloeibare violetkleurige kleurstof toegevoegd als compensatie voor de flauwe geelachtige kleur van het natuurlijke mengsel. Stabilisatoren zoals zinkoxide, zinkacetaat of urea kunnen toegevoegd worden om de kunststof ervan te weerhouden zuurheid te ontwikkelen. Het celluloidmengsel wordt dan gefilterd door het door een kussen van katoen (pad of calico) en een gaas van koper, gesteund door een zware koperen plaat met een druk van ongeveer 1,5 ton per vierkante inch (1 inch = 2,54 cm) te persen. Elke ongewenste materie wordt zo gescheiden van het celluloidmengsel.

De gefilterde massa wordt dan terug in de mixer geplaatst en de alcoholinhoud wordt gereduceerd tot 25% door het vacuüm te kneden. Een verdere reductie van de alcoholinhoud wordt teweeg gebracht door het geheel te rollen op een afgedekte molen met twee rollen. Het door de molen gedraaide product wordt dan geconsolideerd op een tweebollige rol en afgerold in vellen van ongeveer ½ in. Bij dit stadium is de solvent - inhoud tussen de 12 en de 16%.

Een aantal vellen worden dan in een gegoten doos met een gegroefde basis gelegd. De mal wordt dan in een pers gezet en verwarmd in heet water om de massa te consolideren. In dit stadium moet men oppassen dat men het geheel niet oververhit omdat dit desastreuze explosies tot gevolg kan hebben. De temperaturen hierbij zijn ongeveer 75°C en de druk bedraagt ongeveer 3,5MPa.

Het geheel krijgt dan de kans volledig af te koelen en wordt daarna in plakjes gesneden met een horizontale messen. De dikte van een dergelijke plak ligt tussen de 0,012-2,5 cm.

Schakeringeffecten kunnen verkregen worden door opgevouwen gesneden plakjes opnieuw van druk te voorzien en opnieuw in plakjes te snijden, maar dan scheef. Deze scheef gesneden sheets met verschillende patronen kunnen dan opnieuw van druk worden voorzien etc.

Op deze manier kunnen complexe maar reproduceerbare patronen opgebouwd worden. Deze plakjes bevatten nog steeds hoge hoeveelheden alcohol en het is noodzakelijk om deze plakjes op verhoogde temperaturen te laten uitdrogen. Dit kan drie dagen in beslag nemen bij een temperatuur van 49°C voor plakjes met een dikte van 0,025 cm, maar voor een blok van 2,5 cm zal het tot 56 dagen duren. De verwijdering van alcohol gaat gepaard met een aanzienlijke krimp. Een sheet dat volledig uitgedroogd is, heeft nog een vluchtige inhoud van 2% waarvan het grootste deel uit water bestaat maar waar nog steeds een restant aanwezig is van alcohol. Het sheet kan gepolijst worden onder verhitting tussen glazen platen onder druk voor een paar minuten. Omdat dit een thermoplastisch materiaal is, moet men wachten tot het materiaal afgekoeld is vooraleer men de pers mag verwijderen.⁶³

⁶³ Brydson, J.A., Plastic Materials, Butterworth & Heineman, Oxford, 1997

4.3.2.3 Structuur en eigenschappen van celluloid

Een nitratie van cellulose opgevolgd door een toevoeging van de plasticizer kamfer heeft tot gevolg dat de dichte structuur van de cellulose moleculen reduceert. Waar cellulose onoplosbaar is in solventen, met uitzondering van diegene die een chemische reactie aangaan, is celluloid wel oplosbaar in solventen, zoals aceton en amyl acetate. Kamfer kan opgelost worden door chloroform en gelijkaardige solventen, welke cellulosenitraat niet oplossen.

Het oplosbare karakter dat gecreëerd wordt door toevoeging van kamfer geeft celluloid thermoplastische eigenschappen dankzij de reductie van interne krachten. Aangezien de cellulose- molecule onbuigzaam zijn en het product zelf dus stijf is, toont celluloid ook geen rubberachtige eigenschappen bij kamertemperatuur, zoals geplastifieerde PVC.

Van zo'n polair product kan verwacht worden dat het geen goede elektrische isolerende eigenschappen heeft, in het bijzonder bij hoge frequenties. De hoge dielectrische constante is opmerkelijk.

De chemische weerstand van celluloid is niet goed. Het wordt aangetast door zuren en basen, ontkleurt door blootstelling aan zonlicht en heeft de neiging te verharderen door veroudering. De meest nefaste eigenschap van het materiaal is het ontvlambare karakter.

Typische fysische eigenschappen van celluloid zijn in de tabel vergeleken met andere cellulose esters.

Fysische eigenschappen van cellulose-esters						
	Cellulose-nitraat	Cellulose-acetaat	Cellulose-acetaat-butyraat	Cellulose-acetaat-propio-naat	Cellulose-propio-naat	Ethyl-cellulose
Specifieke Zwaarte-kracht	1.35 -1.40	1.27 -1.32	1.15 -1.22	1.19 -1.23	1.18 -1.24	1.12 -1.15
Refractieve Index (25°C)	1.5	1.47-1.5	1.47-1.48	1.46-1.49	1.46-1.49	1.47
Trekkracht (MPa)	5-10	3.5-11	2.5-7.5	3.5-7.3	2-6	6-9
Ultieme stress/strain	10-40	5-55	8-80	30-100	45-65	10-40
Rockwell M Hardheidstest	25-50	-30-+75	0-80	60-120	-15-+106	-25-+80
Vloei temp. (Tm)	145-152	115-165	115-165	150-180	145-180	100-150
Vervormings Temp (Tv)		50-100	56-94	45-110	51-70	50-66
Volume weerstand 50% R.H., 25°C	~1013	~1014	~1014	~1014 -1016	~1014 -1017	~1017
Dielectrische Constante 60 Hz	6.7-7.3	3.5-7.5	3.7-4.5	3.7-4.0	3.0-3.5	2.7
Kracht factor 60 Hz	0.06 -0.15	0.01 -0.07	0.008 -0.012	0.01 -0.04	0.017 -0.02	0.007
% Water absorptie 2x 1/8 in disc	0.6-2.0	1.0-3.0	0.9-2.4	1.5-2.8	1.6-2.0	0.5-1.5

De hoge ontvlambaarheid en zijn relatief slechte chemische weerstand hebben tot gevolg dat het materiaal een zeer beperkte toepassing kent voor industriële doeleinden. Het materiaal wordt enkel gebruikt door de volgende eigenschappen:

1. waterheldere transparantie van de basis samenstelling, maar ook in staat om hoog attractieve multi-gekleurde sheets te vormen.
2. onbuigzaamheid
3. redelijke hardheid
4. in staat om zich na krimp vast te hechten

4.3.2.4 Toepassingen

De jaarlijkse productie van celluloid is verwaarloosbaar in vergelijking met de wereldwijde productie van andere kunststoffen.

De toepassing voor cinematografische film, fietsonderdelen (fietspomp covers, spatborden) en speelgoed, bereid door het blowing proces vertrekkende van een vlak sheet, zijn nu totaal verwaarloosbaar.

Nu wordt cellulosenitraat nog gebruikt voor de handvaten van messen, tafeltennisballetjes en brilmonturen. Het blijvende gebruik als handvat van messen is te danken aan het leuke uitzicht en de mogelijkheid van het materiaal om zich na krimp vast te hechten aan de extensie van het mes. Tafeltennisballetjes worden ook nog steeds uit cellulosenitraat vervaardigd omdat men met nieuwere polymeren niet dezelfde 'opvering (bounce)' krijgt als die van de originele cellulosenitraat tafeltennisballetjes. Brilmonturen worden ook nog steeds uit cellulosenitraat verkregen door hun attractieve kleur, hoewel er echter vaak wordt geadviseerd om cellulose-acetaat te gebruiken.⁶⁴

⁶⁴ Brydson, J.A., Plastic Materials, Butterworth & Heineman, Oxford, 1997

4.3.3 Cellulose-acetaat

4.3.3.1 Bereiding

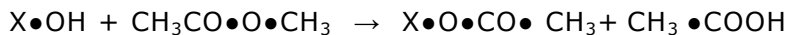
De methodes die vandaag de dag gebruikt worden voor de bereiding van cellulose-acetaat zijn onder te verdelen in twee categorieën. De eerste bestaat uit een homogene acetylactie waarbij geacetyleerde cellulose in een solvent wordt opgelost en de tweede methode is een heterogene techniek waarbij de structuur van de cellulosevezel behouden blijft.

De mogelijkheid van acetylactie van de cellulose groepen is sterk afhankelijk van zijn positie in de vezel. Aangezien de cellulosevezels vooraf niet opgelost kunnen worden, kan het zijn dat sommigen volledig geacetyliseerd zijn, terwijl anderen onaangeroerd blijven. Het is dus belangrijk om de cellulosevezel allereerst volledig te acetylisieren en daarna het resulterende triacetaat materiaal, welk oplosbaar is in bepaalde solventen, terug te hydrolyseren in een oplossing. Onder deze omstandigheden is de hydrolyse van een acetyl groep in een molecule gelijk aan de reactie mogelijkheid van deze groepen in een andere molecule. Een gelijke substitutiegraad lager dan drie mag verkregen worden.

De bereiding van de acetaat bij een homogene acetylactie kan onderverdeeld worden in vier stadia:

1. voorbehandelen van de cellulose
2. acetylactie
3. hydrolyse
4. rijping

Het doel van de voorbehandeling van de cellulose is het open maken van het cellulosemateriaal om zo een gelijke substitutiegraad te verkrijgen en om de acetylactie reactie te versnellen. De acetylactie wordt gewoonlijk uitgevoerd in een roerende mixer uit brons. Het mengsel bevat drie componenten; een acetylerende agens (welke azijn anhydride is), een katalysator (welke geconcentreerd zwavelzuur is) en een verdunningsmiddel.



Een aantal katalysatoren zijn uitgetest, maar geconcentreerd zwavelzuur wordt, tot op de dag van vandaag, het meest toegepast. Het dateert van 1879 en is geïntroduceerd door Francimont.

Het verdunningsmiddel, welk meestal een solvent is voor de acetaat, vergemakkelijkt de reactie, in het bijzonder de controle over de temperatuur. Azijnzuur wordt hier het vaakst voor gebruikt, ofwel alleen, ofwel met toevoeging van andere materialen. Het mag toegevoegd worden, maar wordt in ieder geval ook gevormd tijdens de acetylactie van de cellulose. Het laag kokende solvent methyleen dichloride (b.p. 40°C) wordt het vaakst toegevoegd bij het azijnzuur. Een voordeel in het gebruik van methyleen dichloride is buitensporige exothermische warmte verwijderd wordt als latente warmte van verdamping wanneer de methyleen dichloride kookt. Tijdens het koken worden er blaasjes gevormd en wanneer het reactie mengsel wordt toegevoegd begint het mengsel vaak te sudderen.

In het zogeheten 'Dormagen proces', ontwikkelt door IG Farben, werd de katoen eerst voorverwarmd met 30 tot 40% (van zijn eigen gewicht) gekristalliseerde azijnzuur voor 1 tot 2 uur.

Het voorbehandelde materiaal werd dan gevoed aan de acetylerders, welke bestaan uit horizontale, bronzen cilinders.

Bij elke 100 deeltjes van de voorbehandelde cellulose werd het volgende mengsel toegevoegd bij een temperatuur van 15-20°C:

- 300 deeltjes azijn anhydride
- 400 deeltjes methyleen dichloride
- 1 deeltje zwavelzuur

Gekoeld water passeerde door de bekleding van de reactor om ervoor te zorgen dat de temperatuur niet meer dan 50°C bedroeg.

Na 5-6 uur is de esterificatie compleet en het product dat dan gevormd is, wordt primaire cellulose genaamd.

De acetylatietechnieken die nu gebruikt worden zijn gelijkaardig aan het Dormagen proces en worden continu of per baksel uitgevoerd in een deegtype mixer.

Na het acetylatie proces, welk er ook gekozen wordt, vangt het rijpingsproces aan. Het rijpingsproces wordt uitgevoerd zonder dat de triacetaat geïsoleerd wordt. Ongeveer 20-25% van het gewicht van de cellulose wordt aangelengd met verdund azijnzuur of water. De hydrolyse duurt ongeveer 72 uur. De voortgang van het hydrolysatieproces wordt opgevolgd door de oplosbaarheid van het mengsel van acetaat in alcohol, benzeen en aceton te controleren. Wanneer de gewenste substitutiegraad bereikt is, wordt er een hoeveelheid water aan het gemixte mengsel toegevoegd. Daarna wordt het grondig gewassen en gedroogd in een elektrische of vacuümoven. Wil men het product laten dienen als basis voor de cinematografische film dan wordt de cellulose-acetaat nog verder gezuiverd.

Op dit moment wordt er naar het product verwezen onder de naam 'secondary cellulose acetaat'. Er zijn verschillende substitutiegraden nodig voor verschillende doeleinden.

Invloed op de substitutiegraad en de eigenschappen en het gebruik van cellulose-acetaat				
Substitutie- graad	Acetyl inhoud (%-COCH ₃)	Azijnzuur (%)	Oplosbaarheid	Toepassingen
2.2-2.3	36.5-38.0	52.1-54.3	Oplosbaar in aceton	Injectie mallen
2.3-2.4	38.0-39.5	54.3-56.4		Films
2.4-2.6	39.5-41.5	56.4-59.3		Lakken
2.8-3.0	42.5-44	60.7-62.8	Onoplosbaar in aceton, oplos- baar in chloroform	Triacetaat films en vezels

4.3.3.2 Samenstelling van cellulose-acetaat

De cellulose molecule is onbuigzaam en vormt sterke waterstofbindingen met aangrenzende moleculen. Het is dus onoplosbaar en decomponeert voordat het verzacht door verhitting. Gedeeltelijke vervanging van de hydroxylgroepen door acetylgroepen heeft een groot aantal gevolgen:

1. het vermindert de (interchain) waterstofbindingen
2. het verhoogt (interchain) separatie
3. het maakt het polymeer minder polair; de polariteit is afhankelijk van de substitutiegraad

Door deze invloeden is cellulose-acetaat oplosbaar in een aantal media, hoewel een vloeistof die geschikt is als solvent voor cellulose-acetaat met een substitutiegraad van twee vermoedelijk niet oplost, maar wel met substitutiegraden van één of drie.

Cellulose acetaat zal steeds smelten onder zijn T_v punt. Het is dus noodzakelijk om cellulose-acetaat te vermengen met plasticizers zodat de kunststof geschikte vloeieigenschappen heeft. Andere ingrediënten kunnen op dat moment ook toegevoegd worden.

Hoewel de hoofdreden van het toevoegen van een plasticizer is om de werkingstemperatuur van de samenstelling onder de temperatuur te houden waarbij het polymeer decomponeert, heeft het bijkomende gevolgen. Een verhoging van de hoeveelheid plasticizer zal de smelt viscositeit reduceren op een gegeven temperatuur en dit zal het proces vergemakkelijken. De fysische eigenschappen van het afgewerkte product zullen modificeren. Zo zal de hardheid toenemen en de temperatuur waarbij het polymeer ontleedt, reduceren.

De belangrijkste plasticizers voor cellulose-acetaat zijn dimethyl ftalaat ($s=21,4$), triacetin ($s=20,3$) en trifenylfosfaat ($s=20,0$). Dimethyl ftalaat wordt het meest gebruikt omdat het goedkoop is, een hoge compatibiliteit heeft met secondary cellulose-acetaat en omdat het de flexibiliteit verhoogt, de hardheid en de vloeibare bij een gegeven temperatuur. De algemene nadelen van dimethyl ftalaat zijn dat het zeer vluchtig is en de ontvlambaarheid van de samenstelling verhoogt. Gelijk qua compatibiliteit maar niet wat betreft de vluchtigheid is diethyl ftalaat. Dit materiaal heeft minder invloed op de flexibiliteit en de vloeieigenschappen dan dimethyl ftalaat.

Trifenyl fosfaat is een kristallijne vloeistof welke minder compatibiliteit heeft met het polymeer. Het wordt vaak in samenwerking met dimethyl ftalaat gebruikt en heeft de voordelen dat het vlamweerstand biedt en de weerstand tegen water verhoogt.

Triacetin is vroeger belangrijk geweest aangezien het compatibel is en andere voordelen heeft, maar het is essentieel om een samenstelling te vinden welke weinig kost om te kunnen overleven naast de synthetische polymeren en plasticizers. Plasticizers zoals ethyl ftalaat ethyl glycollaat hebben superieure eigenschappen maar worden vandaag de dag niet meer gebruikt.

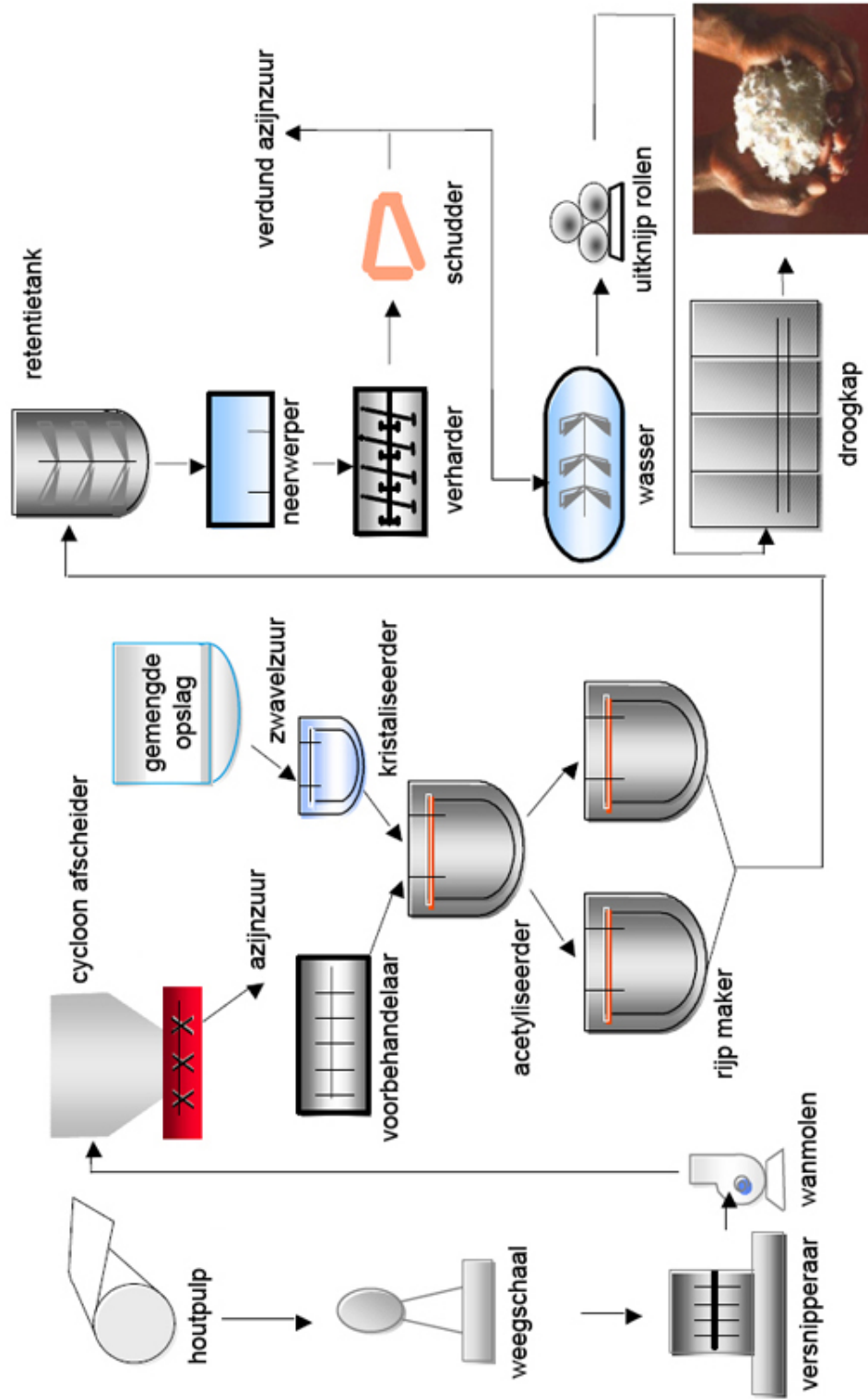
Er worden ook kleine hoeveelheden van een stabiliseerder toegevoegd om een goede weerstand te bieden tegen het weer. Deze stabilisatoren zijn de gebruikelijke ultraviolet licht absorbeerders, zoals fenyl salicylaat en verscheidene benzoaten. Trifenyl fosfaat heeft ook een heilzame invloed.

Andere toevoegingen kunnen goedkope vulmiddelen zijn zoals castorolie, kleurmiddelen of pigmenten, glijmiddelen en heel soms vulmiddelen.

De samenstelling kan met een nat of droog proces gebeuren. Bij het natte proces, nu in onbruik geraakt, worden de ingrediënten gemixt met een deegmixer tot een viskeuze oplossing in aceton. Het resulterende product wordt op een hete tweerollige molen gerold om de aceton te laten uitdrogen. In dit stadium is het belangrijk de vellen te laten uitdrogen totdat de solventinhoud gereduceerd is tot een tolereerbaar laag niveau.

Nu worden vooral droge processen verkozen. Ze zijn gelijkaardig aan diegene die de meeste thermoplasten ondergaan. Ze bevatten het gebruik van extruders, uitdrijving door persing.

Vlok Proces



4.3.3.3 Structuur en eigenschappen van kunststoffen vervaardigd uit cellulose-acetaat

Kunststoffen uit cellulose-acetaat hebben geen uitmuntende eigenschappen. Hun blijvend gebruik voor mallen en extrusions hebben ze te danken aan hun sterkte, goed voorkomen en redelijke kost, hoewel deze laatste eigenschap niet opweegt als men kijkt naar de lage prijzen voor kunststoffen uit vinyl, Polyvinylchloride, polystyreen en polypropyleen. Evenals andere kunststoffen kunnen ze alle kleuren aannemen, inclusief een waterheldere transparantie. De werkwijze is redelijk eenvoudig aangezien ze in een droge korrelvorm worden geleverd.

Vergeleken met de kunststoffen uit vinyl, heeft cellulose-acetaat een hoge waterabsorptie, slechte elektrische isolerende eigenschappen, beperkte weerstand tegen veroudering en warmte en het lost gemakkelijk op in een groot aantal reagens. Wanneer cellulose-acetaat een DS van 2,4 heeft is het oplosbaar in aceton en vergelijkbare solventen. Wanneer de DS toeneemt tot 3 verlegt de oplosbaarheid zich meer naar apolaire solventen, bijvoorbeeld chloor koolwaterstoffen.

Er is een grote variëteit aan cellulose-acetaat samenstellingen voor commerciële doeleinden en het verschil is afhankelijk van drie grote factoren:

1. de ketenlengte van de cellulosemolecule
2. de graad van acetylatie
3. het type en de hoeveelheid plasticizer(s)

Tijdens de vorming van cellulose-acetaat neemt er een bepaalde hoeveelheid ketendegradatie plaats.

De polymerisatiegraad van de commerciële acetaat esters is gewoonlijk tussen de 175 en de 360. Hoe groter het moleculair gewicht, hoe hoger de vloeitemperatuur en de temperatuur waarbij het polymeer breekt door warmte. Variaties in het moleculair gewicht hebben minder effect dan variaties in de graad van substitutie (acetylatie) en de hoeveelheid en gebruikte plasticizer.

De graad van een acetylatie verhogen van een diacetaat zal het aantal hydroxylgroepen doen verminderen en dat versterkt de weerstand ten opzichte van water. Het polymeer wordt minder polair en de solvent eigenschappen wijzigen. Een verhoging van de graad van acetylatie vermindert de hardheid, de kracht (impact strength) en waterabsorptie, maar verhoogt de temperatuur waarbij het polymeer gaat vloeien.⁶⁵

Invloed van de hoeveelheid plasticizer (dimethyl ftalaat) op sommige fysische eigenschappen Cellulose-acetaat samenstellingen			
Deeltjes dmf per 100 pts polymeer	37.8	30.0	22.6
Vloeitemperatuur (°C)	130	140	152
Verlenging (%)	8.0	6.5	5.0
Tensile strength (MPa)	45	56	68
Flexure strength (MPa)	77	98	120
Rockwell Hardheidstest (M)	79.5	90.5	101.1
Waterabsorptie (%)	2.13	2.47	3.24
Logen (48u) (%)	0.58	0.52	0.45
Gewichtsverlies (1 week 150°C) (%)	2.40	086.	0.53

⁶⁵ Brydson, J.A., Plastic Materials, Butterworth & Heineman, Oxford, 1997

4.3.3.4 Toepassingen

Zoals reeds aangehaald in de tekst wordt cellulose-acetaat gebruikt voor zijn redelijke hardheid, transparantie en groot kleurenpalet. Het is niet geschikt wanneer goede elektrische isolerende eigenschappen, weerstand voor warmte, weer, chemicaliën en waar dimensionale stabiliteit vereist is. Zijn grootste toepassing kent cellulose-acetaat voor films en sheets. Door zijn grote transparantie wordt het als film voor fotografische doeleinden gebruikt en voor verpakkingen. De sheets worden gebruikt voor verscheidene doeleinden. De dunne sheets worden gebruikt voor hoog kwalitatieve display boksen terwijl dunnere sheets voornamelijk voor brilmonturen worden gebruikt. De triacetaat film wordt gebruikt voor wenskaarten en voor gespecialiseerde elektrische toepassingen, zoals niet geleidende separatoren (centrifuge).

Het gebruik van cellulose-acetaat voor mallen en extrusies gebeurt minder en minder door de overhand van de synthetische polymeren, zoals styreen en de polyolefinen.

Het grootste uitzetgebied is voor luxegoederen zoals, kammen, tandenborstels, haarvlimmetjes, etc. Het bereidingsproces voorziet geen grote problemen, met moet enkel voorzichtig zijn voor oververhitting en wanneer de korrels droog zijn. De temperaturen en de druk variëren tussen de 160 en de 250°C en tussen de 7 en de 15 ton/in², afhankelijk van de substitutiegraad. De beste injectiemallen worden verkregen wanneer men begint met een warme mal.

Secondary cellulose-acetaat is altijd gebruikt voor vezels en lakken, terwijl de triacetaatvezel in Groot-Brittannië wordt verkocht onder de naam Tricel.

4.3.3.5 Bio-afbreekbare cellulose-acetaat samenstellingen

Dankzij de samenwerking tussen het 'Battelle Institute' in Frankfurt en een Duits kaarsenbedrijf, 'Aeterna', is de bio-afbreekbare cellulose-acetaat beschikbaar sinds 1991 in de dochtermaatschappij 'Tubize Plastics' in de Rhône streek. De handelsnaam van het product is 'Bioceta en Biocellat'. Het systeem is gebaseerd op het gebruik van een additief dat zowel fungeert als plasticizer dan als bio-afbreekbare reagens. Dit zorgt ervoor dat het product na een periode van 6 tot 24 maanden decomposeert.

Het initiële gebruik was een geblow moulded vat voor kaarsen van plantaardige olie. Door zijn bio-afbreekbare eigenschappen was dit ook toepasselijk voor materialen waarbij papier en kunststof samen worden gebruikt, en wat na gebruik als een papier in het standaard papier recycleer proces wordt verwerkt. Voorbeelden hiervan zijn 'blister' verpakkingen (combinatie van karton waarover een strakke laag (max. 3 mm dik) kunststof is aangebracht) en enveloppen met een doorkijkraampje.

In vergelijking met andere kunststoffen die als verpakkingsmateriaal dienen heeft deze samenstelling wat nadelen, zoals een hoge waterdampmermeabiliteit, een gelimiteerde warmteweerstand en een afnemende dimensionale stabiliteit bij ongeveer 70°C. Het product is ook aanzienlijk duurder dan de polyolefinen.

Door het feit dat de samenstelling slechts een kort leven beschoren is, kan dit product enkel gebruikt worden voor materialen die hun functie voldaan hebben binnenin een paar maanden.⁶⁶

⁶⁶ Brydson, J.A., Plastic Materials, Butterworth & Heineman, Oxford, 1997

4.3.4 Andere Cellulose-esters

Met azijnzuur zijn er ook andere cellulose-esters gemaakt, waaronder cellulosepropionaat, cellulosepropionaat-acetaat en cellulose-acetaat-butyraat. Deze materialen hebben langere zijketens dan cellulose-acetaat, en met gelijke graden van esterificatie, moleculair gewicht en plasticiser zijn deze iets zachter met een lagere dichtheid, iets lagere warmte ontledingstemperatuur en vloeien ze iets gemakkelijker. Het groter aandeel koolwaterstoffen in het polymeer resulteert in iets lagere waterabsorptie waarden (zie tabel pag. 85).

Soms kan cellulose-acetaat ook zachter zijn dan de andere cellulose-estersaangezien ze gemodificeerd kunnen worden wat betreft ketenlengte, substitutiegraad en het type en de hoeveelheid toegevoegde plasticizer.

4.3.4.1 Cellulose-acetaat-butyraat

Cellulose-acetaat-butyraat (CAB) wordt voor een aantal jaren geproduceerd in de Verenigde Staten door het bedrijf 'Tenite Butyrate-Kodak' en in Duitsland door 'Cellidor-B-Bayer'.

In een typisch manufacturatieproces wordt de gebleekte houtpulp of de katoenlinten voorbehandeld gedurende 12 uur met 40 tot 50% zwavelzuur en na droging met azijnzuur. Daarna vindt de esterificatie plaats van de behandelde cellulose met een mengsel van butyric zuur en acetic anhydride met nog een kleine hoeveelheid zwavelzuur, wat dienst doet als katalysator. Commerciële producten verschillen extensief wat betreft de verhouding acetaat-butyraat.

De lagere waterabsorptie, betere vloeieigenschappen en lagere dichtheid van CAB vergeleken met cellulose-acetaat zijn niet de redenen voor hun blijvend gebruik. Er zijn andere volledig synthetische thermoplasten welke superieur zijn qua eigenschappen, een lagere prijs hebben en geen butyric zuur geur afscheiding geven. Zijn principiële kracht, waardoor hij kan concurreren met andere materialen, komt door zijn sterkte, goed voorkomen en gemakkelijke vorming in een mal (door droge korrels als basis voor een mal). Wanneer het materiaal volledig vloeibaar is, kan men er ook in dippen, wat een harde, glanzende afwerking geeft en welke enkel kan nagestreefd worden met veel duurdere alternatieven. CAB is ook gemakkelijk om vacuüm te vormen. Er zijn een aantal injectie mouldings gemaakt met CAB, maar met ongeveer 19% gecombineerde azijnzuren en 44% gecombineerde butyric zuren. De principiële einddoelen hiervan zijn als tabulator keys, auto-onderdelen, speelgoed en handvaten voor gereedschap. In de Verenigde Staten is CAB gebruikt voor telefoonhokjes.

Geëxtrudeerde buizen van CAB zijn in Amerika gebruikt voor het vervoeren van water, olie en natuurlijke gassen. Sheets uit CAB zijn competitief aan de sheets uit acryl voor buitenhuizige uithangborden.

4.3.4.2 cellulose propionaat

Vanaf het midden van de jaren '50 werd cellulose propionaat commercieel beschikbaar onder de handelsnaam 'Fotichel-Celanese'. Dit materiaal is zeer gelijkaardig aan CAB wat zowel de kost als de eigenschappen betreft. Zoals bij de andere esters zijn er verschillende graden van esterificatie, het type en de hoeveelheid plasticizer. De verschillen tussen eigenschappen van de verschillende graden zijn over het algemeen groter dan de verschillen tussen 'medium' graden van cellulose-propionaat en CAB. Een zachte graad van propionaat heeft een treksterkte van 2000 lbf/in² (42 MPa) en een vervormingstemperatuur, T_v , van 70°C.

4.3.4.3 Cellulose-acetaat-propionaat

Cellulose-acetaat-propionaat (Tenite Propionate-Kodak) is gelijkaardig aan cellulose propionaat. Door de kortere zijketens zijn deze twee kunststoffen harder, stijver en hebben ze een grotere treksterkte dan CAB. Zoals CAB zijn ze gemakkelijk vacuüm te vormen, hebben ze gelijkaardige einddoelen, waaronder stuurwielen, handvaten voor werktuigen, veiligheidsbrillen en blister verpakkingen.

De meeste andere cellulose-esters worden bereid in een laboratorium. De enige die belangrijk genoeg is te vermelden is cellulose caprate, met de handelsnaam 'decoate'. Het materiaal zou nuttig zijn als optische cement.⁶⁷

⁶⁷ Brydson, J.A., Plastic Materials, Butterworth & Heineman, Oxford, 1997

Deel 5: Onderzoek naar de hechting van een transparante kunststoffolie

5.1 De hechting

In dit onderdeel wordt kort toegelicht welke factoren er belangrijk zijn om een hechting te bekomen.

5.1.1 De hechting: algemeen

In een voorwerp zijn er cohesiekrachten. Deze krachten zijn afkomstig van de primaire bindingen, welke de afzonderlijke atomen bij elkaar houden en de secundaire bindingen welke de moleculen samen houden.

Deze krachten werken over zéér kleine afstanden van enkele Ångströms, de maat van atomen ($1\text{Å} = 10^{-10}\text{m}$). Daarentegen is de afstand tussen twee stukken van een gebroken voorwerp, wanneer ze tegen elkaar worden gehouden, in verhouding zeer groot, in het gunstige geval een fractie van een millimeter = 10^7Å , wat nog altijd een miljoen keer groter is dan de afstand waarover cohesiekrachten werken. Wanneer men met behulp van een microscoop naar het oppervlak van een gebroken voorwerp kijkt, dan ziet men dat het oppervlak waarvan men dacht dat het (met het blote oog) volkomen vlak was, microscopisch gezien uit bergen en dalen bestaat en dat hierdoor twee oppervlakken van een gebroken voorwerp niet meer perfect bij elkaar passen. Het blijkt dat de twee stukken alleen maar contact met elkaar hebben op enkele punten en dat het grootste gedeelte van de ruimte tussen twee oppervlakken, uit lucht bestaat.

Er zijn, in het algemeen, twee manieren om materialen aan elkaar te hechten.

De eerste manier is mechanisch, met behulp van klemmen en schroeven of door middel van aan elkaar naaien. Hierbij verloopt het mechanisme van de hechting zonder een totstandkoming van primaire of secundaire bindingen tussen atomen en moleculen.

De tweede manier is fysisch-chemisch, met behulp van een lijm of hechtmiddel.⁶⁸

5.1.2 Criteria originele materialen

Hoe groter het contactoppervlak tussen het te hechten oppervlak en het hechtmiddel is, des te effectiever zal de verbinding zijn. Hoe groter het oppervlak is, des te meer bindingsplaatsen er zullen zijn. Om een zo groot mogelijk contactoppervlak te krijgen zijn er drie dingen van belang.

Ten eerste moet het oppervlak zo schoon mogelijk zijn, d.w.z. dat het vrij moet zijn van vaste stoffen die een binding tussen het hechtmiddel en het te hechten voorwerp kunnen verhinderen. Stof of ander los vuil dat niet goed gebonden zit aan het oppervlak kan het hechtmiddel verhinderen zijn werk te doen.

Een vervelend verschijnsel is dat onmiddellijk wanneer een voorwerp gebroken is, de nieuw gevormde oppervlakken aangetast kunnen worden door zuurstof, waterdamp of andere gasvormige verontreinigingen. De atomen aan het oppervlak die vóór het kapot gaan van het voorwerp nog deel uitmaakten van de gezamenlijke cohesie, zijn nu vrij om bindingen aan te gaan met atomen en moleculen van zuurstof, water en eventuele andere gasvormige verontreinigingen. Hierdoor zullen bijvoorbeeld metalen, doordat er primaire bindingen tussen de metaal-atomen en de zuurstofmoleculen zullen ontstaan, worden geoxideerd.

⁶⁸ Van Oosten T., "Uitgangspunten bij het gebruik van synthetische materialen voor conservering en restauratie, Problemen op het gebied van verstevigen, lijmen en vernissen", laboratorium voor Onderzoek van Voorwerpen van Kunst en Wetenschap, Amsterdam, 3 december 1991

Ten tweede wordt gesteld dat hoe ruwer het oppervlak is, des te beter. Dit doordat bij een ruwer oppervlak, het totale oppervlak dat contact kan maken groter is dan bij een glad oppervlak. Dat wil niet zeggen dat het noodzakelijk is voorwerpen op te ruwen. Dit geeft aan waarom leer, hout, papier en textiel die van nature een vezelstructuur hebben, zo'n uitstekend (letterlijk) en uitstekend (figuurlijk) oppervlak voor het lijmen hebben en een gladde kunststof niet. Een derde voorwaarde is dat het object het hechtmiddel moet kunnen opnemen. Dit is grotendeels afhankelijk van de viscositeit en de oppervlaktespanning van het hechtmiddel en de porositeit van het object. Poreuze materialen nemen meer vloeistof op dan niet poreuze materialen.

5.1.3 Criteria hechtmiddelen

Zoals hierboven reeds beschreven zijn de oppervlaktespanning en de viscositeit van groot belang. Het hangt van de oppervlaktespanning af, of een materiaal kan bevochtigd worden of niet. Als er een sterke aantrekking bestaat tussen de moleculen van de vaste stof en die van de vloeistof, zal de vloeistof het oppervlak bevochtigen. Als echter de secundaire bindingen tussen de moleculen van de vloeistof (de cohesie) sterker zijn dan de binding tussen de vloeistof en het materiaal (de adhesie), zal de vloeistof zich niet over het oppervlak verspreiden en als druppeltjes op het oppervlak blijven liggen. Hoe lager de oppervlaktespanning van een vloeistof, des te gemakkelijker zal de vloeistof zich over een oppervlak verspreiden en het oppervlak kunnen bevochtigen. De viscositeit is een maat voor de stroperigheid, de mobiliteit, de interne wrijving of de taaiheid van een vloeistof. Hoe lager de viscositeit, des te gemakkelijker zal een vloeistof zich over een oppervlak verspreiden. Men kan de viscositeit verlagen door de temperatuur te verhogen.

Bij de restauratie van kunstwerken is het zeer belangrijk dat de lijmverbinding te allen tijde de zwakste schakel is en blijft, zodoende dat wanneer het object onder spanning staat, de lijmverbinding breekt en niet het kunstobject zelf.⁶⁹

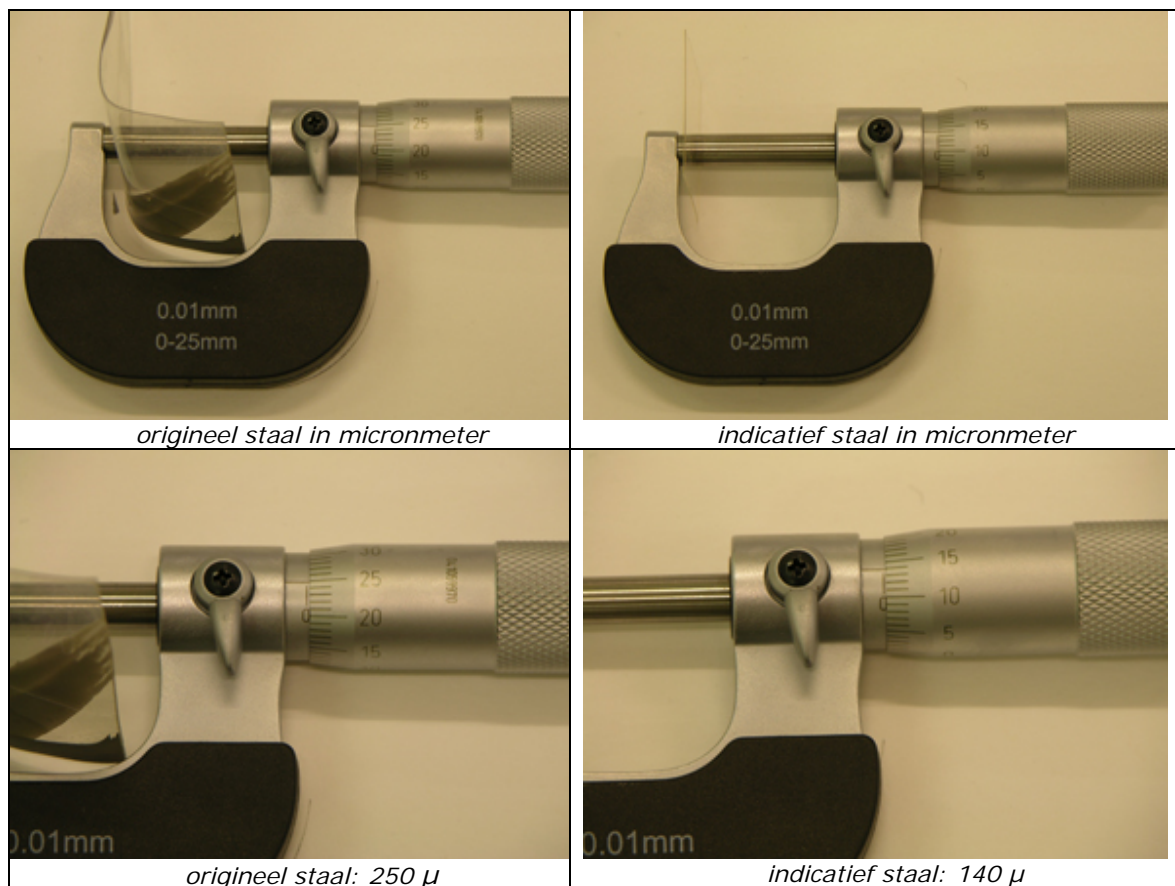
⁶⁹ Van Oosten T., "Uitgangspunten bij het gebruik van synthetische materialen voor conservering en restauratie, Problemen op het gebied van verstevigen, lijmen en vernissen", laboratorium voor Onderzoek van Voorwerpen van Kunst en Wetenschap, Amsterdam, 3 december 1991

5.2 Testen

De testen die werden uitgevoerd waren in functie van de restauratie van het kunstwerk van Carla Accardi. Op het schadebeeld op pag. 4 zijn de scheuren aangeduid welke van een nieuwe hechting moeten voorzien worden.

5.2.1 Teststalen

Voor de teststalen, die gebruikt werden voor de indicatieve tests uit te voeren, werden er met een snijmes stalen gesneden met een afmeting van 5 X 5 cm, uit een sheet van cellulose-acetaat. Hierin werd een schuine snede gemaakt van 3 cm. Illustraties van deze stalen zijn te zien op de volgende pagina's.



Op de afbeeldingen hierboven wordt met de micronmeter aangeduid wat de dikte is van het indicatief staal, welke 140 μ is, en een los stuk van het originele werk, welke 250 μ is. Aangezien de dikte van een sheet het hechtingsproces beïnvloed, is het belangrijk sheets te vinden die dezelfde dikte hebben als het origineel.

Daarom is er contact opgenomen met verschillende bedrijven die gespecialiseerd zijn in de bereiding van cellulose-acetaat, waaronder Awamolding⁷⁰, Albis Benelux B.V.⁷¹, Eastmann Chemical⁷², Spartech PEP, Courtaulds Chemicals&Plastics Ltd en La-Es s.p.a.⁷³. Veel van deze bedrijven produceren geen cellulose-acetaat meer of enkel onder de vorm van vlokken of korrels.

Enkel het Italiaanse bedrijf La-Es kon ons verder helpen en heeft 5 sheets cellulose-acetaat opgestuurd met telkens een afmeting van 24 X 30 cm en de juiste dikte. Voor de initiële tests op klein formaat (5 X 5 cm) is er gebruik gemaakt van de dunnere sheets, welke in de Schleiper van Gent zijn aangekocht.

5.2.2 Verlijmen

Om een hechting te bekomen tussen materialen wordt het vaakst gegrepen naar lijmen. Op basis van de hierboven beschreven criteria zijn Polyamide Textil®, Paraloid B 72® en Paraloid B 67® geschikte lijmen.

Polyamide Textil is de handelsnaam voor een thermoplastisch hars, meer specifiek, nylon 12. Door de thermoplastische eigenschappen van dit synthetische polymeer smelt het poeder door warmte.

Er zijn twee soorten polyamide textiel, namelijk polyamide textiel nr. 5065, welke smelt bij een temperatuur van 90°C en polyamide textiel nr. 256, welke smelt bij een temperatuur rond de 110 °C.⁷⁴ Ik heb polyamide textiel nr. 5060 gekozen omdat deze een lager smeltpunt heeft en zo de glasovergangstemperatuur van cellulose-acetaat minder benadert, welke rond de 170°C ligt.

Een voordeel van het gebruik van Polyamidetextiel nr. 5060 is dat de brekingsindex hiervan nauw aanleunt bij die van cellulose-acetaat. Polyamidetextiel nr. 5060 heeft een brekingsindex van 1,5650 en cellulose-acetaat heeft een brekingsindex van 1,4750. Dit heeft tot gevolg dat de lijmnaad minder zichtbaar zal zijn.

De makkelijkste manier voor de toepassing is om een hete soldeernaald (of encaustieknaald) in het poeder te steken om daarna de smeltende polyamide aan te brengen over de scheur. Bij afkoeling stolt de vloeistof en gaat over in een vaste vorm. Men spreekt hier van een fysische uitharding.

Paraloid B 72 is de handelsnaam voor een ethyl methacrylaat copolymeer en Paraloid B 67 is de handelsnaam voor een isobutyl methacrylaat polymeer.

Het verschil tussen deze twee polymeren is dat Paraloid B 72 flexibeler is dan Paraloid B 67. Ze zijn beiden compatibel met aceton wat zeer goed verenigbaar is met cellulose-acetaat en wat als oplosmiddel fungeert.

Indien het oplosmiddel verdampt blijft de lijm achter als een vaste en transparante materie. De gevormde binding is afkomstig van de secundaire bindingskrachten tussen de moleculen van de lijm en de moleculen van het te lijmen oppervlak. Het voordeel van deze lijmen, ten opzichte van lijmen die bij afkoeling stollen (Polyamide Textil), is dat deze lijmen dankzij hun lage viscositeit gemakkelijker over het oppervlak verspreid kunnen worden en reversibeler zijn. Ook zouden deze beide paraloidmengsels geen neiging hebben tot vergeling.

⁷⁰ <http://awamolding.nl> (07-11-2007)

⁷¹ albisbenelux@albis.com (08-11-2007)

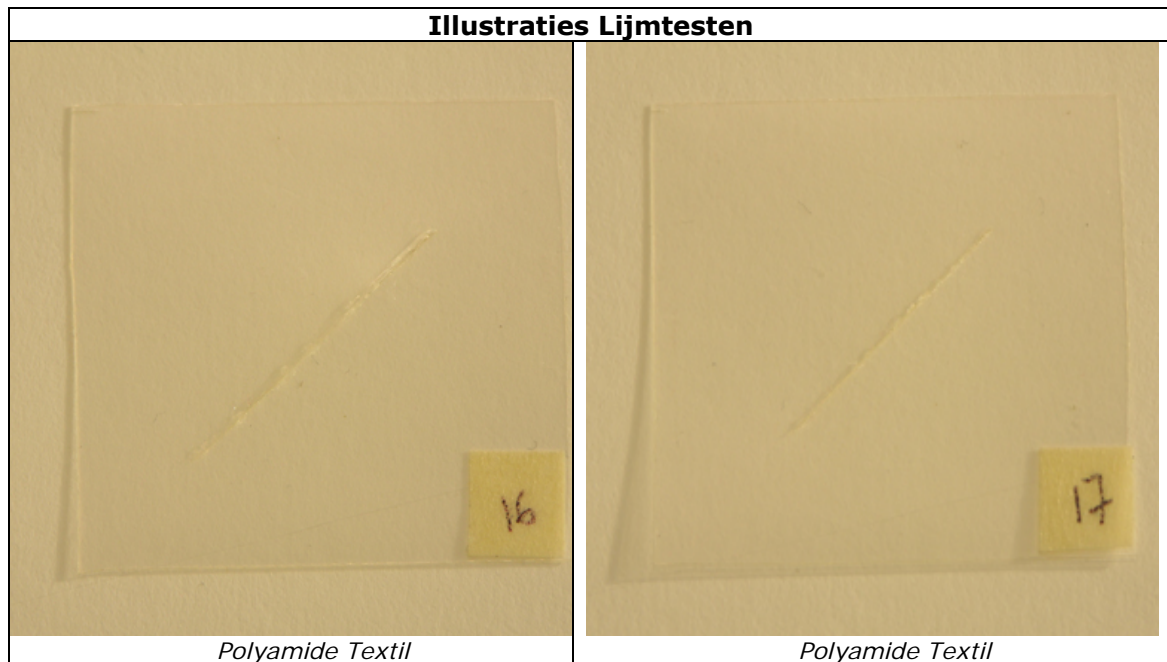
⁷² <http://www.eastmann.com> (08-11-2007)

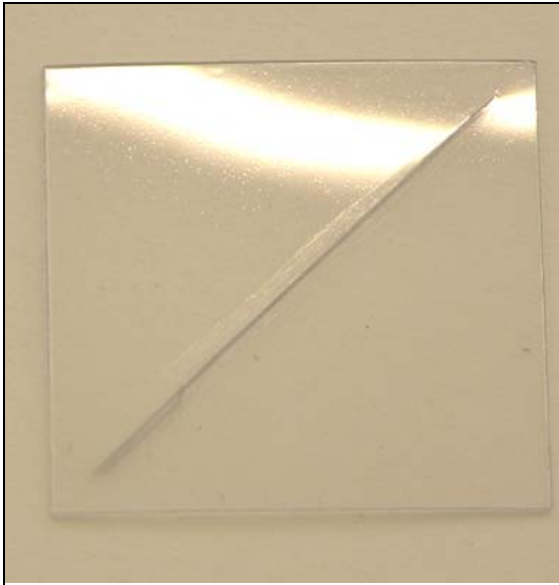
⁷³ <http://www.la-es.com> (08-11-2007)

⁷⁴ (3-10-2004)

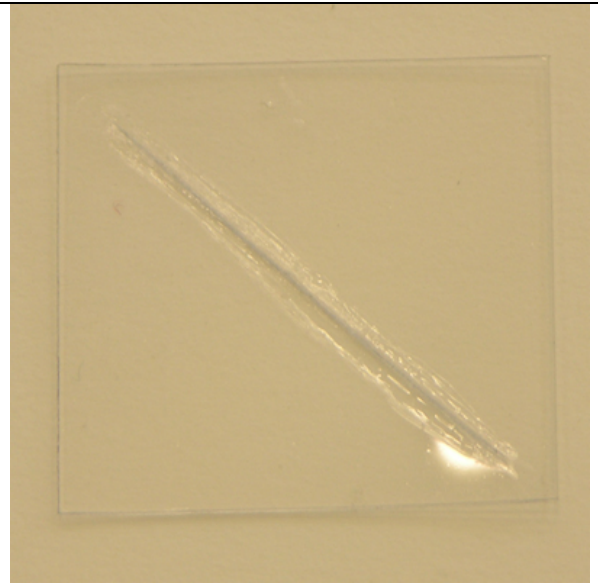
Er zijn twee verschillende soorten mengsels aangemaakt met de twee soorten paraloid, bij de eerste mengsels zijn beide soorten paraloid opgelost in 20% aceton en bij het tweede mengsel zijn de beide soorten paraloid opgelost in 40% aceton. Het eerste mengsel is visceuzer waardoor het zich makkelijker verspreidt in de scheuren en het tweede mengsel is sterker aangezien er zich een groter percentage lijm (werkende stof) in het mengsel bevindt. Dit heeft als extra voordeel dat er minder krimp optreedt bij de verdamping van het oplosmiddel, waardoor het object na verlijming minder onder spanning zal komen te staan.

Lijmtesten				
Staalnummer	lijmsoort	Manier van aanbrengen	Buffer	Resultaat op 6
16	Polyamidetextiel n 5060	Hete naald	Melinex	1/6
17	Polyamidetextiel n 5060	Hete naald	Melinex	2/6
Zie onder illustratie	Paraloid B 67, 20% in aceton	penseel	Melinex	3/6
Zie onder illustratie	Paraloid B 72, 20% in aceton	penseel	Melinex	6/6
Zie onder illustratie	Paraloid B 67, 40% in aceton	penseel	Melinex	5/6
Zie onder illustratie	Paraloid B 72, 40% in aceton	penseel	Melinex	4/6

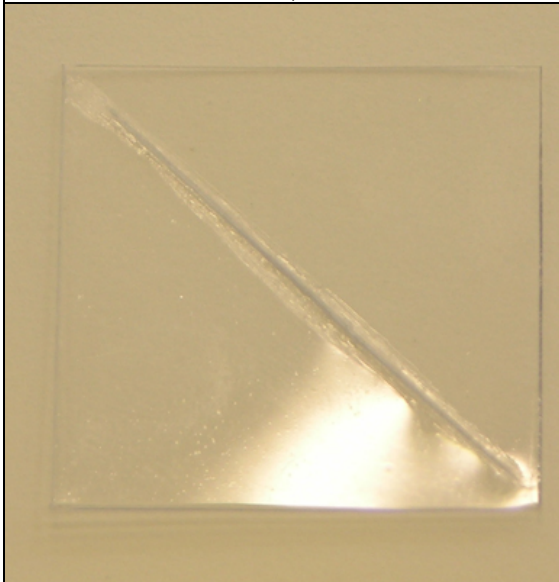




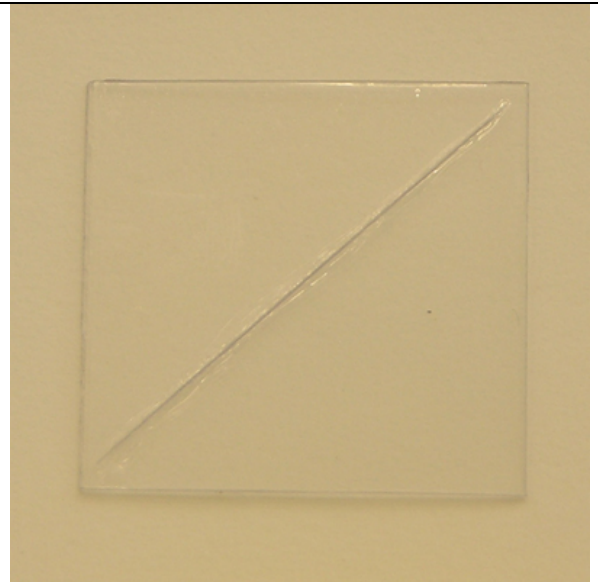
Paraloid B 67, 20% in acetone



Paraloid B 72, 20% in acetone



Paraloid B 67, 40% in acetone



Paraloid B 72, 40% in acetone

5.2.2.1 Resultaat

Stalen met de nummers 16 en 17 zijn op eenzelfde manier verlijmd met Polyamide Textil, waardoor beide stalen een gelijkaardig resultaat geven. De combinatie warmte en lijm geeft esthetisch een goed beeld, maar het probleem dat zich stelt is dat de warmte van de encaustieknaald niet regelbaar is. In het volgende hoofdstuk is te lezen dat een plotse warmte niet goed is voor een polymeer en een temperatuur boven de 180°C doet de kunststof boven zijn Tg waarde gaan. Dit moet zeker vermeden worden.

Ook brengt de toevoeging van een ander polymeer, namelijk nylon, spanningen teweeg doordat het andere verouderingseigenschappen heeft en ook anders beweegt. Na verloop van tijd is de nylon steviger dan de sheet uit cellulose-acetaat. Hierdoor zal het niet de nylon zijn die breekt, maar het kunstobject zelf. De nylon zal dan verwijderd moeten worden. Gedurende een korte beginperiode is nylon oplosbaar in water, nadien zullen solventen als toluen, n-hexaan en koolstof tetrachloride de nylon verwijderen, maar met deze solventen wordt cellulose-acetaat ook aangetast.⁷⁵ De aantasting bestaat erin dat de cellulose-acetaat week zal worden door het contact met de solventen waardoor de nylon zich enkel dieper vastzet in de cellulose-acetaat.

Een laatste manier voor de verwijdering van de Polyamide Textil is door deze mechanisch te verwijderen met een scalpel. Het gevaar hiermee is dat men kleine krassen maakt op het object. Dit is bij een glanzend en hoog reflecterend materiaal als cellulose-acetaat meteen zichtbaar, doordat deze zone mat wordt. Ook de alkydverf zal hierdoor beschadigd worden.

Bij de testen met Paraloid was het de vraag welke soort Paraloid (Paraloid B 72 of Paraloid B 67) en welk percentage (20% of 40% opgelost in aceton) de beste resultaten zou geven.

Het voordeel van de Paraloidmengsels opgelost in 20% aceton was dat deze visceuzer waren en hierdoor de te hechten zones beter konden bevochtigen. Een ander voordeel is dat men het mengsel dunner kan aanbrengen waardoor de lijmnaad minder in het oog springt.

Het voordeel van de Paraloidmengsels opgelost in 40% aceton was dat deze een hoger percentage werkende (klevende) stof hadden en minder krimp veroorzaakten bij verdamping van de aceton. Het beste resultaat werd verkregen met de meest flexibele soort Paraloid, namelijk Paraloid B 72 waarvan 20% opgelost in aceton. Een voordeel wat betreft de veroudering van Paraloid is dat deze niet (?) zou vergelen en oplosbaar blijft in aceton.

In de Universiteit van Gent op het departement voor 'Polymer Chemistry & Biomaterials Research Group' zijn er stress en strain testen uitgevoerd met de verschillende soorten stalen. Ook hier behaalde Paraloid B 72 de beste resultaten. De grafiek waarop de resultaten staan is afgebeeld op pag. 125.

Het beste resultaat is op de grafiek telkens aangeduid met groen en het slechtse resultaat met rood.

⁷⁵ <http://pslc.ws/macrog/property/solpol/ps4.htm> (24-03-2008)

5.2.3 Sealen met warmte

Naast het verlijmen, bestaan er nog andere technieken om thermoplastische kunststoffen aan elkaar te hechten, namelijk door deze thermisch te verbinden. Zoals reeds besproken hoofdstuk 4.2.3. Glasovergangstemperatuur en verwerkingstemperatuur, kan een thermoplastisch polymeer verweken of vloeibaar worden door een verhoging van de temperatuur. Het is deze eigenschap die centraal staat in dit onderdeel.

Onder sealen verstaat men dichtsolderen. Met solderen bedoelt men het met warmte aan elkaar verbinden. In de industrie worden er weer andere termen gebruikt zoals lassen en met warmte vervormen. Wat het verschil is tussen deze twee termen wordt hieronder uitgelegd.

Onder lassen verstaat men het boven het smeltpunt met elkaar verbinden van twee stukken van hetzelfde materiaal, al dan niet met behulp van een tussen materiaal, waarvan de samenstelling, nagenoeg geheel hetzelfde is aan het te lassen materiaal.

Onder warm vervormen verstaan we het van vorm veranderen van het materiaal in het gebied waarbij de kunststof elastisch is. In principe moet men bij warmvervormen de volgende techniek volgen.

Het materiaal wordt opgewarmd tot het gebied, waarin de thermoplastische kunststof zich in een elastisch buigbare toestand bevindt. Dan wordt de gewenste vervorming uitgevoerd en tenslotte wordt het materiaal in deze toestand afgekoeld, waardoor het nieuwe model wordt gefixeerd, d.w.z. als het ware bevroren.

Voor een goed begrip van het warm vervormen zijn de volgende punten van belang:

1. Het temperatuurstraject, waarin voor één bepaalde kunststof het warm vervormen moet worden uitgevoerd, kan worden onderverdeeld in het gebied met de lagere temperaturen en het gebied met de hogere temperaturen. Het gebied met de lagere temperaturen wordt gebruikt voor vervormingen waarbij een grote rek optreedt. Het vervormen moet daarbij dan langzaam geschieden. Het gebied van de hogere temperaturen wordt meestal voor de eenvoudigere vervormingen gebruikt en voor die vervormingen die bestand moeten zijn tegen hogere gebruikstemperaturen.

2. Het zogenaamde 'plastic geheugen' is ook van groot belang. Bij herverwarmen van een vervormd voorwerp zal blijken dat dit voorwerp teruggaat naar de dimensies van het uitgangspunt. Dit verschijnsel noemen we het 'plastic geheugen'. Aan de ene kant heeft dit het voordeel dat men bepaalde vervormingen desnoods tweemaal kan uitvoeren. Wel moet men er zich van bewust zijn dat dit niet meer mogelijk is eens het polymeer over zijn verwekingstemperatuur is gegaan of beschadigd.

3. Men moet rekening houden met het feit dat alle kunststoffen slechte warmtegeleiders zijn. Het verwarmen kan geschieden in een oven met luchtcirculatie, in warme olie, op een verwarmingsplaat of met een open, zuurstofarme vlam. Bij alle methoden moet een langzame doorwarming worden toegepast. Oververhitting moet worden voorkomen. Extreme temperaturen hebben geen zin, omdat de doorwarming van het materiaal geheel bepaald wordt door het langzame warmtetransport door het materiaal heen. Het warm vervormen zal voor iedere kunststof moeten geschieden in het temperatuurgebied waarbij de kunststof rubberachtig elastisch is en kristallietvrij. Temperaturen gelegen boven de T_m , waar de kunststof dus overwegend vloeibaar is, moeten bij warm vervormen worden vermeden.⁷⁶

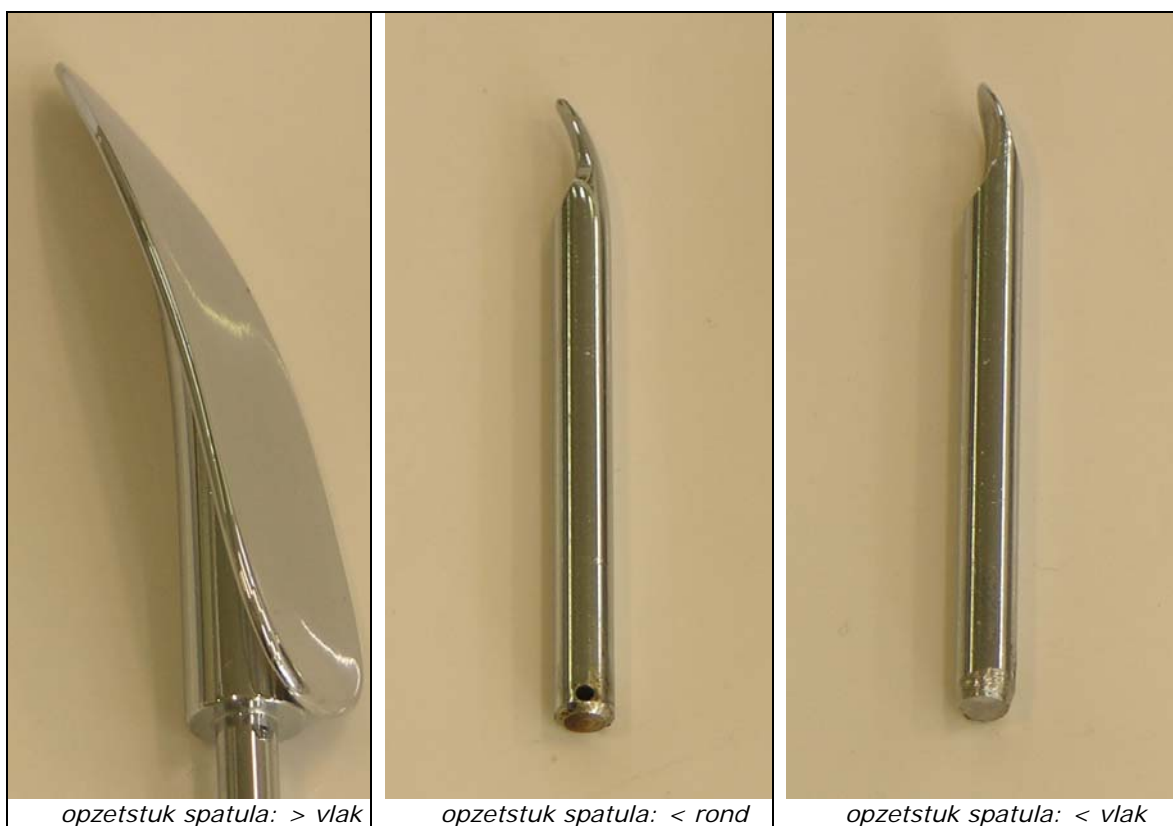
Deze technieken worden toegepast in de industrie, voor polymeren als polyvinylchloride, polyethyleen, polypropyleen en polymethylmethacrylaat. Er zijn geen resultaten bekend voor de semi-synthetische cellulose-esters die ik bespreek in mijn thesis.

⁷⁶ Vervenne, P., "Technologie", Departement Architectuur en Audiovisuele Kunst, Hogeschool Gent, 1998

Deze technieken zijn nog niet gebruikt voor de restauratie van kunststoffen. Daarom zijn er tests uitgevoerd om de voordelen en nadelen van deze techniek uit te zoeken op het vlak van conservatie en restauratie.

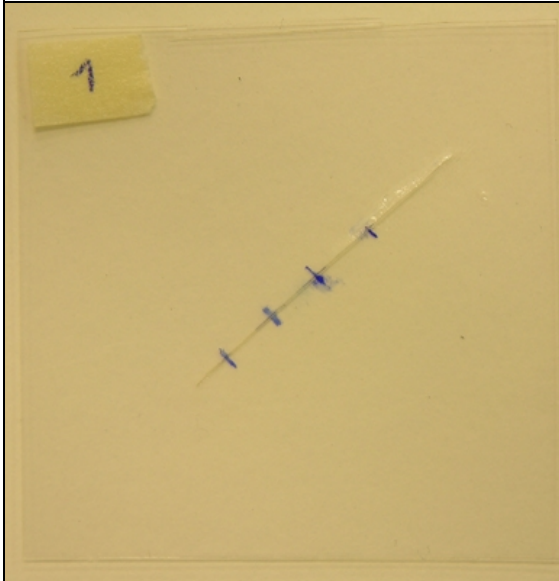
Aangezien men bij het lassen het kunstobject boven zijn glasovergangstemperatuur moet verwarmen en dit vermeden moet worden aangezien het blijvende deformaties aan het origineel materiaal kan veroorzaken, wordt hier niet op ingegaan. De punten die van belang zijn voor het warm vervormen zijn ook van belang voor het sealen.

Allereerst werden er initiërende sealtests ondernomen om meer informatie te verkrijgen over het effect dat een verhogende temperatuur heeft op een staal van cellulose-acetaat. Ook werden er verschillende soorten opzetstukken gebruikt voor de spatula om te ontdekken wat het effect is van het gebied van verwarming.



Initiërende sealtests					
Staalnr.	Spatula	Temperatuur spatula	Aantal sec. seal	Vlakkingsgewicht	Resultaat op 8
1	< rond	65, 75, 90, 130, 180°C	X	X	1/8
2	< rond	227,5 °C	X	X	2/8
3	< vlak	180°C	20 sec.	X	5/8
4	< vlak	180°C	50 sec.	X	4/8
5	< vlak	180°C	20 sec.	X	3/8
6	< vlak	155°C	30 sec.	120 sec.	6/8
7	< vlak	155°C	50 sec.	240 sec.	8/8
8	> vlak	155°C	120 sec.	240 sec.	7/8

Illustraties Initiërende sealtests



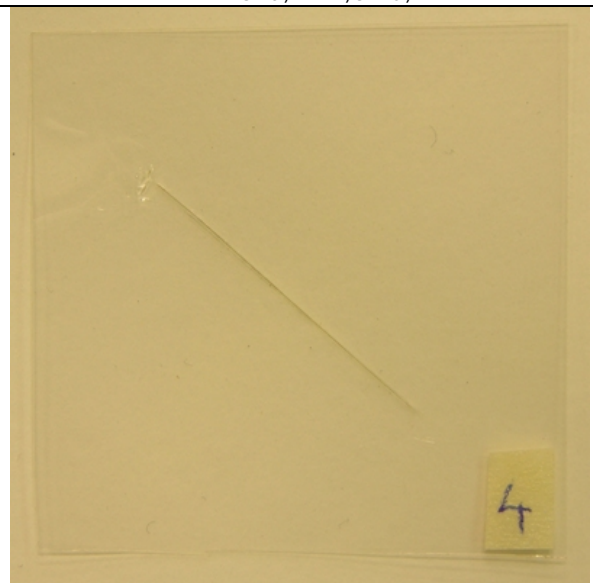
< rond, 65°C – 180°C, x



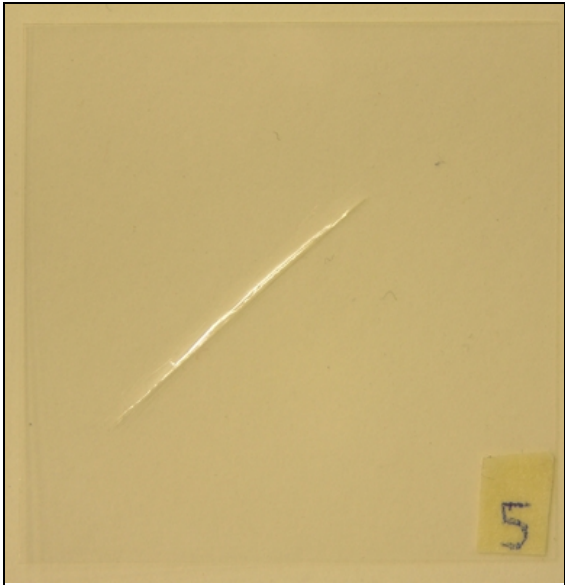
< rond, 227,5 °C, x



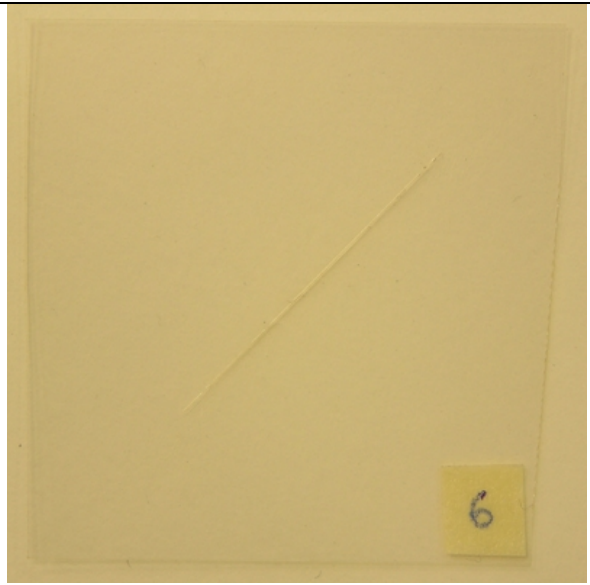
< vlak, 180°C, 20 sec.



< vlak, 180°C, 50 sec.



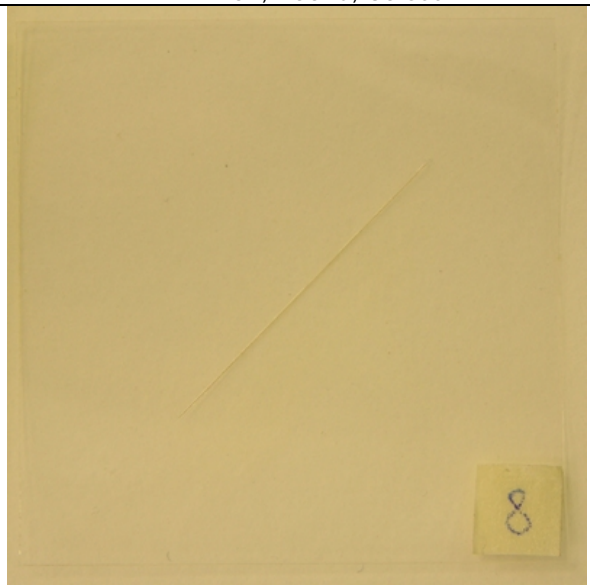
< vlak, 180°C, 20 sec.



< vlak, 155°C, 30 sec.



< vlak, 155°C, 50 sec.



> vlak, 155°C, 120 sec.

5.2.3.1 Resultaat initiërende sealtests

Dankzij deze initiërende sealtests is vastgesteld dat een temperatuur boven de 180°C de cellulose-acetaat vloeibaar, plastisch maakt. Hieruit kunnen we concluderen dat we de Tv overschreden hebben, wat niet de bedoeling is. We moeten proberen het gebied tussen de Tg en Tv, de Tm proberen te bereiken, m.a.w. het gebied waarbij de kunststof rubberachtig elastisch wordt (tussen glasgebied en plastisch gebied).

Ook is vastgesteld dat de duur van verwarming, het gebied van verwarming en de druk die uitgeoefend wordt mede bepalend is. Er moet een goede verhouding worden gevonden tussen deze factoren.

Daarom worden bij de volgende sealtests:

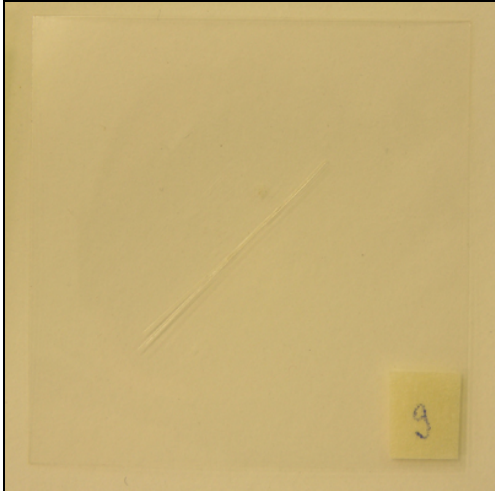
1. drie verschillende opzetstukken van de spatula gebruikt, welke verantwoordelijk zijn voor het gebied van verwarming
2. variaties gemaakt in de temperatuur om de Tm te bepalen, tussen de 155°C en 180°C.
3. variaties gemaakt in het aantal seconden dat de spatula op kunststof aanwezig is, om de duur van verwarming te bepalen, namelijk 20, 40 en 60 seconden.
4. een druk veroorzaakt met een ijzeren gewicht gedurende 120 seconden, omdat deze mede de sterkte van de nieuwe hechting bepaald.
5. nagekeken of er een hechting bekomen wordt en zo ja, hoe sterk deze hechting is.

Sealtests					
Staal-Num-mer	Spatula	Temperatuur spatula	Aantal seconden seal	Aantal seconden vlakken	Resultaat op 18
9	> vlak	155°C	20 sec.	120 sec.	16/18
10	> vlak	155°C	40 sec.	120 sec.	18/18
11	> vlak	155°C	60 sec.	120 sec.	17/18
12	> vlak	180°C	20 sec.	120 sec.	9/18
13	> vlak	180°C	40 sec.	120 sec.	8/18
14	> vlak	180°C	60 sec.	120 sec.	7/18
15	< rond	155°C	20 sec.	120 sec.	13/18
16	< rond	155°C	40 sec.	120 sec.	12/18
17	< rond	155°C	60 sec.	120 sec.	10/18
18	< rond	180°C	20 sec.	120 sec.	6/18
19	< rond	180°C	40 sec.	120 sec.	5/18
20	< rond	180°C	60 sec.	120 sec.	4/18
21	< vlak	155°C	20 sec.	120 sec.	11/18
22	< vlak	155°C	40 sec.	120 sec.	15/18
23	< vlak	155°C	60 sec.	120 sec.	14/18
24	< vlak	180°C	20 sec.	120 sec.	3/18
25	< vlak	180°C	40 sec.	120 sec.	2/18
26	< vlak	180°C	60 sec.	120 sec.	1/18

De foto's die rechts staan afgebeeld in de tabel zijn genomen onder een stereo microscoop met een vergroting van 2,5.

De foto's zijn genomen met een digitaal fototoestel van AxioCam en een belichting van de stalen is voorzien door flexibele koudelichtlampen van Scholt.

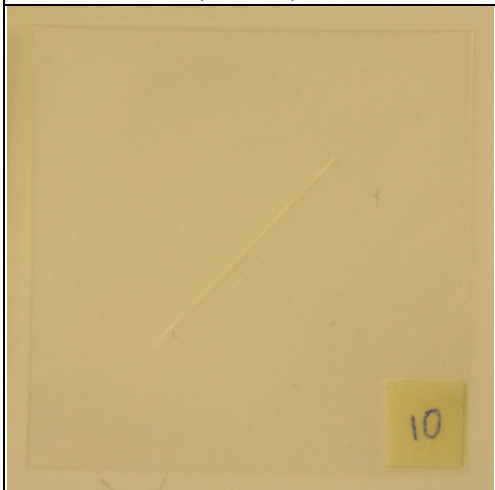
Illustraties van sealtests



> vlak, 155°C, 20 sec.



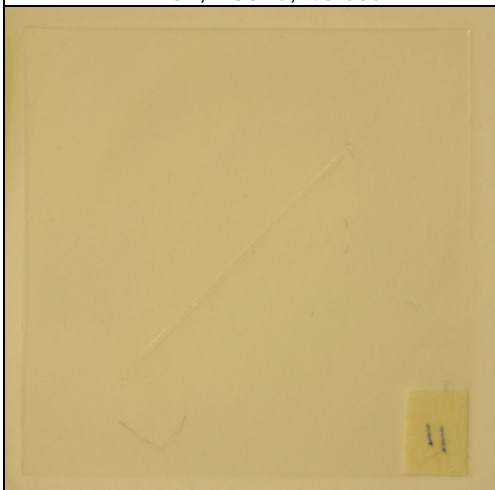
microscopische vergroting: x 2,5



> vlak, 155°C, 40 sec.



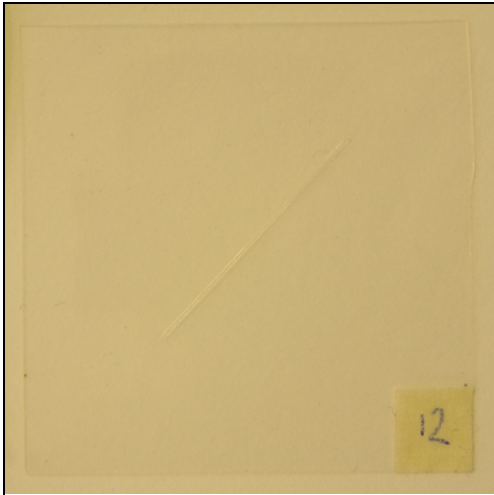
microscopische vergroting: x 2,5



> vlak, 155°C, 60 sec.



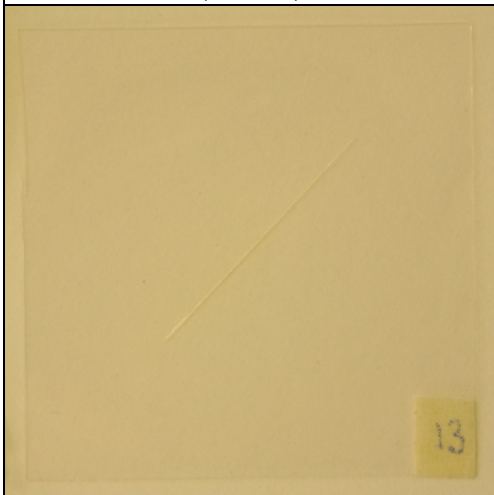
microscopische vergroting: x 2,5



> vlak, 180°C, 20 sec.



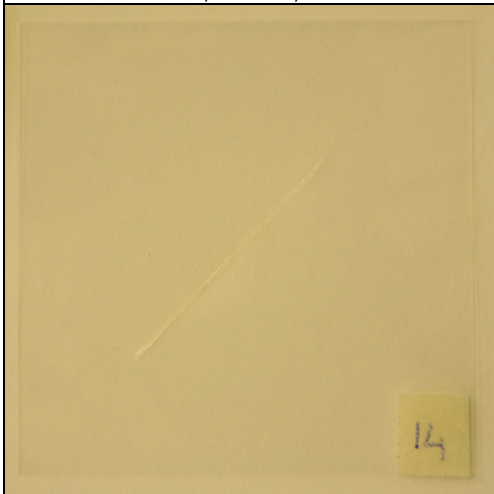
microscopische vergroting: x 2,5



> vlak, 180°C, 40 sec.



microscopische vergroting: x 2,5



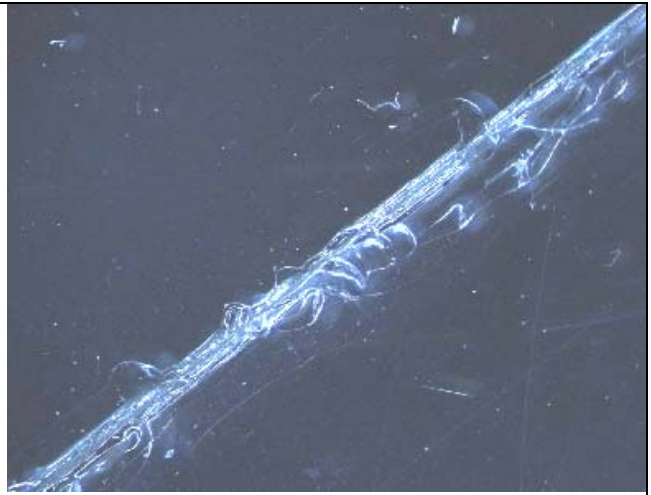
> vlak, 180°C, 60 sec.



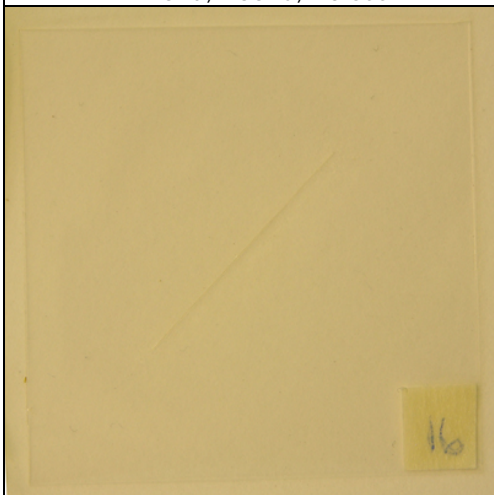
microscopische vergroting: x 2,5



< rond, 155°C, 20 sec.



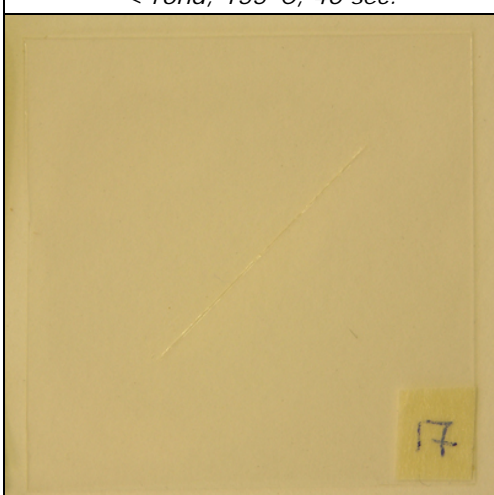
microscopische vergroting: x 2,5



< rond, 155°C, 40 sec.



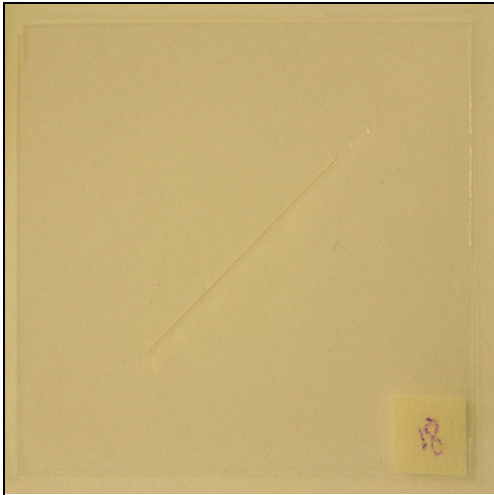
microscopische vergroting: x 2,5



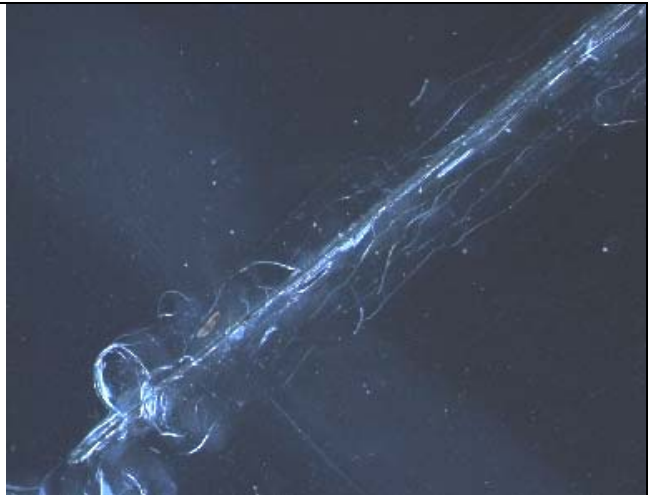
< rond, 155°C, 60 sec.



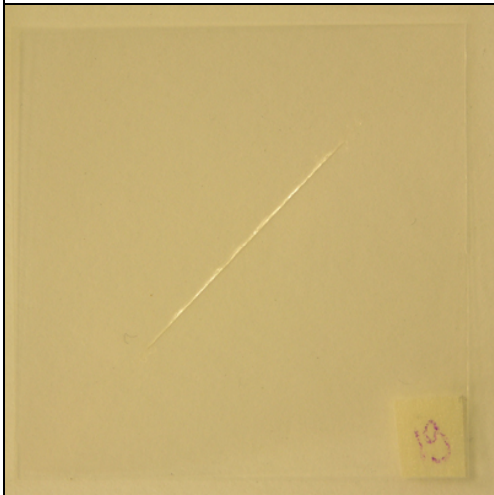
microscopische vergroting: x 2,5



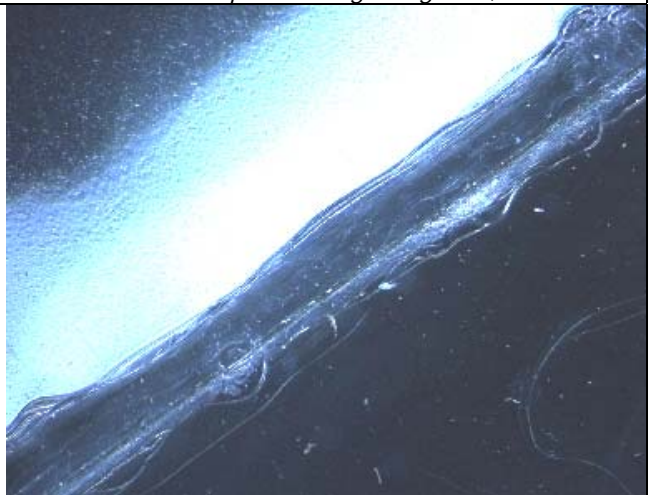
< rond, 180°C, 20 sec.



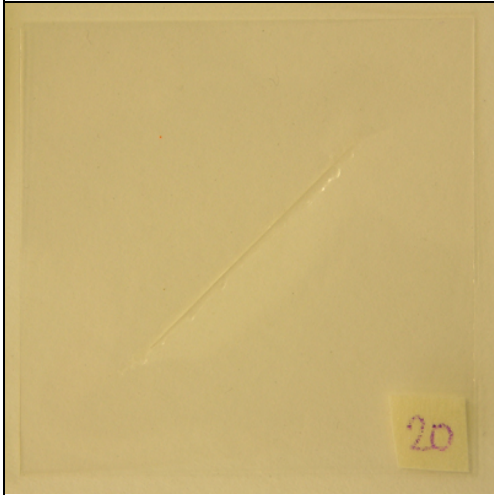
microscopische vergroting: x 2,5



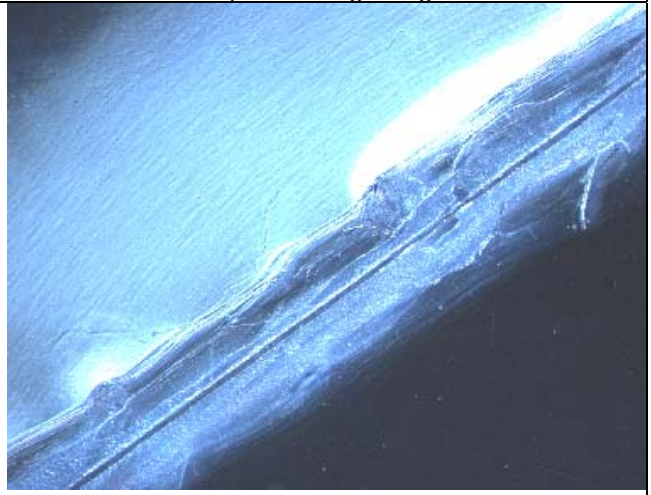
< rond, 180°C, 40 sec.



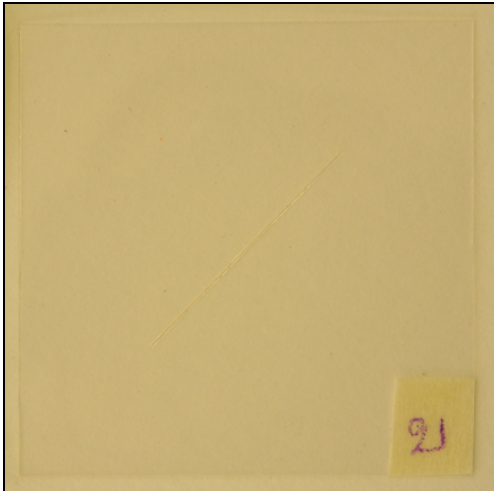
microscopische vergroting: x 2,5



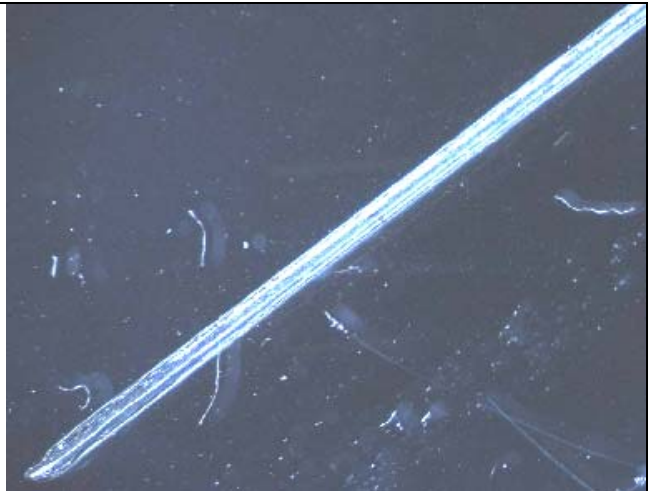
< rond, 180°C, 60 sec.



microscopische vergroting: x 2,5



< vlak, 155°C, 20 sec.



microscopische vergroting: x 2,5



< vlak, 155°C, 40 sec.



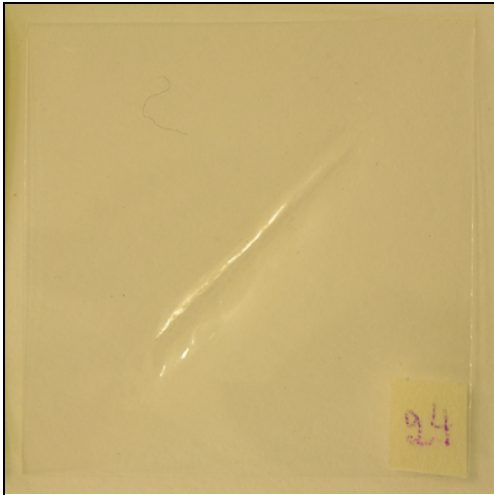
microscopische vergroting: x 2,5



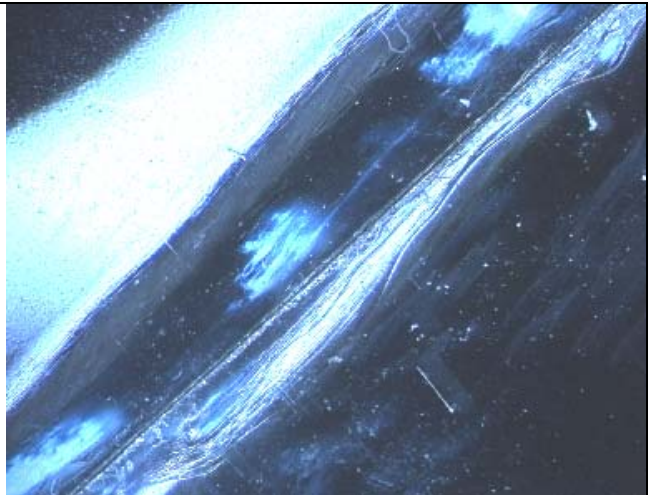
< vlak, 155°C, 60 sec.



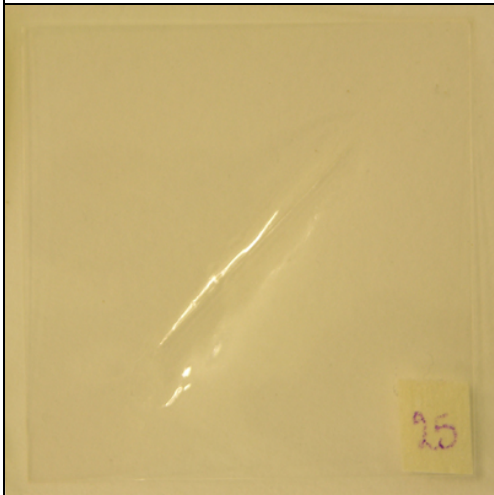
microscopische vergroting: x 2,5



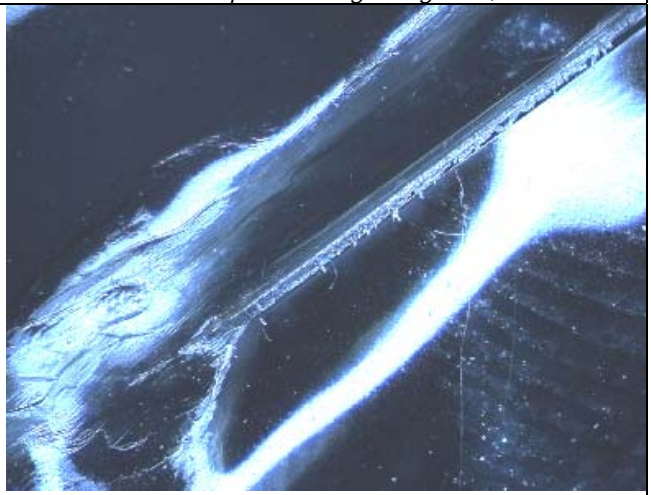
< vlak, 180°C, 20 sec.



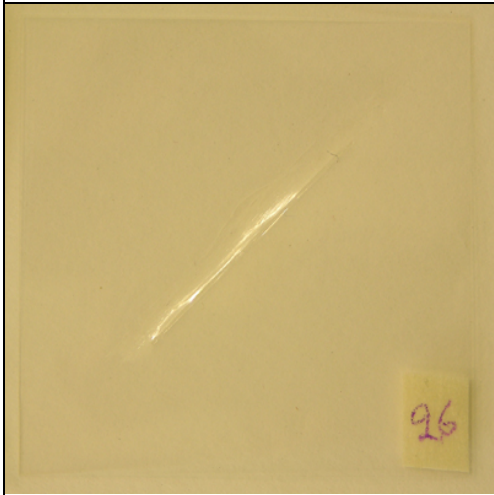
microscopische vergroting: x 2,5



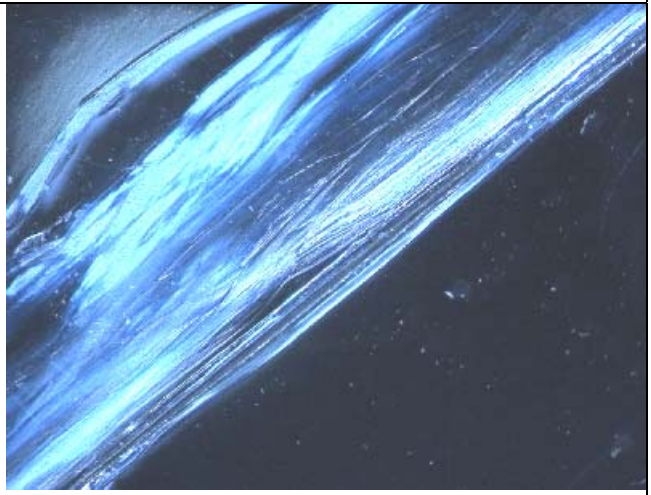
< vlak, 180°C, 40 sec.



microscopische vergroting: x 2,5



< vlak, 180°C, 60 sec.



microscopische vergroting: x 2,5

5.2.3.1 Resultaat sealtests

Indien men kijkt naar de resultaten in de tabel en visueel naar de foto's van de afzonderlijke stalen kan worden besloten dat een temperatuur van 180°C het polymeer te plastisch maakt en dat hoe geconcentreerder het contactoppervlak is, hoe sneller het polymeer zijn T_v bereikt.

Het staal gedurende 40 seconden verwarmen met de spatula met het grote platte opzetstuk bij een temperatuur van 155°C geeft optisch het beste resultaat.

Wel moet er opgemerkt worden dat er bij geen enkel staal een hechting is gekomen. Het is dus niet mogelijk een hechting te bekomen met enkel warmte. Er zijn verdere testen ondernomen om te kijken of de toevoeging van warmte een hechting kan verbeteren.

5.2.4 Solvent

Een andere manier om een gedeeltelijke of gehele hechting te bevorderen of te bekomen is door het kunststofoppervlak te doen zwellen met een oplosmiddel. Deze zwelling bewerkstelligt een oppervlaktevergroting door solvatatie. De moleculen worden ter plaatse beweeglijker, waardoor ze een verbinding aangaan. Deze methode levert vaak uitstekende resultaten op, maar kan echter niet in alle gevallen worden toegepast. Zo lenen polyethyleen, polypropyleen, polyfluorcarbonaten, siliconenrubbers, uitgeharde thermoplasten en enige polyamiden zich er niet voor. Ook bij kunststoffen waarvan de moleculen georiënteerd zijn kan er een oplosmiddelcorrosie plaatsvinden. Dit komt doordat het oplosmiddel niet geheel verdampt en daardoor verder doordringt in de kunststof waardoor de eigenschappen van de kunststof veranderen. Bij de cellulose-esters kan deze techniek wel worden toegepast.

Bij elke aanraking van een oplosmiddel met de cellulose-acetaat dringt (penetreert) het oplosmiddel in de structuur van de kunststof. De mate van binnendringen, de zogeheten oplosmiddelenpenetratie, hangt af van de structuur, de ouderdom, de staat van behoud van de kunststof, de capillariteit, de oppervlaktespanning, de viscositeit en het kookpunt van het oplosmiddel. Oplosmiddelen die tot in de structuur van de kunststof zijn doorgedrongen, hebben enige tijd nodig om weer te verdampen. De benodigde tijd richt zich naar het kookpunt van het oplosmiddel en de retentie ervan, met andere woorden naar de weerstand die het verdampende oplosmiddel van de kunststof ondervindt.⁷⁷ Het steeds aangeraden een solvent te nemen dat een lage retentie heeft en snel verdampt. In de plaats van een alcohol kan men dus beter alifatische esters of aceton gebruiken.⁷⁸

Hoe kan men weten met welk solvent een kunststof oplost?

Om de oplosbaarheid van verschillende stoffen kwantitatief te kunnen bepalen, is de zogeheten cohesie densiteit (De dichtheid van de molecuulstructuur als gevolg van de cohesiekracht) ingevoerd als meetbare grootte voor het geheel van krachten die tussen de moleculen werken. De vierkantswortel van de cohesieve energiedichtheid wordt de oplosbaarheidparameter (δ) genoemd.

Materialen die zullen hechten aan een kunststof moeten overeenkomsten vertonen met de oplosbaarheidparameter van de kunststof.

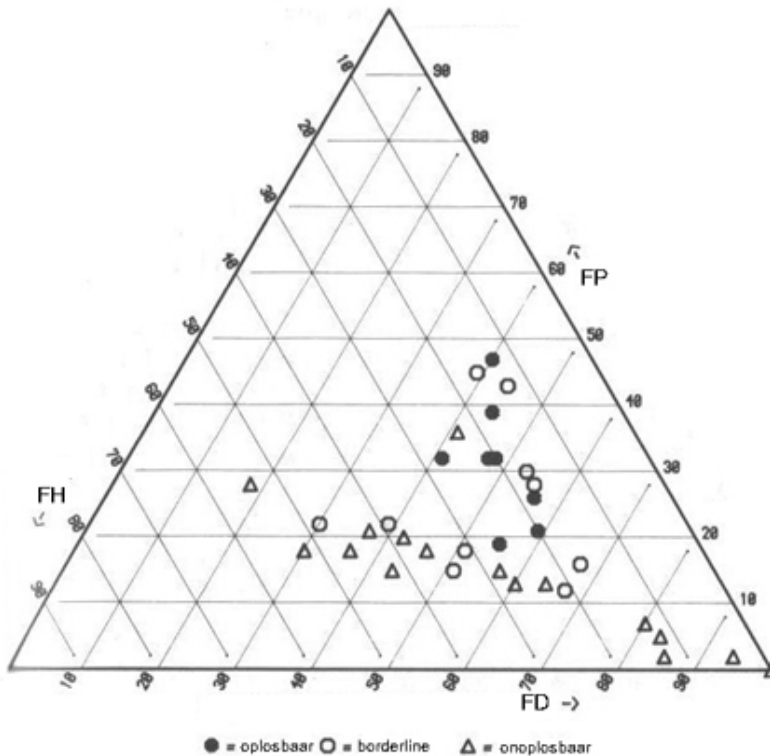
Door de oplosbaarheid-parameter te gebruiken kan vooraf bepaald worden of een kunststof zal oplossen bij een bepaald solvent of kleverig worden.⁷⁹

⁷⁷ <http://modelships-beagle.eu/NL/FAQ/map3/a330.htm>

⁷⁸ Jordan, O. "Het lijmen van en met kunststoffen", Argus, Munchen, 1966

⁷⁹ Blank, S., "Practical Answers to Plastic Problems, Los Angeles County Museum of Art, . In Saving the Twentieth Century: The Conservation of Modern Materials, Proceedings of a Conference: Symposium 91 - Canadian Conservation Institute

Oplosbaarheidsparameter voor cellulose-acetaat



Fd: niet polaire
dispergeerkrachten

De dispersiekracht
ontstaat uit de beweging
van elektronen rond
moleculen. Het is een
zwakke kracht en de
enige welke
symmetrische moleculen
(bv. methaan)
samenhoudt.

Fp: polaire
dipoolkrachten

Polaire krachten ontstaan
uit niet symmetrische
moleculen welke een
ongebalanceerde
distributie van elektronen
hebben (di-poolmoment).
Dit onevenwicht
veroorzaakt een verdere
aan-trekking tussen de
moleculen.

Fh: waterstofbruggen

Waterstofbindingen zijn een extreme vorm van een polaire aantrekking en komen voor wanneer waterstof vasthangt aan zuurstof en stikstofatomen.

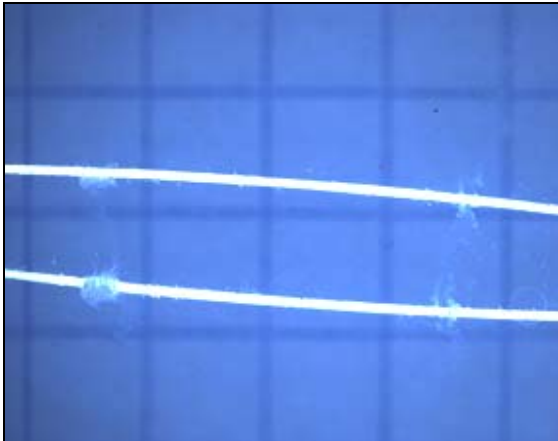
De solventen waarin celluloseacetaat oplosbaar is, zijn: Dichloormethaan, Tetrahydrofuran, Butyrolaceton, Aceton, Nitromethaan, N-me-2-pyrrolidon, N,N dimeformamide en Pyridine.⁸⁰

De solventen die ik heb gebruikt voor de uitvoering van mijn testen zijn de meest bekende namelijk: methanol en aceton.

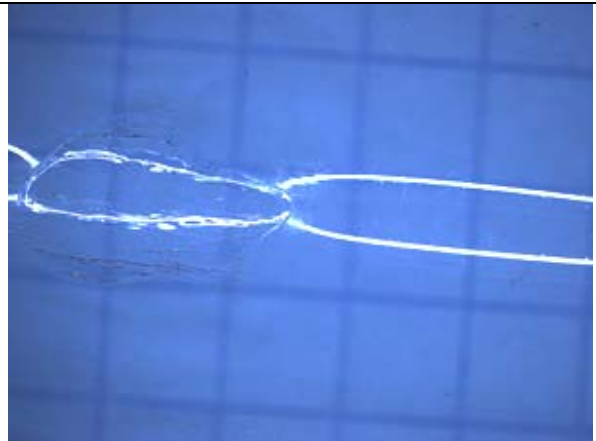
De oplosbaarheidsparameter voor methanol is 14,5. De waarde voor aceton 10,0. De waarde van cellulose-acetaat is 11,35. De twee illustraties op de volgende pagina illustreren een druppel methanol (links) en een druppel aceton (rechts) na opdroging, op een sheet cellulose-acetaat.

Hierop is het duidelijk dat aceton een groter oplossend vermogen heeft.

⁸⁰ Horie, C.V., Materials for Conservation, organic consolidants, adhesives and coatings, Butterworth & Heinemann, Oxford, 1995



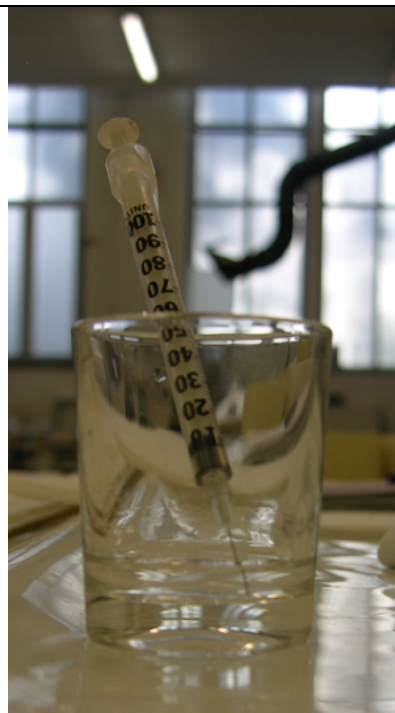
druppel methanol na opdroging op celluloseacetaat



druppel aceton na opdroging op cellulose-acetaat



grote spuit



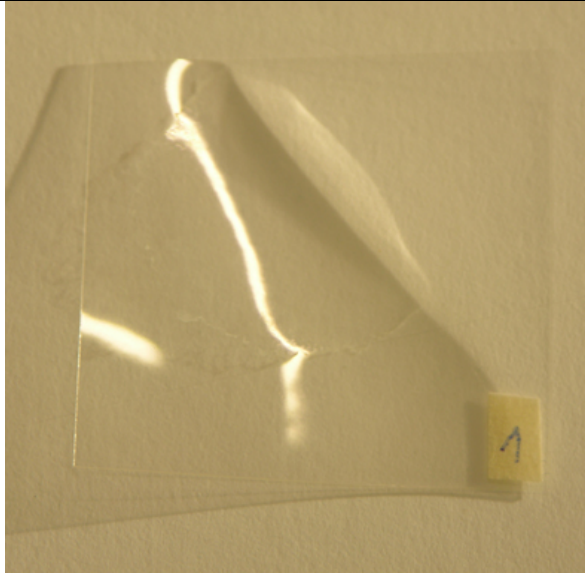
insulinespuit

Er zijn verscheidene manieren bedacht voor het aanbrengen van het solvent op de te hechten zones, gaande van de spuit, de insulinespuit tot het penseel.

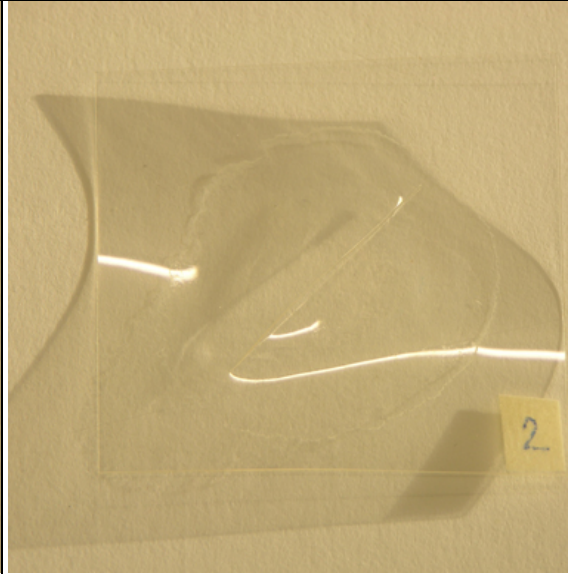
Ook zijn er verscheidene testen uitgevoerd met tapes welke op pag. 127-128 vermeld staan. Deze tapes hebben als functie het op zijn plaats houden van de te hechten zones tijdens het hechtproces.

Solventtesten Methanol					
Staalnummer	Solvent	Manier van aanbrengen	Buffer	Vlakkings Gewicht	Resultaat op 5
1	Methanol	<ul style="list-style-type: none"> • > spuit • 1 druppel aangebracht op staal (geen scheur aanwezig) 		Niet aanwezig	1/5
2	Methanol	<ul style="list-style-type: none"> • > spuit • 1 druppel aangebracht op scheur 		Niet aanwezig	2/5
3	Methanol	<ul style="list-style-type: none"> • > spuit • voorzijde van papiertape voorzien • 1 druppel aangebracht op scheur 		6 u. aanwezig	3/5
4	Methanol	<ul style="list-style-type: none"> • > spuit • langs beide zijden een gewicht geplaatst • 2 druppels op scheur en gewichten over scheur geschoven 		6 u. aanwezig	4/5
7	Methanol	<ul style="list-style-type: none"> • Insulinespuit • 1 fijnere druppel op scheur en direct met koude spatula erover gewreven 	Melinex	6 u. aanwezig	5/5

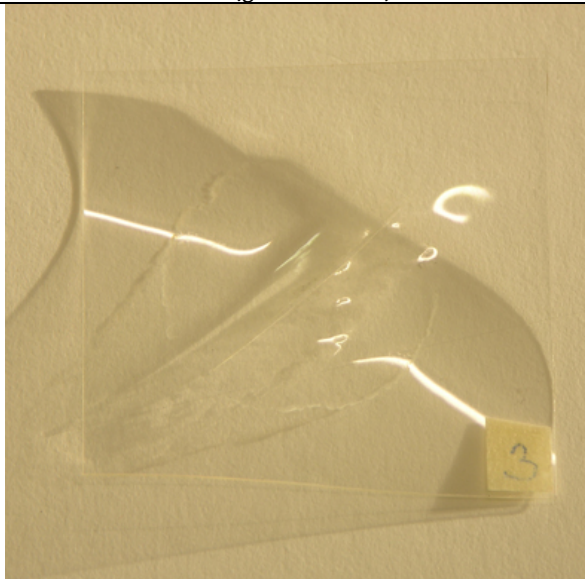
Illustraties solventtesten methanol



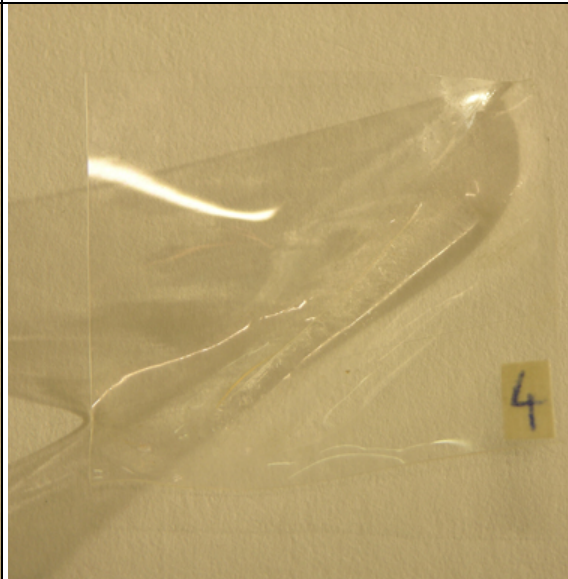
*methanol, > spuit, 1 druppel op staal
(geen scheur)*



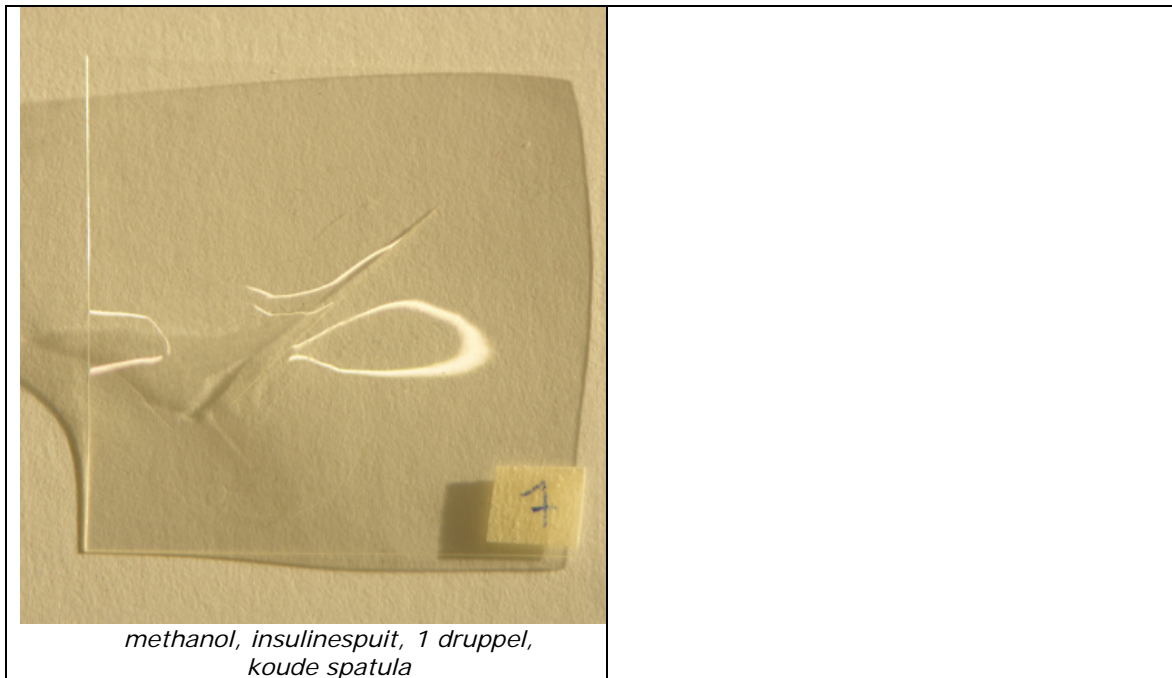
methanol, > spuit, 1 druppel op scheur



*methanol, > spuit, 1 druppel, voorzijde
papiertape*



methanol, > spuit, 1 druppel, gewichten

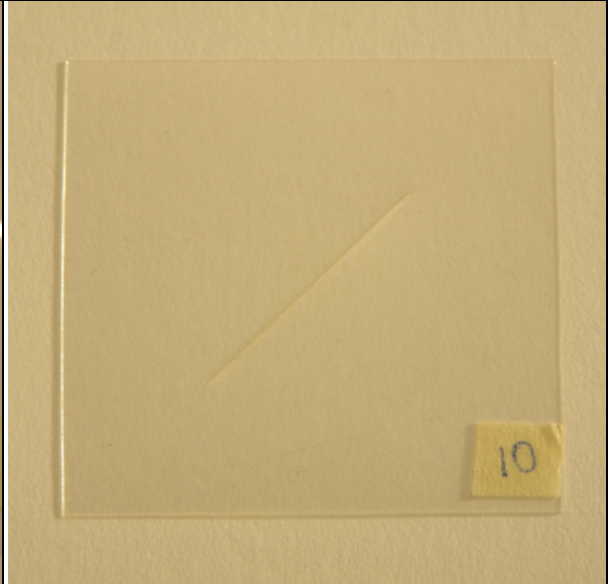


Solventtesten Aceton					
Staalnummer	Solvent	Manier van aanbrengen	Buffer	Vlakkingsgewicht	Resultaat op 3
9	Aceton	<ul style="list-style-type: none"> • Insulinespuit 	Melinex	Niet aanwezig	1/3
10	Aceton	<ul style="list-style-type: none"> • Penseel n.2 • 1 maal penseel bevochtigen met aceton 	Melinex	12 u. aanwezig	2/3
11	Aceton	<ul style="list-style-type: none"> • Penseel n.2 • voorzijde voorzien van tape (3M 471) • Meerdere malen penseel bevochtigen met aceton 	Melinex	12 u. aanwezig	3/3

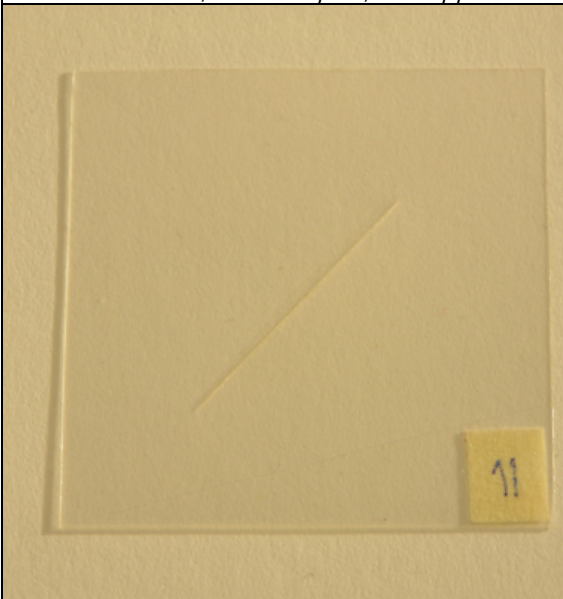
Illustraties solventtesten aceton



aceton, insulinespuit, 1 druppel



aceton, penseel



aceton, penseel, 3M 471 tape

5.2.4.1 Resultaat solventtesten methanol en aceton

Aceton gaf een veel betere hechting dan methanol. Dit werd reeds vermoed door het bekijken van de oplosbaarheidsparameter waarbij de waarde van aceton (10,0) dichterbij die van cellulose-acetaat (11,35) ligt dan methanol (14,5).

Ook is aceton met een MAC waarde van 750 ppm veel minder toxisch dan methanol met een MAC waarde van 200 ppm.

Het kookpunt van aceton (56°C) ligt echter wel lager dan dat van methanol (64,95°C). Dit verhoogt de retentie.

Door de lage viscositeit van aceton is het vereist een geschikte manier van aanbrenging te zoeken. Men bemerkt reeds in de testjes bij 'manier van aanbrengen' een evolutie gaande van een grote spuit naar een insulinespuit, naar een penseel. Het penseel is het best controleerbaar. Ook bemerkt men bij 'manier van aanbrengen' dat er verscheidene soorten tapes worden aangebracht.

De reden hiervan is dat het solvent zich door de scheur, die langs de achterzijde gehecht wordt, naar de voorzijde begeeft. Zo lost de kunststof aan de voorzijde ook op, wat niet de bedoeling is.

Er moet een geschikte tape gevonden worden welke de scheur afdicht zodoende dat dit probleem zich niet meer stelt. De resultaten van testen omtrent het tapen van de voorzijde zijn te vinden op pag. 127-128.

Een groot voordeel van deze innovatieve techniek is dat er geen nieuwe materialen moeten worden toegevoegd aan het originele kunstwerk. Men hecht door gebruik te maken van de thermoplastische eigenschappen van het materiaal zelf. Na verloop van tijd zullen er ook geen nieuwe spanningen ontstaan door een verschillende manier van verouderen.

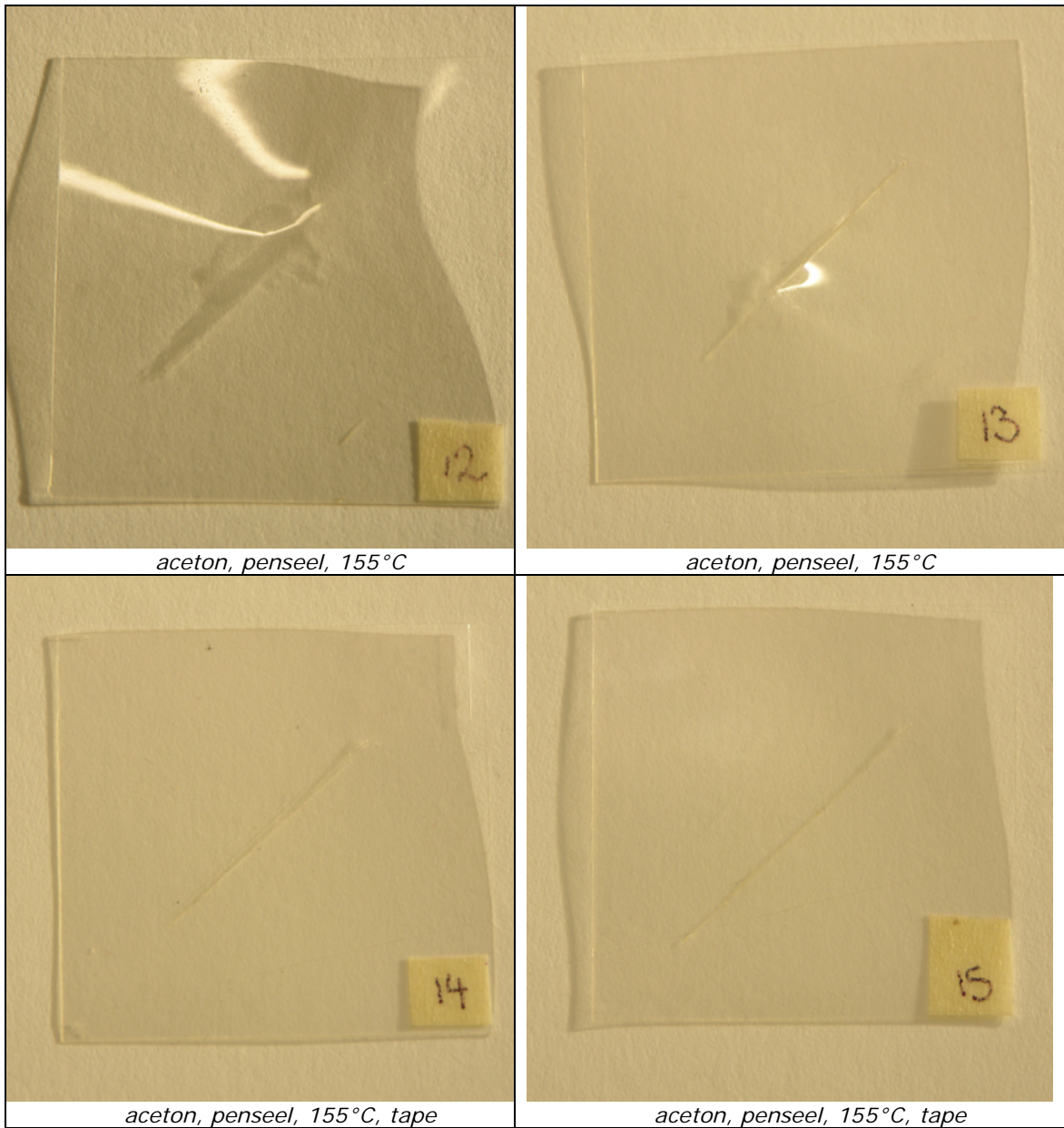
Ook is er geen lijmnaad aanwezig welke in het oog springt en aandacht vraagt. Slechts een zeer fijne lijmnaad blijft aanwezig. Door de hoge transparantie van het kunstwerk en het grote aandeel scheuren is dit een groot voordeel aan deze techniek.

5.2.5 Combinatie solvent-sealtest

Als laatste werd er uitgetest of een toevoeging van warmte een hechting met solvent zou verbeteren.

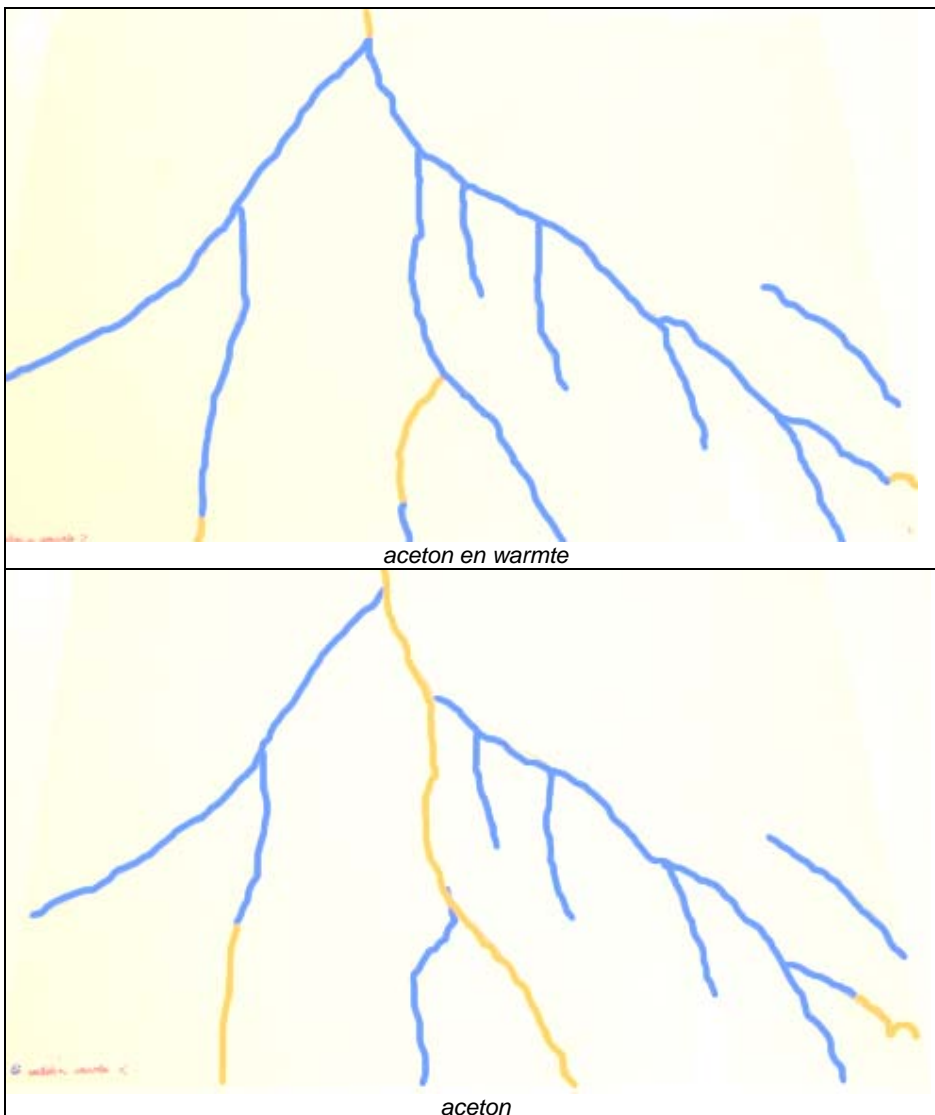
Een verbeteren van de hechting zou het mogelijk maken het aandeel solvent te verminderen. De reden hiervan is dat solvent de kunststof doet opzwellen. Moest men minder solvent hoeven te gebruiken dan zou de opzwellings tot een minimum gereduceerd kunnen worden.

Combinatie solvent-sealtest						
Staal-nummer	Solvent	Vorbereiding staal	Manier van aanbrengen	Buffer	Vlakkingsgewicht	Resultaat op 4
12	Aceton		<ul style="list-style-type: none"> • Penseel n. • > spatula 155°C 	Melinex	<ul style="list-style-type: none"> • ± 1000 g • 12 u. aanwezig 	1/4
13	Aceton		<ul style="list-style-type: none"> • Penseel n. • > spatula 155°C 	Melinex	<ul style="list-style-type: none"> • ± 1000 g • 12 u. aanwezig 	2/4
14	Aceton	<ul style="list-style-type: none"> • achterzijde: stukken tape (gewone plakband Diamond Ultra Clear) naast scheur • voorzijde: 1 stuk tape op scheur 	<ul style="list-style-type: none"> • Penseel n. • > spatula 155°C 	Melinex	<ul style="list-style-type: none"> • ± 1000 g • 12 u. aanwezig 	4/4
15	Aceton	<ul style="list-style-type: none"> • voorzijde: 1 stuk tape (3M 471) op scheur 	<ul style="list-style-type: none"> • Penseel n. • > spatula 155°C 	Melinex	<ul style="list-style-type: none"> • ± 1000 g • 12 u. aanwezig 	3/4



Combinatie solvent-sealtest								
Staal-Nummer	Solvent/Warmte	Voorbereiding staal	Manier van aanbrengen	Spatula	Temperatuur	Buffer	Duur vlakken	Resultaat op 2
A	Aceton Warmte	Voorzijde barnier adhesive tape	Penseel Nr.1	> vlak	155°C	melinex	30 minuten	2/2
B	Aceton	Voorzijde barnier adhesive tape	penseel Nr.1	> vlak	155°C	melinex	30 minuten	1/2

Deze testen zijn uitgevoerd op een groot formaat, namelijk een A3 formaat.



Legende:

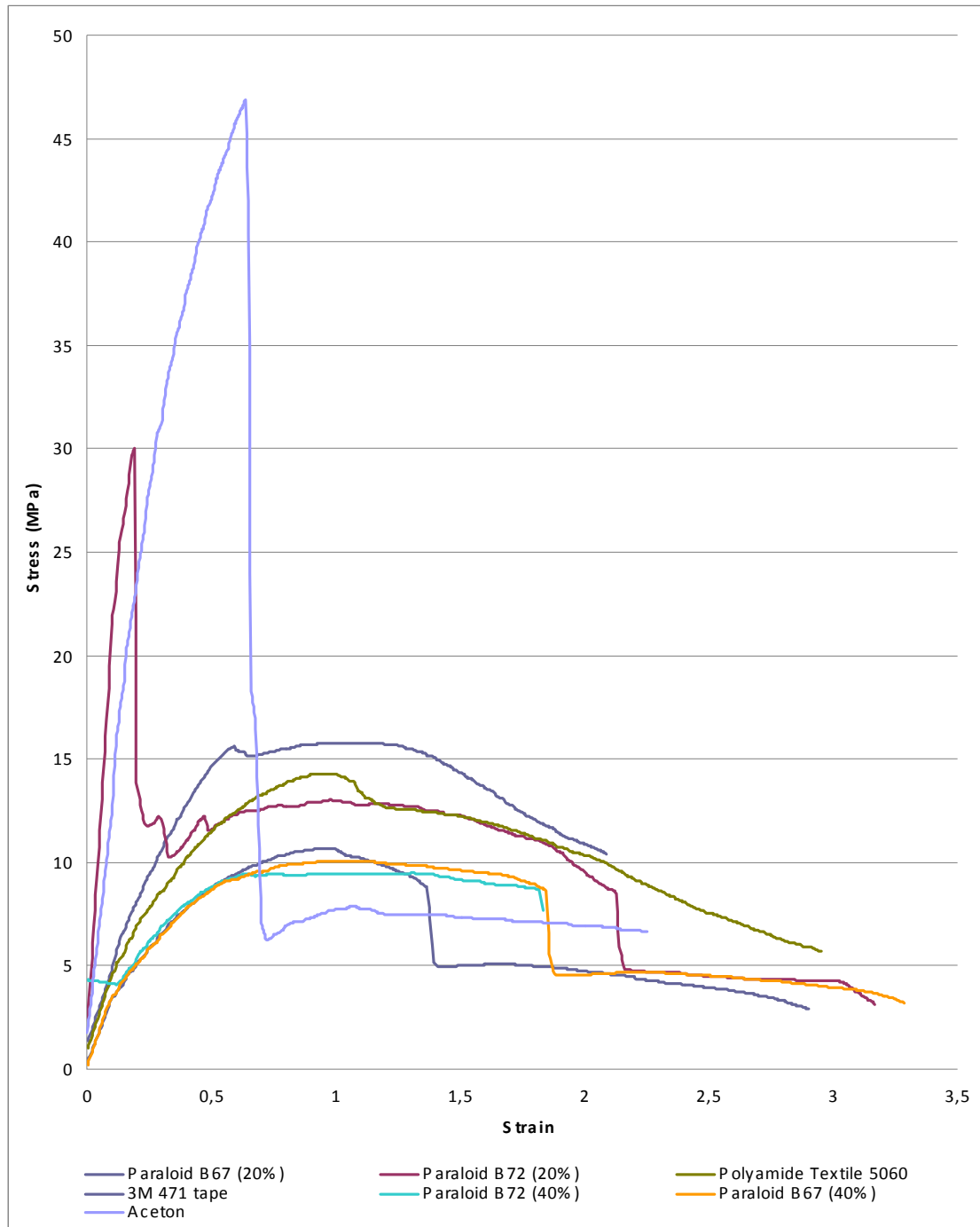
Geel:
niet gehecht

Blauw:
wel gehecht

5.2.5.1 Resultaat combinatie solvent en sealen

Op deze bovenstaande grafiek is zichtbaar dat de toevoeging van warmte een versteviging geeft van de hechting met solvent. Op deze manier kan er iets minder solvent aangebracht worden op het penseel waardoor de lijmnaden nog iets minder zichtbaar zullen zijn.

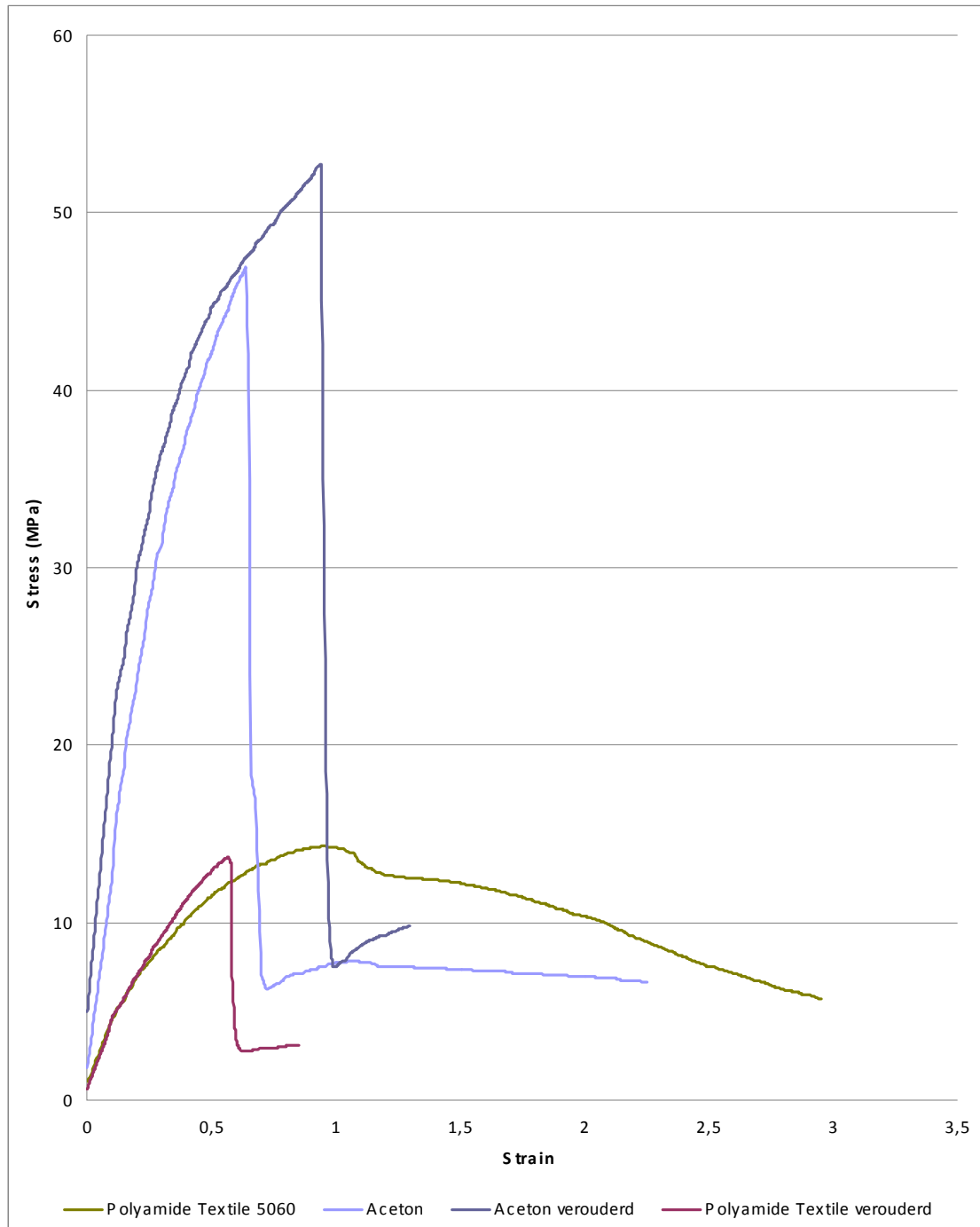
Stress en Strain grafiek met verschillende hechtmiddelen



Deze stress en strain grafiek heb ik verkregen door een samenwerking aan te gaan met de universiteit van Gent van het departement

Deze grafiek duidt aan dat acetone de beste keuze is voor het hechten van de scheuren van het kunstwerk van Carla Accardi, daarna Paraloid B 72 (20% in acetone) en als derde optie de 3M 471 tape. Het zijn dan ook deze drie hechtmiddelen die gebruikt zullen worden om een hechting te bekomen voor het originele kunstwerk.

Stress en strain grafiek met verschil nieuw en verouderd staal



In het K.I.K. zijn er vier stalen kunstmatig verouderd met een xenon lamp. Twee van deze verouderde stalen (verouderd staal waarvan een scheur verlijmd is met aceton en een met Polyamide Textil) zijn uitgetest met het stress en strain instrument van de universiteit van Gent. Indien men deze vergelijkt met de nieuwe stalen bemerkt men dat het staal dat met aceton is verlijmd na veroudering nog steeds goede en zelfs nog betere resultaten bereikt dan een nieuw staal. Het staal verlijmd met Polyamide Textil

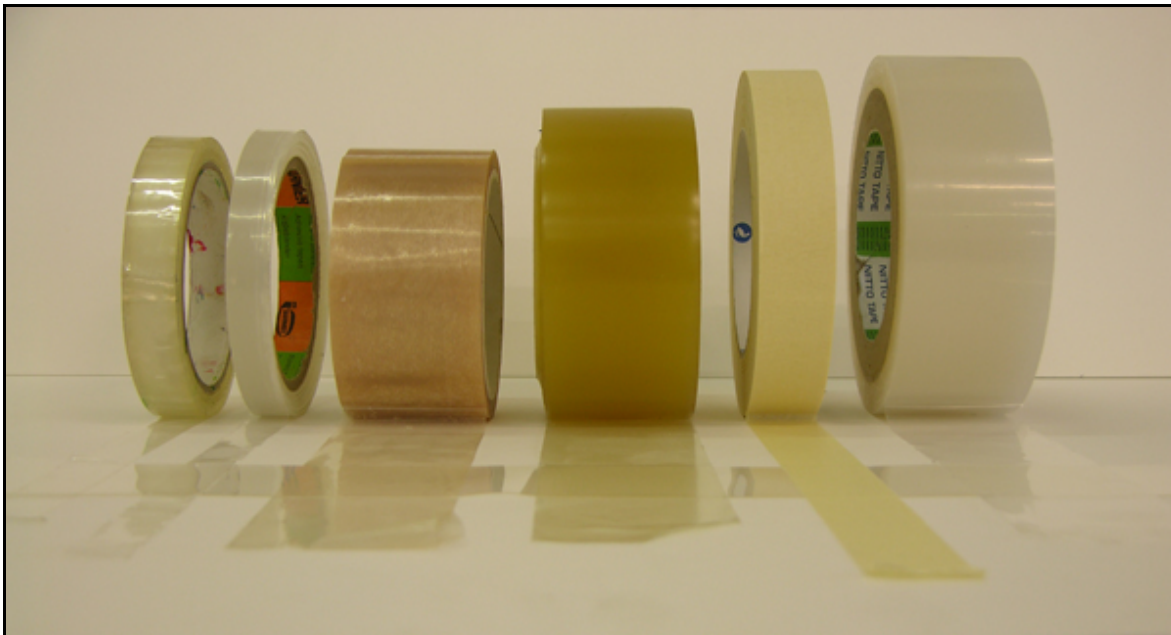
gaf na veroudering geen goede resultaten. Het is niet bestand tegen een hoge trekkracht en geeft weinig of geen elasticiteit.

5.2.6 Tape testen

Doordat de scheuren van het originele kunstwerk niet meer tegen elkaar aanleunen is er een tape nodig die langs de voorzijde aangebracht wordt over de scheuren. Dit vergemakkelijkt het hechtingsproces. Ook moet er tape voorzien worden aan de voorzijde omdat de aceton anders door de scheur de voorzijde van het kunstwerk bereikt en dit aantast.

Deze tape moet nadat er een hechting bekomen is, verwijderd worden. Hij moet makkelijk afneembaar zijn, zonder de nieuw verworven hechting te doorbreken, mag geen lijmsporen nalaten en mag niet veranderen door contact met de aceton en de warmte.

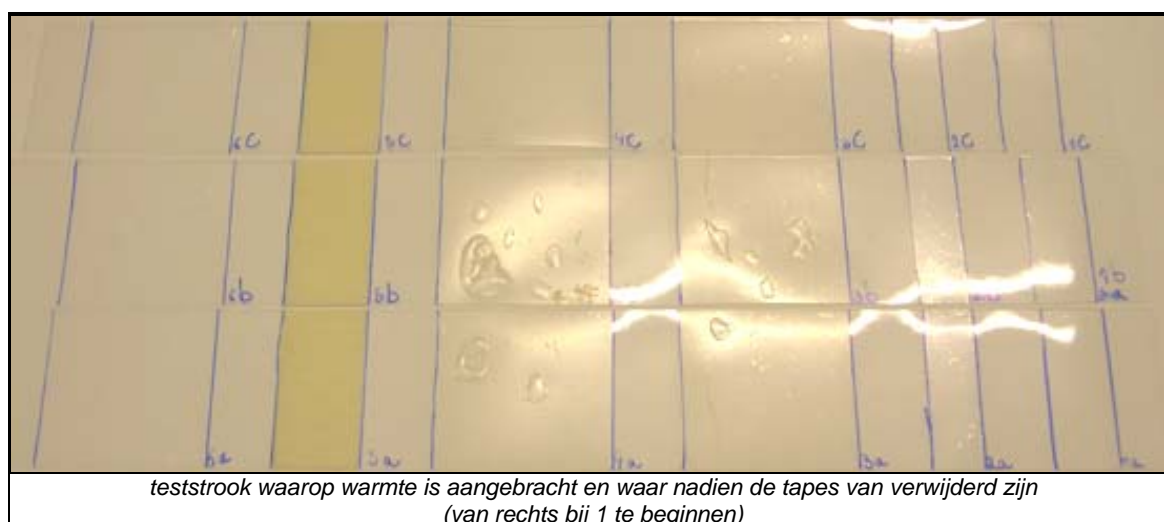
Er is een teststrook gemaakt (afbeelding zie volgende pagina) waarop elke van deze onderstaande tapes is aangebracht. De teststrook is onderworpen aan warmte van de spatula (155-180°C), dan zijn er gedurende twee weken gewichten op geplaatst en dan is de tape eraf gehaald.



Uitgeteste tapes (van links naar rechts)

1. *Crystal clear, (transparante plastic tape)*
2. *Barnier I adhesive tape Rubans techniques Technical tapes (dunne glastape)*
3. *Overtoom (transparante plastic tape)*
4. *3 M 471 (made in U.S.A.) (transparante plastic tape)*
5. *Storch 49 037 (papiertape)*
6. *Nitto tape (brede glastape)*

Tapes						
Staal-Num-mer	Tapes	Tempera-tuur	Duur	Vlakkingsgewicht	Buffer	Resultaat
1a	Crystal clear (transparante plastic tape)	180°C	20 sec.	1 uur	melinex	3/6
1b		155°C				
1c			40 sec.			
2a	Barnier I adhesive tape (dunne glastape)	180°C	20 sec.	1 uur	melinex	6/6
2b		155°C				
2c			40 sec.			
3a	Overtoom (transparante plastic tape)	180°C	20 sec	1 uur	melinex	2/6
3b		155°C				
3c			40 sec			
4a	2 M 471 (transparante plastic tape)	180°C	20 sec	1 uur	melinex	1/6
4b		155°C				
4c			40 sec			
5a	Storch 49 037 (papiertape)	180°C	20 sec	1 uur	melinex	4/6
5b		155°C				
5c			40 sec			
6a	Nitto tape (dikke glastape)	180°C	20 sec	1 uur	melinex	5/6
6b		155°C				
6c			40 sec			



5.2.6.1 Resultaat tape testen

De dunne glastape was het makkelijkst verwijderbaar, liet geen lijmrestanten na en veranderde zichtbaar niet door het contact met solvent of onder invloed van warmte.

Deel 6: Toepassing van de methodiek: Solvent en sealen met warmte

6.1 Voorbereiding



reden tot vlakken



vlakken met op maat gemaakte zandzakjes



verwijderen van de nietjes voor de afname van de sheet CA van het spieraam

Eerst werden de twee scharnieren verwijderd zodat het linkerpaneel, waarvan het CA sheet scheuren vertoonde, afzonderlijk behandeld kon worden.

Doordat het sheet een zeer onregelmatig oppervlak vertoonde moest er een druk voorzien worden. Ik heb geopteerd voor zandzakjes omdat deze nog een minimale luchtcirculatie voorzien en omdat men zelf, door de hoeveelheid zand, het gewicht en dus ook de druk kan bepalen.

Daarna werden de nietjes verwijderd met een nietuitheffer zodat het spieraam eruit genomen kon worden. Onder de nietuitheffer werd een stuk zuurvrij karton gehouden zodoende dat het sheet niet beschadigd werd door de belastende druk van de nietuitheffer.

De onderkant van de nietjes was geoxideerd wat mogelijk kan verwijzen naar een uitscheiding, van het grenenhout, van azijnzuur. Indien het gedeelte van het nietje dat in direct contact staat met het sheet ook geoxideerd was, zou dit een teken kunnen zijn van een zuurafscheiding van het sheet zelf wat ergere gevolgen zou hebben voor het bestaan

van het kunstwerk, aangezien een zuurafscheiding van het sheet verwijst naar een deterioratie van het materiaal. Hierover kan je meer lezen in het volgende hoofdstuk.

Ook werd het, bij het verwijderen van de nietjes, duidelijk zichtbaar dat er zich meer scheuren bevonden aan de buitenste zijde ten opzichte van de zijde die tegen het andere spieraam bevestigd was. Dit komt doordat het aanpalend spieraam een druk veroorzaakt waardoor het sheet minder aan de zwaartekracht onderhevig is. Deze scheefzakking verklaart ook mede het ontstaan van de scheuren.

Het verwijderen van het spieraam was vereist aangezien er zich vele scheuren onder het spieraam bevonden en deze langs de achterzijde van de kunststof moesten behandeld worden. Ook bevond er zich vuil onder het spieraam wat men anders niet kon verwijderen.



voor droge oppervlaktereiniging



na droge oppervlaktereiniging



*natte oppervlaktereiniging met
gedemineraliseerdwater*

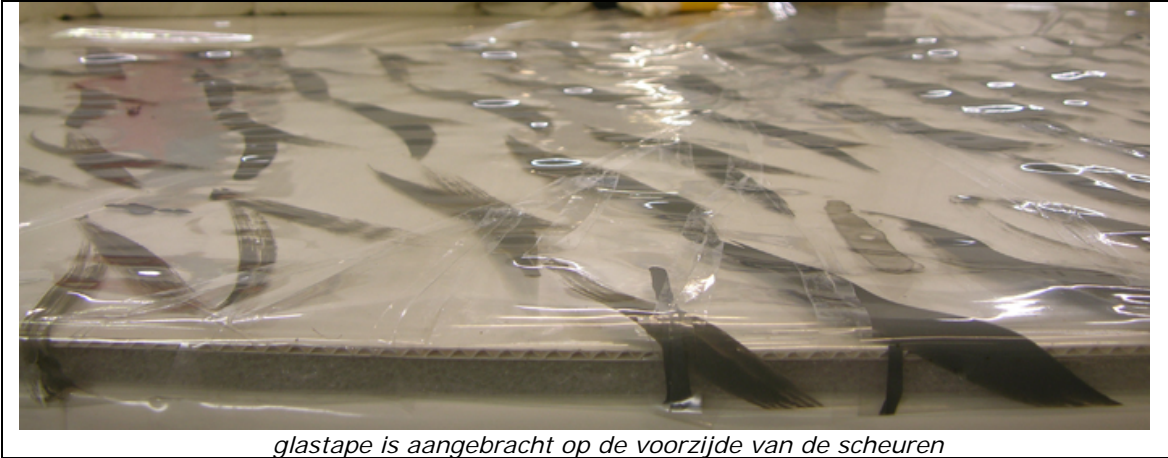
Het vuil werd zachtjes losgewreven door er met een brede spalter over te gaan en opgezogen met een stofzuiger. Deze droge oppervlaktereiniging werd toegepast bij het hele kunstwerk en zo ook de natte oppervlaktereiniging.

Vooraleer de natte oppervlaktereiniging werd toegepast, is de zuurheid van het sheet gemeten met een pH indicator staal van het merk Dancan, welk speciaal ontwikkeld is voor cellulose-acetaat. Hierover lees je meer in het volgende hoofdstuk.

Aangezien cellulose-acetaat kan oplossen door contact met bepaalde solventen en omdat het kunstwerk nog niet zo vuil was, is er geopteerd om de natte oppervlaktereiniging uit te voeren met gedemineraliseerd water. Ook water is niet

goed voor deze kunststof omdat er door de opname van water zuur kan gevormd worden. Hierover kan je meer lezen in het volgende hoofdstuk. Het wattenstaafje werd ondergedompeld in gedemineraliseerd water waarna het werd afgedept op een vochtopnemend microvezeldoekje, wat de hoeveelheid water reeds minimaliseert. Terwijl men hiermee de kunststof reinigde werd de bevochtigde zone meteen drooggewreven met een droog watje. In de literatuur wordt er voor de reiniging van

cellulose-acetaat ook verwezen naar 'Greygate Polish'⁸¹. Aangezien de fabrikant de samenstelling van dit product niet wou vrijgeven is dit product niet gebruikt.

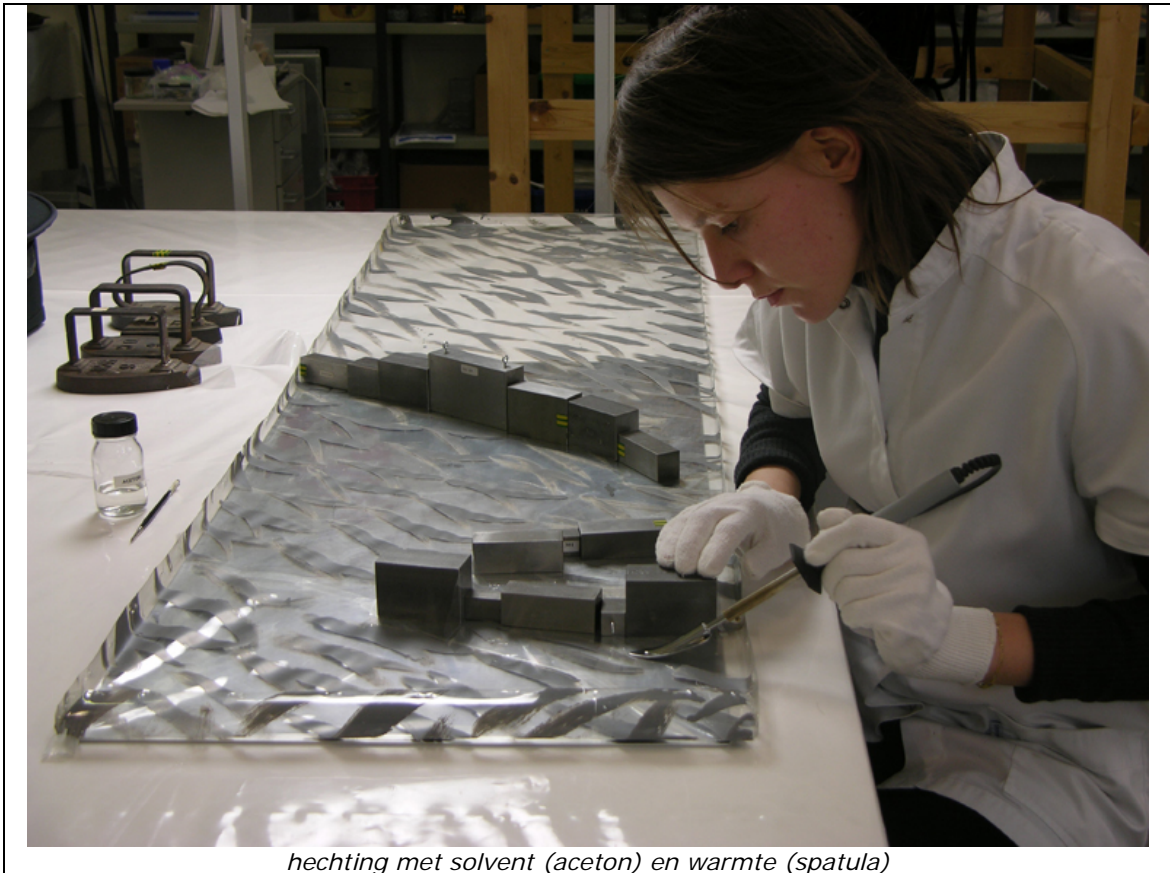


glastape is aangebracht op de voorzijde van de scheuren

Door voorgaand onderzoek werd bepaald welk de beste tape was voor een tijdelijke hechting te bekomen tussen de scheuren welke makkelijk afneembaar was en resistent tegen solvent en warmte, namelijk glastape. Vooraleer deze glastape kon aangebracht worden, moest er een onderlegger gemaakt worden ter hoogte van de opstaande randen, namelijk ± 3 cm. Deze werd gemaakt uit (van onder naar boven) ethafoam waarop zuurvrij karton werd gelegd en wat werd afgesloten met een transparant polyesterdoek, namelijk melinex. Er werd voor een buigzame ondergrond gekozen zodat deze kan meewerken met de druk die teweeg wordt gebracht bij aanbrenging en aandrukking van de glastape. Na een periode van twee weken vlakken met zandzakjes werd de glastape over de scheuren aangebracht.

⁸¹ www.greygate.com

6.2 Hechting



hechting met solvent (aceton) en warmte (spatula)

Door het onderzoek dat in het voorgaande hoofdstuk is toegelicht, heb ik geopteerd om de scheuren te hechten met een solvent, namelijk aceton en indien nodig een toevoeging van warmte.

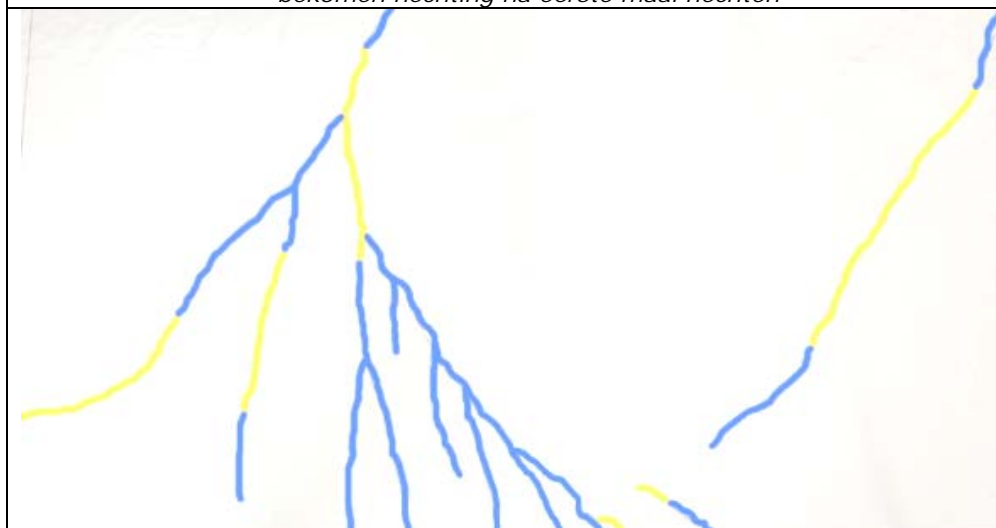
Het sheet werd omgedraaid met de voorkant op een aluminium plaat, welke de warmte van de spatula geleid, zodoende dat de verhoging van de temperatuur die wordt teweeggebracht door de spatula niet te plaatselijk is. Uit het voorgaand onderzoek werd besloten dat hoe groter het opzetstuk van de spatula, hoe beter de warmte verdeeld werd en hoe minder schade er berokkend werd. Ditzelfde geldt voor de aluminium plaat. In het onderzoek zijn de hechtmiddelen welke de beste resultaten gaven, toegepast op een sheet uit cellulose-acetaat met dezelfde dikte als het origineel. Het grote verschil tussen de teststalen en het origineel is de ouderdom van de kunststof. Hoe een ouder sheet cellulose-acetaat reageert op het solvent is nog maar de vraag. Ook is geweten dat de glasovergangstemperatuur van een kunststof daalt bij veroudering. Omwille van deze reden is de temperatuur namelijk 155°C welke op de nieuwe sheets werd toegepast gereduceerd naar 120°C voor het origineel. Ook is er enkel bij de eerste poging tot hechting gebruik gemaakt van een toevoeging van warmte.

Een fijn penseel werd ondergedompeld in aceton en op een tissue afgedept om een te grote hoeveelheid aceton te vermijden. Met dit penseel werd er over de scheuren geborsteld waarna er met de spatula werd overgegaan. Meteen daarna werden er ijzeren gewichten, welke waren gebufferd met melinex om een interactie tussen het ijzer en de aceton en de cellulose-acetaat tegen te gaan, op de gehechte zone geplaatst. Zo werden alle scheuren behandeld. Na een vlakingsperiode van twee dagen werden de gewichten verwijderd, werd de onderlegger op de sheet geplaatst en werd het geheel

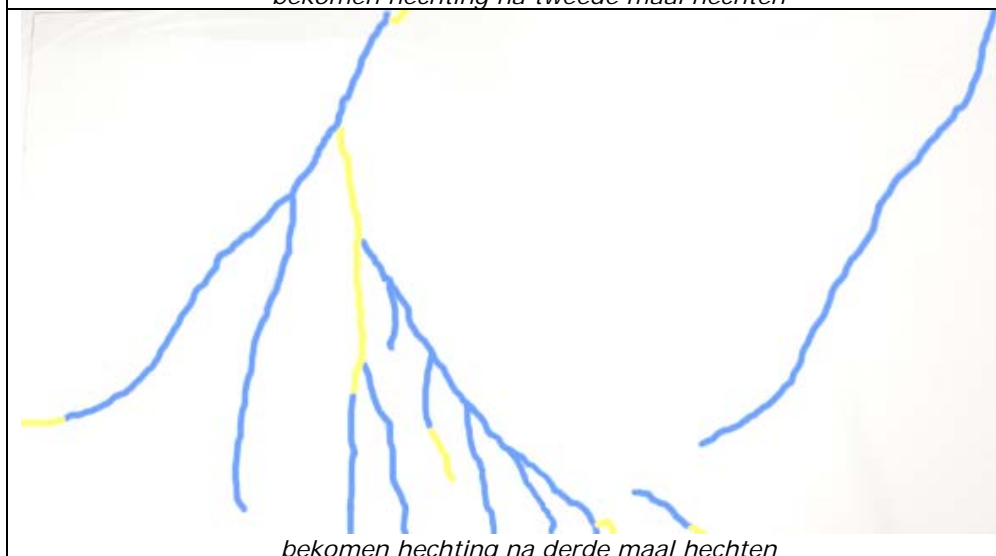
omgedraaid. Daarna werd de glastape verwijderd en kon worden nagekeken welke zones gehecht waren.



bekomen hechting na eerste maal hechten



bekomen hechting na tweede maal hechten



bekomen hechting na derde maal hechten

Legende

Geel: niet
gehecht

Blauw:
wel
gehecht

Op de voorgaande drie illustraties is zichtbaar hoe de hechting is toegenomen tussen de scheuren.

Bij de eerste poging tot het bekomen van een hechting is er glastape aangebracht, gebruik gemaakt van aceton en warmte en zijn de vlakkingsgewichten twee dagen op de gehechte scheuren blijven staan.

Bij de tweede poging tot het bekomen van een hechting is er nogmaals glastape aangebracht, maar er is alleen aceton gebruikt en voor het vlakken zijn de kleinste gewichten zijn gebruikt.

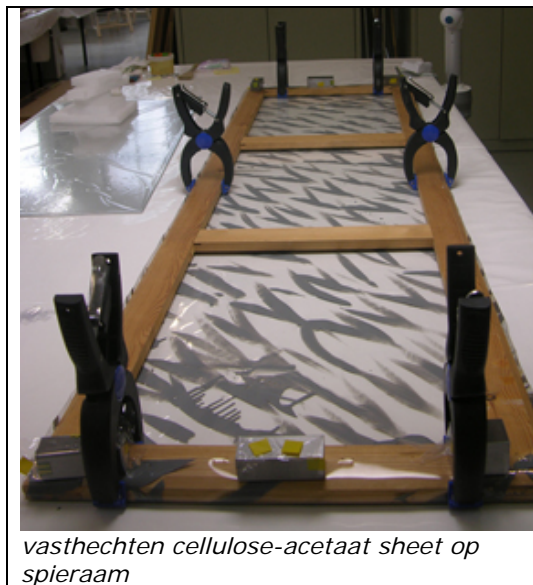
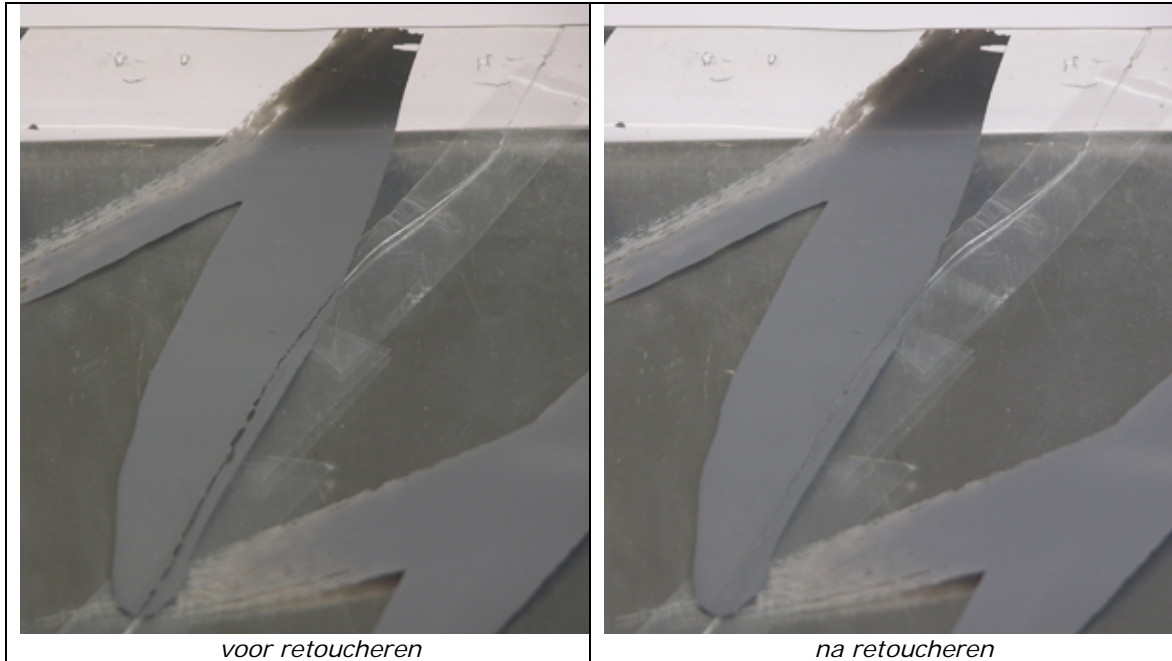
De moeilijkheid bij deze sheet is dat deze niet vlak is maar golvend. Ook op de allereerste foto's die er van dit kunstwerk genomen zijn (zie pag. 68) is dit reeds zichtbaar. Wanneer men een zwaar gewicht op één van deze golven plaatst, is de zone onder dit gewicht vlak, maar gaat de golf over naar de zone die niet wordt voorzien van zo'n gewicht. Indien deze zone geen scheur bevat kan deze zone deze stress aan. Indien deze zone wel een scheur bevat of net gehecht is, breekt de stress die de plaatsing van het gewicht met zich meebrengt deze zone. Dit is één van de redenen waarom je ziet dat sommige scheuren die eerst wel gehecht waren na een tweede poging niet meer over een hechting beschikken. Omwille van deze reden is er hier geen gebruik meer gemaakt van de spatula en de grote gewichten.

Bij de derde poging tot het bekomen van een hechting is er glastape aangebracht, gebruik gemaakt van aceton en zijn de locaties waar er grijze alkydverf aanwezig was in een scheur van extra verstevigingen voorzien van 3M 471 tape. Dit is een zeer flexibele tape die ook reversibel is. Deze is enkel aangebracht op de alkydverf aangezien deze op de transparante zones te zichtbaar was.

De hardnekkigste zones zijn diegene waar er meerdere scheuren bij elkaar komen, diegene die niet recht lopen en diegene waarvan de naden niet meer tegen elkaar aanleunen. Deze zijn gehecht met een oplossing van 20% Paraloid B 72 in aceton. De aceton alleen zorgt ervoor dat de cellulose-acetaat verweekt en dus kleefkrachtig wordt en daardoor hecht. Maar als de te hechten naden niet dicht bij elkaar aanleunen zullen ze elkaar niet raken bij verweking en dus ook niet hechten. De toevoeging van de paraloid B 72 kan deze lacune overbruggen en een hechting bekomen.

Een nadeel aan het werken met glastape is dat men niet weet of er een hechting bekomen vooraleer men de ganse sheet heeft omgedraaid en de glastape heeft verwijderd. Ook kan het zijn dat door het omdraaien van het sheet er scheuren ontstaan aangezien dit een zeer belastende ingreep is.

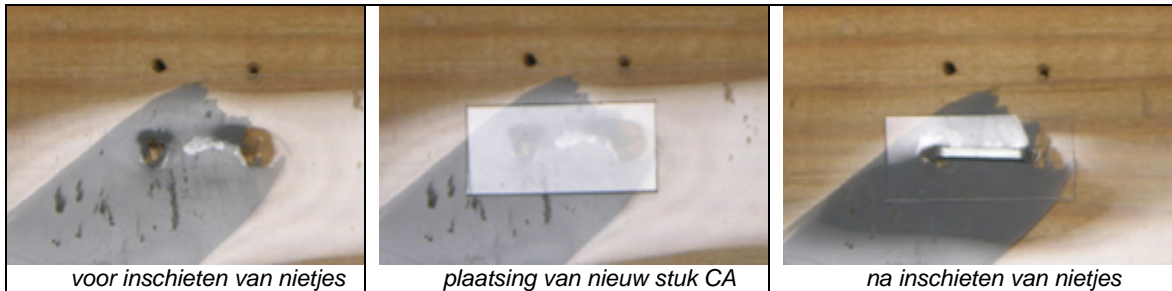
Aangezien er na de derde poging tot hechting nog een klein aantal scheuren aanwezig waren in het midden en niet aan de randen achter het spieraam heb ik het sheet eerst terug opgespannen op het spieraam vooraleer de laatste hardnekkigste scheurtjes te verlijmen.



vasthechten cellulose-acetaat sheet op spieraam

Voordat het sheet terug opgespannen werd, zijn de retouches uitgevoerd met aquarelverf. Bij het retoucheren van dit transparant sheet heb ik een aantal grijstinten aangemaakt op een transparant dekglasje. Deze dekglasjes werden na opdroging (droogt donkerder op) van de verf naast het te verkrijgen grijs gelegd en zo kan nagekeken worden wat de juiste tint is. Een moeilijkheid bij het retoucheren is echter wel dat men het sheet moet omdraaien voordat men kan nakijken of de kleur aan de voorzijde ook goed is. Ook zijn de knoesten van het spieraam behandeld. De knoesten zijn niet verwijderd omdat er negen knoesten aanwezig zijn en een verwijdering de stevigheid van het spieraam zou kunnen aantasten. Wel zijn de spaties opgevuld met een houtopvuller van het merk Aquaplast. Dit is een neutraal en flexibel

Na het retoucheren werd het spieraam terug gepositioneerd op het sheet en werd het sheet met houtklemmen op juiste plaatsen vastgezet. Daarna werd het geheel opnieuw vastgeniet met een buffer van nieuwe stukjes (1 x 2 cm.) cellulose-acetaat. Dit om een bij een volgende afname van het sheet het origineel zo min mogelijk te beschadigen. Op de onderstaande foto ziet men duidelijk het verschil tussen de oude inschietgaten en de positie van de nieuwe nietjes. De reden van dit plaatsverschil wordt toegelicht in het volgende hoofdstuk.



6.3 Resultaat



na restauratie: voorzijde



na restauratie: achterzijde

Deel 7: Degradatie en Preventieve conservering

7.1 Inleiding

Het aantal kunstobjecten dat, geheel of gedeeltelijk, vervaardigd is uit kunststof neemt toe. Deze kunststoffen bevatten vaak corrosieve degeneratieproducten. Sommige van de historisch meest belangrijke kunststoffen zijn de meest agressieve. De pionierkunststoffen zoals cellulosenitraat, cellulose-acetaat en in minder mate de geulcaniseerde rubbers en polyvinylchloride zijn aanwezig in vele collecties, voornamelijk in industriële, wetenschappelijke en sociaal historische museumcollecties. Wanneer deze kunststoffen degraderen stoten ze veel hogere concentraties van corrosieve emissies uit dan de meer bekende materialen, zoals hout. Hierdoor kunnen objecten die zich in de nabijheid bevinden, aangetast worden.

Kunststoffen spelen ook een belangrijke rol in de bescherming van kunstvoorwerpen tijdens tentoonstellingen, transport en opslag en hun gebruik in musea neemt enkel toe. Vele soorten kunststoffen zijn ongeschikt voor het gebruik in een museumcollectie door hun potentieel om corrosieve degeneratieve producten uit te scheiden. Vele musea beperken zich tot een aantal polymeren waaronder: nieuwe polyethyleen, polyethyleentereftalaat, polystyreen, polytetrafluorethyleen, polymethylmetacrylaat, polycarbonaat en polypropyleen. Buiten de scherpe randen en hun statische geladenheid worden deze kunststoffen als veilig beschouwd.⁸²

Naast het gebruik als kunstobject en bescherming zijn er ook kunststoffen die gebruikt worden als informatiedragers, zoals voor fotografie, film, geluidsopnames, floppydisks, etc. zowel de informatie die de kunststof bevat als de kunststof zelf kan vergaan. Hierdoor is het zeer belangrijk om deze objecten op de juiste manier te bewaren aangezien het anders een dubbel verlies zou betekenen.⁸³

In dit hoofdstuk leg ik uit hoe de voornaamste cellulose-esters degraderen en hoe deze degradatie kan gedetecteerd worden en hoe geminimaliseerd. In 6.1 worden de cellulose-esters afzonderlijk toegelicht terwijl in 6.2 meer algemene vereisten aan bod komen voor de passieve conservering van de cellulose-esters.

⁸² Fenn, J., "Resins Ancient and Modern: Secret sabotage: reassessing museum plastics in display and storage", The Scottish Society for Conservation and Restoration, Edinburgh, 13-14 September 1995

⁸³ Keneghan, B., "Plastics in Art: History, Technology, Preservation; Plastics in Archives: History, degradation and Preservation" Kölner Beiträge zur Restaurierung und Konservierung von Kunst- und Kulturgut Band 15, Siegl München, 2002

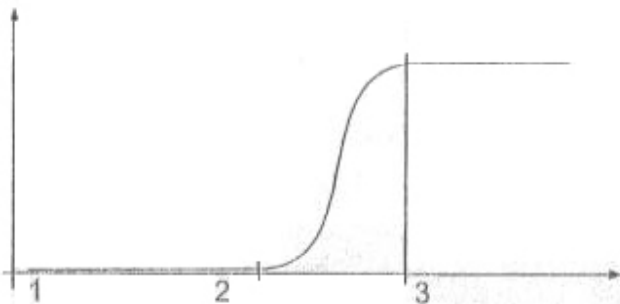
7.2 Degradatie en opslag van cellulosenitraat

7.2.1 Onvoorspelbaarheid van degradatie

De verspreide verdeling van cellulosenitraat in collecties is verontrustend aangezien zij een onvoorspelbare tijdbom zijn.

Celluloid objecten zijn onderhevig aan een specifiek eigen degradatieproces. De hevigheid van degradatie kan geïllustreerd worden in een lijngrafiek. De intensiteit van de degradatie (zie X as) is afhankelijk van de tijd (zie y as).

Deze grafiek kan onderverdeeld worden in drie fasen.



1. Initieel toont het celluloid object geen tekens van degradatie. Dit is wat men noemt de onschadelijke inductieperiode. Spijtig genoeg is het niet mogelijk om exact te voorspellen wanneer de inductieperiode van cellulosenitraat voorbij is.

2. Op een onbekend moment versnelt de degradatie en de helling rijst enorm. Het polymeer begint toenemende hoeveelheden

stikstofdioxide uit te stoten, welke meetbaar vastgesteld kunnen worden. Dit hoog reactieve gas kan omgevormd worden tot nitraatzuur wat andere objecten aanvalt en dure opslagsystemen bevuilt.

De redenen voor deze toename zijn veranderingen in de klimaatomstandigheden of veranderingen in de conditie van het object zelf.

3. Onder deze nieuwe omstandigheden bereikt de intensiteit van degradatie een nieuwe maximum en stopt, maar dan op een hoger niveau nadat het gestabiliseerd is.⁸⁴

De omvang van deterioratie wordt minder bepaald door de leeftijd van het object dan door de additieven, de geschiedenis, opslag, maar ook de manier waarop het bereid is. Op het einde van de 19^{de} eeuw en in het begin van de 20^{ste} eeuw was er geen standaardprocedure voor de bereiding van cellulosenitraat. Elke fabriek had hierdoor zijn eigen recept. Dit is één van de redenen waarom er verschillende kwaliteiten van celluloid bestaan, welke ook allen op een andere manier zullen verouderen.

Er bestaan aanduidingen over wat men beter niet doet en wat wel, maar er is geen manier om de zuurafscheiding tegen te gaan of men moest het object uit cellulosenitraat eeuwig diepgevroren houden in een non frost vriezer.

Wanneer verzamelaars of conservatoren zich de gevolgen realiseren van deteriorerend cellulosemateriaal zijn ze eerder geneigd de rest van hun collectie te beschermen en de objecten uit cellulosenitraat te laten verdwijnen. Dit is drastisch en vaak ook onpraktisch als men kijkt naar de duur van het ontsluitingsproces in vele instituten. Ook is het zo dat niet elk object uit cellulosenitraat onstabiel is, vele zijn vaak nog een lang leven beschoren. Een andere typische respons is om het cellulosenitraat object in een zak van polyethyleen te steken. Hierin zitten dan alle dampen geconcentreerd wat een deterioratie enkel versneld.

Kunststoffen zijn een onschatbare, onvervangbare bron van het pioniertijdperk van de kunststoffen. Echter is dit tijdperk niet goed gedocumenteerd.

⁸⁴ Fenn., J., "Plastics, Collecting and Conserving: The Cellulose Nitrate Time Bomb", NMS Publishing Limited, 1999

In verhouding zijn er slechts weinige objecten geïdentificeerd, geanalyseerd of onderzocht naar hun bereidingstechnieken en zelfs gedegradeerde objecten kunnen in dat opzicht waardevol zijn.⁸⁵

7.2.2 Degradatieproces

Het hoofdbestanddeel van celluloid is cellulosenitraat. Het is het resultaat van de nitratie van cellulose moleculen. Omdat dit een reversibel proces is, veranderen de eigenschappen wanneer zij in contact komen met water.

De deterioratie van cellulosenitraat kan gerelateerd worden aan de sporen van sulfaat en oxalaat. Deze zijn hoogst waarschijnlijk het resultaat van een slechte bereiding.⁸⁶

Indien deze sporen in contact komen met water zullen zij gehydrolyseerd worden tot zuren. Dit zal het polymeer ernstig doen degraderen.

Het is mogelijk dat indien een object uit cellulosenitraat degradeert er gassen, welke bestaan uit stikstofoxide en stikstofdioxide, worden vrij gelaten. Indien deze gassen gevangen geraken in het object en in contact komen met water kunnen zij gehydrolyseerd worden tot zuren, meer specifiek nitraatzuur. Zuurheid versnelt het degradatieproces, dus eens het proces van start is gegaan, wordt het proces autokatalysatorisch.⁸⁷

7.2.3 Additieven

De meest gebruikte weekmaker kamfer is niet chemisch gebonden aan de cellulosenitraat moleculen, maar slechts fysiek. Hierdoor sublimeert de kamfer bij kamertemperatuur wat ervoor zorgt dat de celluloid bros wordt. De sublimerende kamfer creëert gaten in het interieur van het materiaal. Deze gaten laten water toe en dit zorgt voor de vorming van nitraatzuur in het materiaal.

7.2.4 Onderscheid tussen opake en transparante cellulosenitraat

Ondanks de verschijning aan de buitenkant, de vorm en kleur die intact blijven kan het interieur broser en broser worden en uiteindelijk breken. In contrast met transparant cellulosenitraat toont de opake celluloid duidelijk de craquelures.

Het interieur van opaak cellulosenitraat lijkt veel stabielier dan dat van transparant cellulosenitraat. De verbeterde stabiliteit van opaak cellulosenitraat kan te maken hebben met de toegevoegde vulmiddelen en doordat licht niet kan penetreren door opake materialen. Hierdoor kan een deterioratie door licht minder snel geïnitieerd worden. Wel kan licht ontkleuring veroorzaken aan het oppervlak van een opaak, gekleurd object.

7.2.5 Metaalcorrosie

Vaak wordt celluloid gecombineerd met metaal, bijvoorbeeld bij een haarklem of een zonnebril. Door corrosie vergroot het volume dat door het metaal ingenomen werd en hierdoor barst de celluloid.

⁸⁵ Fenn, J., "Plastics, Collecting and Conserving: The Cellulose Nitrate Time Bomb", NMS Publishing Limited, 1999

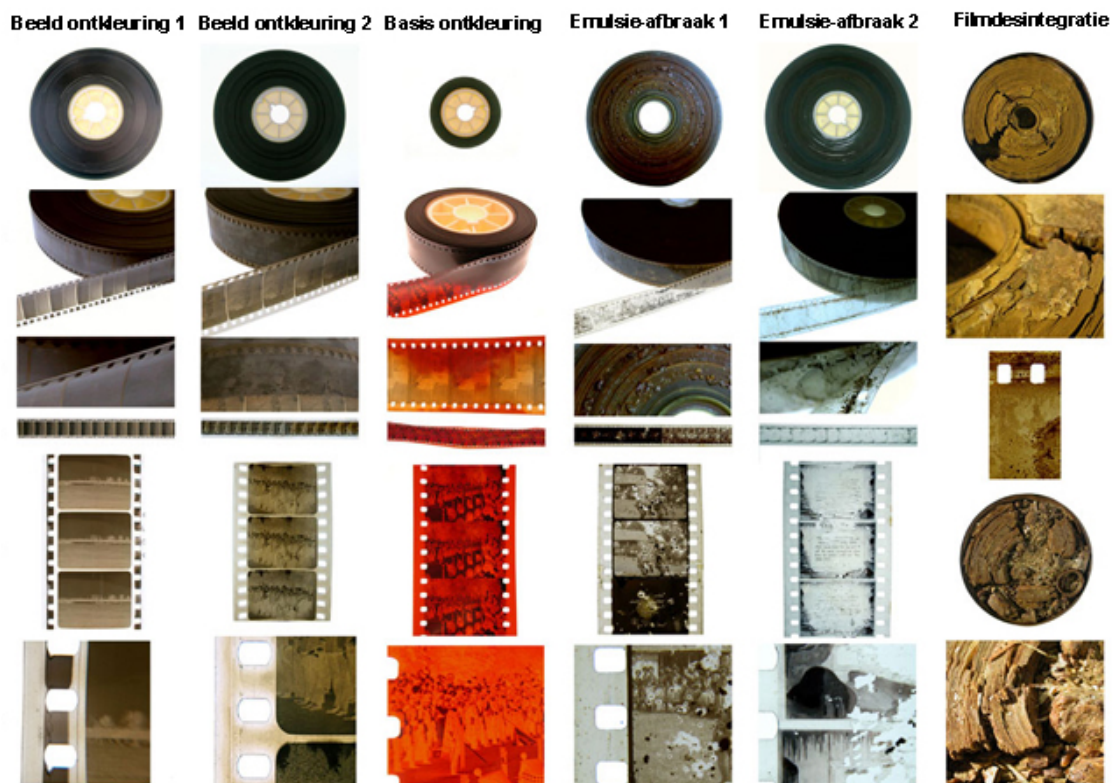
⁸⁶ Kebler, K., "Plastics in Art: History, Technology, Preservation; De opslag voor celluloid objecten", Kölner Beiträge zur Restaurierung und Konservierung von Kunst- und Kulturgut Band 15, Siegl München, 2002

⁸⁷ Stewart, R., Littlejohn, D., Pethrick, R., Tennent, N., Quye, A., , "Plastics, Collecting and Conserving: Degradation studies of Cellulose Nitrate Plastics", NMS Publishing Limited, 1999

7.2.6 Aantasting

Het cellulosenitraatobject zelf, maar ook objecten en materialen uit de omgeving kunnen aangetast worden door dit degradatieproduct. Er is nog geen onderzoek volbracht naar de omvang van de schade teweeggebracht door nitraatzuur.⁸⁸ Ook is stikstofdioxide een sterke oxiderende agens. Het kan een gevaarlijke vuurhaard worden wanneer het wordt opgenomen door stof, papier of absorberders zoals koolstof en silica gel. Hier moet rekening mee gehouden worden tijdens opslag.⁸⁹

Evolutie van degradatie van filmrol van cellulosenitraat



7.2.7 Opslag

Elk celluloid object dat tekenen van degradatie vertoont, zoals de vorming van craquelures of het vrijkomen van nitraatzuur, vereist een speciale omgang. Vroege tekens van deterioratie zijn vergeling, zeker bij transparante items zoals beschermende covers, ramen, gradenbogen en andere tekeninstrumenten. Kleurverandering kan ook voorkomen waar een aan zuur gevoelige kleurstof is aangebracht om kleur te voorzien. Bijvoorbeeld sommige schildpaddenschelp imitaties produceren een rode verkleuring aan het onstuimige begin van deterioratie.

⁸⁸ Kebler, K., "Plastics in Art: History, Technology, Preservation; De opslag voor celluloid objecten", Kölner Beiträge zur Restaurierung und Konservierung von Kunst- und Kulturgut Band 15, Siegl München, 2002

⁸⁹ Stewart, R., Littlejohn, D., Pethrick, R., Tennent, N., Quye, A., , "Plastics, Collecting and Conserving: Degradation studies of Cellulose Nitrate Plastics", NMS Publishing Limited, 1999

Een *bloom* aan het oppervlak is ook een vroeg teken van degradatie, net zoals de detectie van zuurheid. Ernstigere degradatie vertoont *crazing* en in extreme gevallen een 'gekristalliseerd uiterlijk', wat verder leidt naar het breken en verkrummen van de plastic. Bij dikke delen van het materiaal (± 5 mm of meer) wordt het eerste teken van degradatie, een interne breuk, vaak verkeerdelijk bekeken als een mechanische breuk. Ernstige *crazing* volgt snel daarop. Deze vorm van degradatie is bij een opaak materiaal pas zichtbaar wanneer het oppervlak bereikt is.

De gaten of craquelures kunnen met behulp van een SEM (Scanning Electron Microscopy) zichtbaar worden.

De typische UV fluorescentie van cellulose nitraat is groen en de bij een gedeterioreerd object geel.⁹⁰

7.2.8 NO₂

7.2.8.1 NO₂ meten

Men kan de waarschijnlijkheid tot degradatie voorspellen door de hoeveelheid sulfaat in een object uit cellulosenitraat te meten. De hoeveelheden oxalaat kunnen ook een goed idee geven van de staat van deterioratie.

Voor deze stoffen te meten kan men het best gebruik maken van FTIR spectroscopie (Fourier Transform Infra Red). Deze analysemethode is niet voor iedereen beschikbaar aangezien ze zeer duur is.

Een simpele meting van de pH van het oppervlak van een object geeft een algemene standaard van zijn stabiliteit. Een dräger tube kan men hoeveelheden NO₂ aantonen. Met een dräger tube kan men metingen uitvoeren op korte termijn en op lange termijn. Met de metingen op korte termijn kan de aanwezigheid NO₂ aangetoond worden. Het geeft geen kleine hoeveelheden NO₂ aan en kan enkel gebruikt worden in een gesloten opslag, zoals een doos of een zak.

Met de metingen op lange termijn (ongeveer 4 weken) kan men kleinere hoeveelheden NO₂ aantonen. De resultaten hiervan moeten wel uitgevoerd worden in een laboratorium wat tijdsintensief is en duur.

Een andere methode is het gebruik van glas sensoren ontwikkeld door het Fraunhofer Instituut in Würzburg. Deze glassensoren zijn stukjes glas die artificieel gecorrodeerd zijn tot een gestandaardiseerd niveau. Deze worden dan blootgesteld aan een vervuilde atmosfeer en relatieve vochtigheid. Dit zorgt ervoor dat ze verder corroderen. De omvang van de vervuilde gassen in de lucht kan vastgesteld worden door de veranderingen en de intensiteit van de ontwikkelde corrosie te meten. Een nadeel aan deze techniek is dat men geen individuele gassen kan herkennen.⁹¹

7.2.8.2 NO₂ Indicatoren

De sulphonephtaleïnes indicatoren (Cresol red, Cresol purple) voorzien een snelle, goedkope en simpele manier om de evoluerende conditie van een object uit cellulosenitraat te bepalen. Zo kan er vastgesteld worden of een ventilatiesysteem, een absorbeerder of een container geschikt is.

Ze kunnen aangebracht worden op filterpapier. Het filterpapier moet ondergedompeld worden in een waterige oplossing (0,04% w/v) of in een alcoholische oplossing (0,005% w/v) waarna men het laat drogen.

⁹⁰ Morgan J., "A survey of Plastics in Historical Collections" Plastics Historical Society and The Conservation Unit of the Museums & Galleries Commission, 1994

⁹¹ Kebler, K., "Plastics in Art: History, Technology, Preservation; De opslag voor celluloid objecten", Kölner Beiträge zur Restaurierung und Konservierung von Kunst- und Kulturgut Band 15, Siegl München, 2002

Daarna plaats men de indicator naast het object. Binnen de twee tot vier dagen verandert de kleur van de indicator. Indien de uitwaseming van het zuur voldoende verdund is, zal de indicator overgaan naar een gele kleur. Na de initiële kleurverandering stopt de werking en moeten ze vervangen worden. Ook functioneren ze het best wanneer ze zich reeds in een afgesloten container bevinden. Indien ze in een open opslagruimte gebruikt worden stellen ze geen aanwezigheid van NO₂ vast, terwijl de aanwezigheid van NO₂ wel werd vastgesteld met de dräger tube.⁹²

7.2.8.3 Filters

Er zijn verscheidene filters voorhanden die in staat zijn de uitscheidingsgassen van cellulosenitrat te filteren, waaronder geactiveerde koolstof, zeoliet en silica gel. Deze vallen onder de noemer van de moleculaire zeven. Naast deze moleculaire zeven zijn er ook de zuurstofabsorbers van Mitsubishi (RP-A en de RP-K) welke een omgeving creëren die zuurstofarm is. Algemeen kan men stellen dat er 20% zuurstof aanwezig is en 80% stikstof. Door de zuurstof te absorberen ontstaat er een omgeving waarin er 100% stikstof aanwezig is.

Deze filters zijn allen reeds uitgetest door een gedeterioreerd object van cellulosenitrat in een gesloten perspex (PMMA) container te plaatsen tezamen met een filter en de resultaten werden onderling vergeleken.

Zeoliet vertoonde de beste resultaten omdat het naast het reduceren van de hoeveelheid NO₂ ook als een drogende agens werkt en de vochtigheid verlaagt.

De nadelen aan de zuurstofabsorbers waren dat het systeem te snel (3 weken) uitgeput geraakte door de sterk oxiderende agens stikstofdioxide en dat het systeem het best werkt bij een luchtvochtigheid van boven de 53%, welke te hoog is voor cellulosenitrat. Bij cellulosenitrat kan men zich het best beperken tot een RH van 40%.

Het zuur neutraliseren is ook een mogelijk alternatief. Er is papier beschikbaar dat voorzien is van een buffer van calciumcarbonaat tot een pH van 9-10. Het lijkt enorm effectief in het opnemen van de zure gassen zolang er geen direct contact is tussen het papier en het object van cellulosenitrat. Het zuur reageert met calciumcarbonaat en vormt calciumnitrat. Indien het object in direct contact is, ontstaan er natte plekken welke de deterioratie bevorderen.

Voorgaande experimenten, over het volgen van de beweging van stikstofdioxide-uitstotingen, indiceren dat zuuropnemers effectiever zijn wanneer ze boven de bron worden geplaatst dan eronder.

Zoals op pag. 142 beschreven moet men voorzichtig zijn met het gebruik van absorbers aangezien de explosieve nitraten zich hierin geleidelijk aan zouden kunnen vormen.⁹³

7.2.9 Containers

Ook zijn er reeds testen uitgevoerd met gesloten dozen gelijkaardig aan displayvitrines, kunststoffen zakken, kartonnen van zuurvrij karton en een open schap en de resultaten zijn onderling vergeleken. De opslag van gedeterioreerde cellulose nitrat in de kartonnen van zuurvrij karton gaven de beste resultaten. Vermoedelijk werd de NO₂ geabsorbeerd door het zuurvrije karton. De zuurtegraad van het karton is na gebruik niet gemeten waardoor verder onderzoek hieromtrent vereist is.

⁹² Stewart, R., Littlejohn, D., Pethrick, R., Tennent, N., Quye, A., , "Plastics, Collecting and Conserving: Degradation studies of Cellulose Nitrate Plastics", NMS Publishing Limited, 1999

⁹³ Fenn., J., "Plastics, Collecting and Conserving: The Cellulose Nitrate Time Bomb", NMS Publishing Limited, 1999

Een alternatief is het plaatsen van de celluloid objecten op een open rek, waarvan de onderkant en zijkanten voorzien zijn van verluchtingsgaten. In dit open systeem werd er slechts een kleine hoeveelheid NO₂ gemeten met de dräger tube. Een nadeel van dit open systeem is de ontvankelijkheid van het object aan stof. Stof kan schadelijke vervuilers bevatten en doordat de glasovergangstemperatuur van cellulosenitraat laag is en verlaagt bij veroudering kan het stof ingesloten geraken in de kunststof.⁹⁴

Er zijn ook testen ondernomen met gebufferd papier in een gesloten systeem aangezien het museum personeel vaak te weinig tijd heeft voor een regelmatige inspectie. Objecten in een ver gevorderd stadium van deterioratie zijn ingesloten in een transparante zak van polyester waarvan de opening is afgesloten met gebufferd papier. Polyester is bestand tegen stikstofdioxide en laat geen dampen vrij zodoende dat de uitwasemingen enkel kunnen uittreden via het gebufferde papier. Dit beschermt de rest van de omgeving totdat de kalkbuffer uitgeput is.

Testen toonden een reductie aan van de zuurophoping in het afgesloten systeem. Wel is nog niet duidelijk of deze reductie voldoende is aangezien het object zich nog steeds in een agressieve omgeving bevindt, wat de deterioratie kan versnellen.

Een oplossing is om al de objecten uit cellulosenitraat afzijdig van de rest van de collectie te plaatsen. Dit is een goede oplossing voor fotonegatieven die men dan allen in een non frost vriezer steekt, wat deterioratie vertraagt. Maar deze oplossing is niet even voldoende gevend voor grote driedimensionale werken dan voor homogene dunne filmpjes. De differentiële thermische contradicties ontstaan door de verschillende dikheden en materialen zouden hevige mechanische stress teweeg brengen in het object. Driedimensionale materialen nemen ook al snel een enorme hoeveelheid in, in de vriezer.⁹⁵

7.3 Degradatie en opslag van cellulose-acetaat

7.3.1 Onderscheid tussen cellulosenitraat en cellulose-acetaat

Cellulose acetaat degradeert op eenzelfde manier als cellulosenitraat. Het grote verschil is dat tijdens het deterioratieproces er geen *nitraatzuur* wordt uitgescheiden maar *azijnzuur*.

Transparante cellulosenitraat wordt geel door deterioratie terwijl transparante cellulose-acetaat meer een blauw/grijze of bruine tint heeft. Ook degradeert cellulosenitraat sneller dan cellulose-acetaat.

7.3.2 Degradatie

Net zoals bij cellulosenitraat zijn de twee mechanismen die de degradatie in de hand werken de oxidatie en de hydrolyse. Cellulose-esters oxideren makkelijk in de lucht. Oxidatie wordt gedreven door een blootstelling aan licht dat energie voorziet om een reactie te activeren. De oxidatieproducten zijn zurig en worden de zuur-generator genoemd. Zuur katalyseert een reactie met een tweede materiaal uit de omgeving. Indien er een binding met water wordt aangegaan spreekt men van een hydrolyse. Hydrolyse is de grootste decompositiereactie.

⁹⁴ Pullen, D., Heuman J., "Modern Organic Materials: Cellulose acetate deterioration in the sculptures of Naum Gabo", The Scottish Society for Conservation & Restoration, Preprints of the Meeting, Edinburgh, 1988

⁹⁵ Stewart, R., Littlejohn, D., Pethrick, R., Tennent, N., Quye, A., , "Plastics, Collecting and Conserving: Degradation studies of Cellulose Nitrate Plastics", NMS Publishing Limited, 1999

Door hydrolyse breken de chemische bindingen die het natuurlijk polymeer tesamen houden, welke bestaat uit een lineaire ketting van anhydroglucose eenheden.

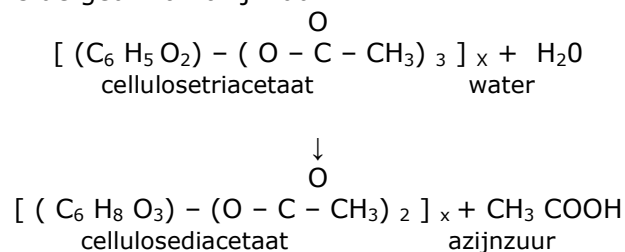
Een depolymerisatie veroorzaakt een verlies van sterkte en een verhoging van de broosheid van het materiaal. Dit is gelijk aan de degradatie van papier en textiel, maar industrieel geproduceerde cellulose bezit niet langer een celstructuur en de lange vezels van de natuurlijke cellulose die lang na een chemische degradatie nog sterkte en flexibiliteit aan het materiaal verlenen zijn ook niet meer aanwezig.

Bij papier start de degradatie in de amorfe delen van de cellulose molecule, maar dat zijn net die delen die in de productie van cellulose-acetaat gebruikt worden omdat zij makkelijker oplosbaar zijn door zuren. Cellulose-acetaat heeft geen vezelachtig skelet. Men kan het het best vergelijken met een dikke gelei.

Een andere reactie met water doet de acetaat componenten afsplitsen van de cellulose waardoor er azijnzuur vrijkomt. Een vrijkomen van deze azijngeur is een indicatie dat de deterioratie van start is gegaan, maar deze indicatie komt te laat. Het object in een gesloten en ongeventileerde omgeving bewaren laat een toename toe van het azijnzuur en zorgt dus voor een versnelde deterioratie fase.⁹⁶

De omvang van hydrolyse kan gemonitoreerd worden door een verandering van het gewicht, hoewel dit gecompliceerd is door het verlies van plasticizer wat ook resulteert in een toename van gewicht.⁹⁷

De aanwezigheid van zuur kan ook kleurveranderingen teweeg brengen bij de gekleurde cellulose-acetaatobjecten. De eerste indicatie van degradatie is vaak een witte bloem. Een andere indicatie is de geur van azijnzuur.



De acetyl inhoud kan gecontroleerd worden tijdens het fabricageproces waardoor men cellulosediacetaat en triacetaat kan vormen. Cellulosediacetaat heeft een substitutiegraad van ongeveer 2,3, terwijl cellulose-triacetaat een substitutiegraad van ongeveer 2,7-3,0 heeft. Deze verschillen in de graad van substitutie resulteren in verschillen in de fysische en chemische eigenschappen. Naast het verschil in oplosbaarheid welke reeds is toegelicht op pag. 88 en 91 is er ook een verschil in de vochtopname. Men kan stellen dat hoe hoger de graad van substitutie is, hoe meer resistent het polymeer is voor water. Dit heeft ook gevolgen voor de chemische stabiliteit. De omvang van hydrolyse van cellulose diacetaat is sneller dan die voor cellulose triacetaat. De graad van hydrolyse neemt toe naarmate de vochtconcentratie en de temperatuur toenemen.

Door problemen met het bereidingsproces beperken de industriële toepassingen voor triacetaat zich tot fotografische films, vezels en lakken. De meeste sheets uit cellulose-acetaat zijn hierdoor het minder stabiele diacetaat. De stabiliteit van de polymeren is afhankelijk van baksel tot baksel en kan gemaskeerd worden door het gebruik van stabiliserende additieven.⁹⁸

⁹⁶ <http://www.tate.org.uk/research/tateresearch/tatepapers/07autumn/hackney.htm> (2008-04-28)

⁹⁷ Pullen, D., Heuman J., "Modern Organic Materials: Cellulose acetate deterioration in the sculptures of Naum Gabo", The Scottish Society for Conservation & Restoration, Preprints of the Meeting, Edinburgh, 1988

⁹⁸ Edges, M., Allen, M., Jewitt, T., Appleyard, J., "Modern Organic Materials: Cellulose acetate an archival polymer falls apart", The Scottish Society for Conservation & Restoration, Preprints of the Meeting, Edinburgh, 1988

7.3.3 Additieven

Additieven hebben een grote invloed op de stabiliteit van het polymeer.

Zuivere cellulose-acetaat is een bros, glasachtig materiaal dat door toevoeging van een plasticizer flexibel wordt. De plasticizer is een zwaar vloeibaar solvent dat langzaam verdamppt.

Cellulose-acetaat en flexibele PVC zijn de kunststoffen die de grootste hoeveelheden plasticizer bezitten. Hierdoor zijn dit ook diegene die plasticizer migratie vertonen. Bij een verandering van het polymeer of de weekmaker wordt de plasticizer onverenigbaar en migreert naar het oppervlak. De verandering kan teweeg gebracht worden door verdamping of loogt eraf door een reiniging of een verwarming of contact met solventen. Hierdoor gaan de weekmakers en ook andere additieven vaak verloren. Het verlies van plasticizer zorgt ervoor dat het materiaal stijf wordt, maar nog niet in die mate dat het bros wordt. Flexibele materialen kunnen hierdoor het best van een ondersteuning voorzien worden zodat ze zich niet vastzetten in hun vervormde toestand. Ook zal een dikker sheet cellulose-acetaat zijn plasticizer langer behouden dan een dunner sheet.⁹⁹

De vroege tekens van een verlies aan plasticizer zijn verbrozing, verlies van transparantie aan het oppervlak en krimpen.

Een ongelijk verlies van plasticizer is verantwoordelijk voor vervorming en dit komt vaak voor bij cellulose-acetaat. Het is vaak een teken dat er een chemische deterioratie van start is gegaan.¹⁰⁰

Cellulose acetaat plastics werden veelvuldig teruggevonden in poppen- en speelgoedcollecties. De meest voorkomende vorm van deterioratie is vervorming door het verlies van plasticizer.¹⁰¹

Door zowel de fysische als de chemische degradatie gaat een sheet uit cellulose-acetaat krom trekken of zich los trekken van diens bevestigingen door een inkrimping van het materiaal of externe spanningen en kelderen onder de zwaartekracht. Een goed voorbeeld van de scheuren en vervormingen is het werk van Carla Accardi dat tears vertoont aan de nietjes en grote scheuren. Een goed voorbeeld van de krimp werd pas duidelijk nadat de hechting opnieuw was verkregen en het werk terug opgespannen diende te worden. De illustratie hieronder toont het verschil tussen de oude inschietgaten van de nietjes en de nieuwe.

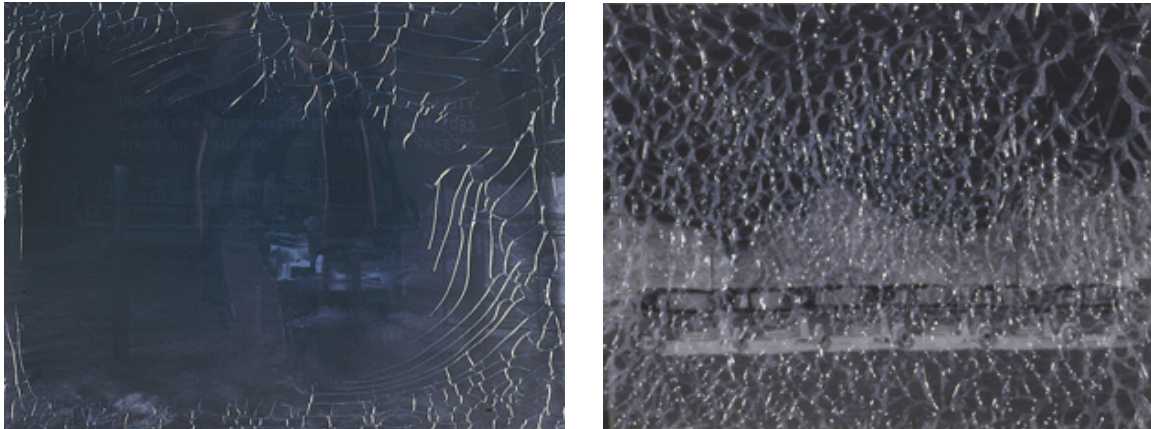


Het verschil tussen de oude inschietgaten en de nieuwe nietjes duidt op krimp door plasticizermigratie

⁹⁹ <http://www.tate.org.uk/research/tateresearch/tatepapers/07autumn/hackney.htm> (2008-04-28)

¹⁰⁰ www.plastiquarian.com (20-02-2008)

¹⁰¹ Edges, M., Allen, M., Jewitt, T., Appleyard, J., "Modern Organic Materials: Cellulose acetate an archival polymer falls apart", The Scottish Society for Conservation & Restoration, Preprints of the Meeting, Edinburgh, 1988



sheets vervaardigd uit cellulose-acetaat welke intern gescheurd zijn

7.3.4 Aantasting azijnzuur en metaalcorrosie

Azijnzuur van degraderende cellulose-acetaat kan geëxtrudeerde transparante polymethylmethacrylaat en heldere polystyreen verzachten en crazen.

Azijnzuur dat wordt uitgestoten door cellulose-acetaat kan voor de mens ook schadelijk zijn. Het kan brandwonden veroorzaken door contact met de huid en slijmvliesirritaties. Het is aangeraden om handschoenen te dragen en te werken onder goed geventileerde omstandigheden.¹⁰²

Azijnzuur is corrosief aan lood en zink.¹⁰³

Voorbeelden van een aantasting van azijnzuur zijn vaak zichtbaar bij brillmonturen van gewone en zonnebrillen vervaardigd uit cellulose acetaat. Deze vertonen vaak tekenen van degradatie, aan de scharnieren. Deze waren gecorrodeerd. Behalve wanneer er een draad, vervaardigd uit nikkel, in het montuur werd verwerkt, voor extra versterking, bemerkte men een vergroening.

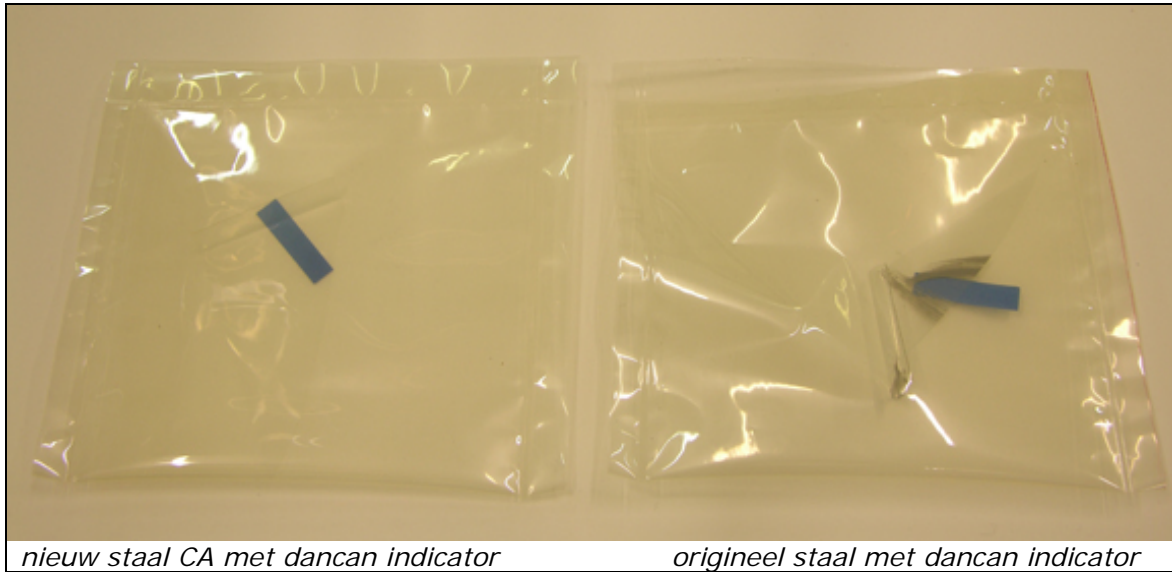
Dit fenomeen is ook zichtbaar bij filmrolletjes. Zo ziet men bij filmrolletjes dat hoe dichter de cellulose-acetaat bij de ijzeren spoel zit, hoe meer gedegradieerd het materiaal. IJzer heeft dus een katalysatorische werking op de deterioratie van cellulose-acetaat. Ook bij cellulosenitraat is dit fenomeen al vaak duidelijk geïllustreerd.

¹⁰² <http://www.dancan.dk/e-acid%20detection.html>

¹⁰³ Fenn, J., "Resins Ancient and Modern: Secret sabotage: reassessing museum plastics in display and storage", The Scottish Society for Conservation and Restoration, Edinburgh , 13-14 September 1995

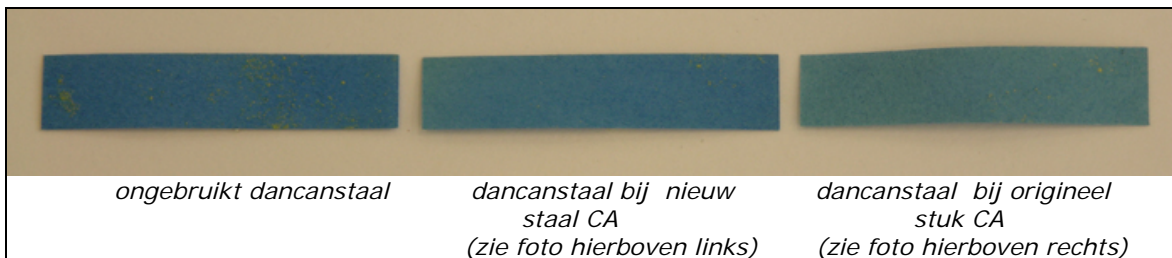
7.3.5 pH indicatoren

Dancanstaaltjes zijn pH indicatoren die de pH van een film van cellulose-acetaat bepalen. Men plaatst een staaltje op de film van cellulose-acetaat en na 24 uur kan er gecontroleerd worden wat de pH is van de film. Onder koude omstandigheden heeft het staal 2 tot 3 dagen nodig, maar onder een normale temperatuur van ongeveer 20°C is 24 uur voldoende om vast te stellen in welk stadium de film zich bevindt.¹⁰⁴ Ik heb een aantal van deze staaltjes besteld en ben nagegaan in hoeverre deze pH indicator kan bepalen wat de mate van degradatie is.










De afbeelding links toont een nieuw stuk cellulose-acetaat waaronder een dancanstaal zit en dit geheel is ingesloten in een dichtgesealde zak om de interactie met zuurstof uit te sluiten.

De afbeelding rechts toont een stuk celluloseacetaat van het originele kunstwerk 'A Ghent abbiamo aperto una finestra' van Carla Accardi (voor reiniging) waaronder een dancanstaal zit en dit geheel is op eenzelfde manier dichtgeseald. Na 30 uur zijn de twee pakketjes geopend met onderstaande foto als resultaat.



Het eerste dancanstaal is een ongebruikt staal, het tweede dancanstaal is aangebracht op een stukje van het nieuwe sheet cellulosediacetaat (zie bovenste foto links) en het derde dancanstaal is aangebracht op een stukje van het originele sheet van het kunstwerk 'A Ghent abbiamo aperto una finestra' van Carla Accardi (zie bovenste foto rechts) (voor reiniging).

¹⁰⁴ <http://www.dancan.dk/e-acid%20detection.html>

	Basic Color	Color Change	Color Change	Color Change	Color Change	Color Change	Color Change
pH waarde	pH waarde 6,0	pH waarde 5,0	pH waarde 4,8	pH waarde 4,6	pH waarde 4,4	pH waarde 4,2	pH waarde <4,0
Danche k Acetate							
Color	Blauw	Blauw	Groenachtig	Olijfgroen	Gele oker	Oranje	Oranje/geel
Level	0	0	1	2	3	3	3
Geur	Geen	Geen	Zwak	Sterker	Sterk	Sterk	Sterk
Conditie	Verse film	Degradatie neemt toe	Degradatie neemt nog meer toe	Autokatalytisch punt	De film moet gedupliceerd worden	Duplicatie heeft de hoogste prioriteit	Duplicatie heeft de allerhoogste prioriteit

Aangezien zelfs het nieuwe dancanstaal wat bleker van kleur is ten opzichte van de tabel hierboven moet de lezing van de pH met een korrel zout genomen worden. Het tweede dancanstaal is wat bleker dan het nieuwe dancanstaal en vermoedelijk situeert de pH zich rond de 5. Het derde en bepalende dancanstaal heeft al een groenere schijn, maar is nog steeds donker van kleur waardoor ik geneigd ben het sheet van het kunstwerk van Carla Accardi een pH toe te kennen van 4,8. Hieruit kan men concluderen dat de degradatie aan het toenemen is.

Het is aan te raden bij de uitvoering van deze test om genoeg referentiestalen te hebben zodoende dat men de resultaten onderling kan vergelijken en men niet enkel afhankelijk is van de kleuren op de tabel. Ook moet men erop letten de dancanstaaltjes na gebruik apart te bewaren aangezien ze elkaar onderling beïnvloeden.

Ook zijn er tests uitgevoerd met de meer bekende algemene pH strips, maar deze gaven minder gedetailleerde informatie. Het voordeel van de pH indicator dancan is dat ze 5 onderverdelingen geven tussen een pH van 6 en 4, terwijl de algemene pH indicatoren hier slechts 1 onderverdeling tussen hebben. Wanneer de hoeveelheid uitstoting van azijnzuur groot is zijn deze indicatoren effectief, maar dan is het vaak al te laat.

7.3.6 Opslag



opslag in klimatisatieruimte vóór restauratie



opslag in atelier tijdens restauratie

De gemiddelde temperatuur van de klimatisatieruimte bedroeg in de winter van 2007 op de middag 22°C.

De gemiddelde relatieve vochtigheid bedroeg er 41%. Het licht in de opslagruimte gaat enkel aan wanneer er beweging is en dan is er onder de lamp een gemiddelde van 310 lumen per lux.

In het atelier waar het kunstwerk behandeld werd, was er, in de winter van 2007, een gemiddelde temperatuur 23°C en was er een relatieve vochtigheid meetbaar van gemiddeld 42%. De lumen per lux is gemeten op de plaats waar het object bewaard werd, met en zonder de bescherming van Tyvek.

Boven de tyvek: 23°C & 40% R.H.

Onder de tyvek: 23°C & 39% R.H.

Ook werd er op de vier verschillende hoeken van het kunstwerk een lichtmeting uitgevoerd zowel boven als onder de tyvek.

Linkerbovenhoek: 400 boven en 115 lumen per lux onder de tyvek.

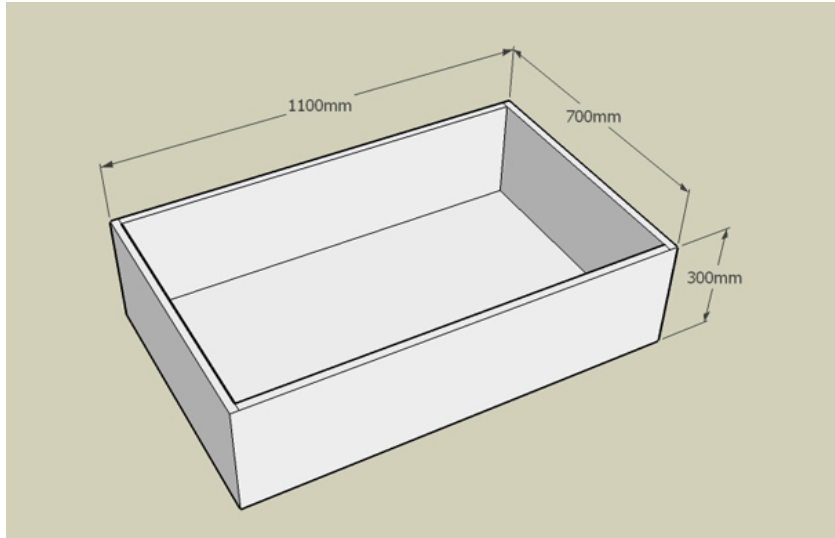
Rechterbovenhoek: 1500 boven en 450 lumen per lux onder de tyvek.

Linkeronderhoek: 620 boven en 140 lumen per lux onder de tyvek.

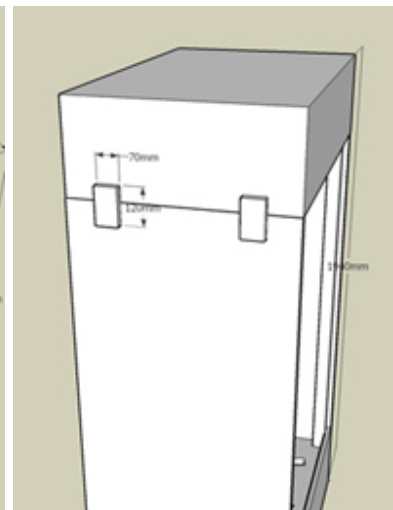
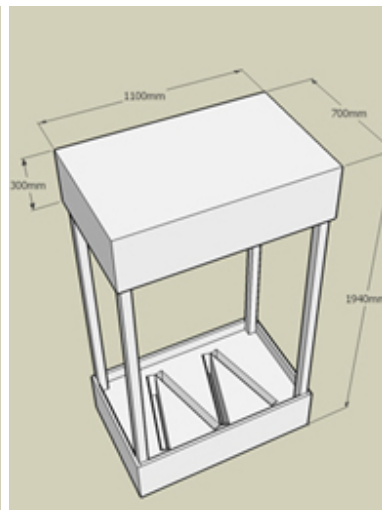
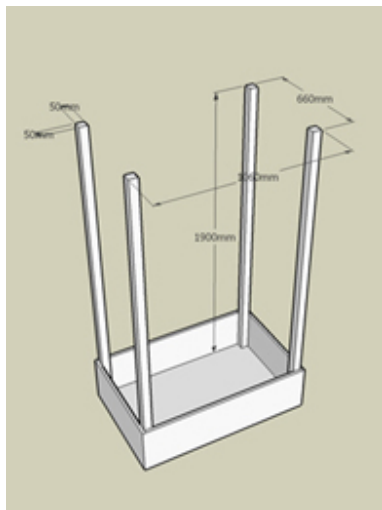
Rechteronderhoek: 1050 boven en 340 lumen per lux onder de tyvek.

Zoals je kan aflezen is een afscherming van een lichtgevoelig object met tyvek effectief. Men bekomt minder goede resultaten wat betreft het limiteren van de temperatuur en de luchtvochtigheid.

6.3.1 Evolutie van de vervaardiging van de opslag- en transportkist



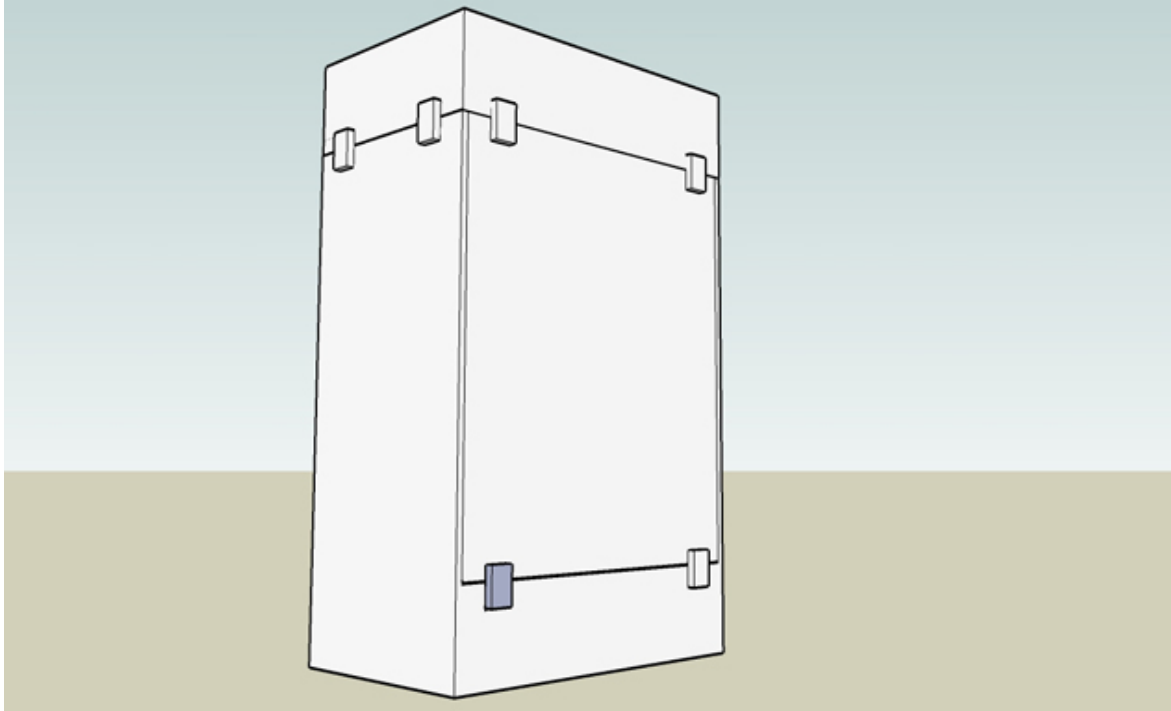
Allereerst wordt er een houten bak gemaakt. De afmetingen van deze bak zijn aangeduid op de tekening.



Op deze bak worden vier steunpijlers geplaatst die 10 cm hoger zijn dan de hoogte van het originele werk. Deze onderste bak wordt gevuld met ethafoam. Uit deze ethafoam wordt de vorm van kunstwerk gesneden, zodoende dat het kunstwerk hierin wordt geplaatst. Ethafoam 220 is een schuim uit polyethyleen welke stevig is, maar het kunstwerk toch niet vast zet. Deze schuim is ook schokabsorberend waardoor de trillingen die tijdens transport teweeg worden gebracht, worden opgevangen door de schuim en hierdoor het kunstwerk beschermen.

Op de steunpijlers wordt eenzelfde bak geplaatst, welke ook van ethafoam wordt voorzien waaruit de vorm van het werk wordt gesneden. Nu wordt het werk boven- en onderaan op zijn plaats gehouden in de ethafoam. De twee smalste zijden van de doos worden dichtgemaakt met hout. De bovenste kanten worden voorzien van spanklemmen, zodoende dat men de de bovenste bak kan verwijderen als het kunstwerk uit de kist moet genomen worden. De twee breedste kanten worden zowel boven- als onderaan met spanklemmen vastgezet. Deze twee breedste kanten worden

enkel op de kist vastgezet tijdens transport. Tijdens opslag is het het best dat het werk kan ademen en dat er geen zuren worden vastgehouden in de kist. Drie zakjes van 100 gr Zeoliet¹⁰⁵ worden bovenaan in de kist opgehangen en filteren het azijnzuur dat wordt vrijgelaten bij deterioratie. Ook werkt zeoliet als een drogende agens. Dit minimaliseert de kans op deterioratie aangezien deze geïnitieerd wordt door een opname van waterstof.



eindresultaat kist voor opslag en transport

¹⁰⁵ <http://www.cwaller.de> (05-04-2008)

7.4 Passieve conservering

7.4.1 Relatieve vochtigheid

Het is noodzakelijk om de relatieve vochtigheid te controleren, want net zoals hout en papier absorberen plastics vocht. Deze absorptie kan resulteren in stress die fysieke schade kan veroorzaken doordat een versnelde veroudering wordt opgestart.

De gewenste procentuele hoeveelheid vochtigheid is afhankelijk van de aard van de kunststof.

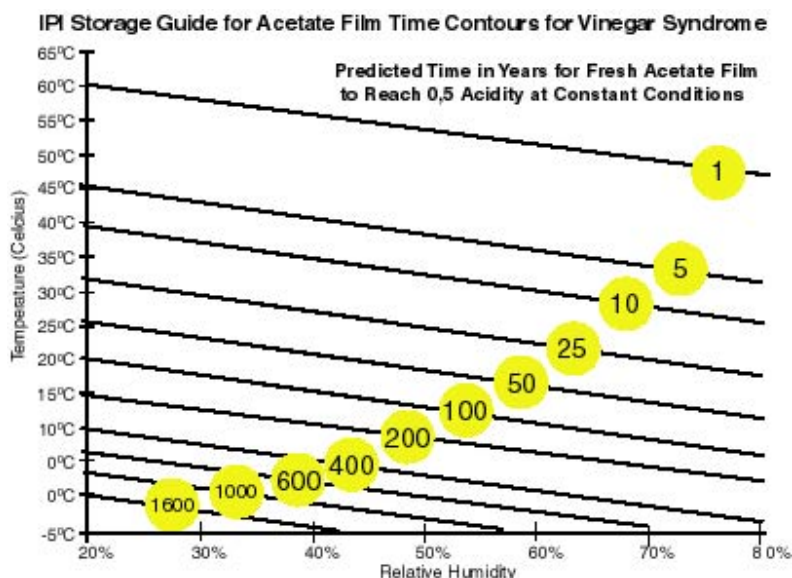
Aangezien er bij cellulose acetaat azijnzuur ontstaat bij een RV boven de 50% is het aangeraden om de RV onder de 50% te houden. Voor cellulosenitrat is het beter de R.H. onder de 40% te houden.

Ook is het belangrijk voor alle polymeren om de RV zoveel mogelijk constant te houden.

7.4.2 Temperatuur

Hoge temperaturen kunnen vervorming, kruip of smelt veroorzaken. Een temperatuur van boven de 25°C is voor geen enkele kunststoffolie aangewezen. Cellulose acetaat, cellulose nitraat (en PVC) worden het best in de koelkast (No Frost) bewaard bij een temperatuur van 4°C. Op pag.X is reeds aangehaald dat dit voor grotere objecten welke bestaan uit meerdere materialen niet mogelijk is.

Het is dus het best om de temperatuur constant te houden en temperaturen boven de 25°C te vermijden. Een temperatuurverandering van 2-3°C kan reeds een enorme stress teweeg brengen in de structuur van het object.¹⁰⁶



Op de illustratie hiernaast wordt de link gelegd tussen de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid bij celluloseacetaat.

Hoe meer men deze twee factoren tot het minimum beperkt, hoe langer het polymeer stabiel blijft. Voor cellulosenitrat is deze grafiek ook van toepassing.

¹⁰⁶ Pullen, D., Heuman J., "Modern Organic Materials: Cellulose acetate deterioration in the sculptures of Naum Gabo", The Scottish Society for Conservation & Restoration, Preprints of the Meeting, Edinburgh, 1988

7.4.3 De maximaal toelaatbare verlichtingssterkte: Emax. in lux

Straling is een derde omgevingsfactor die bij plastics gaat zorgen voor schade. Licht veroorzaakt het verbleken en verkleuren van pigment en initieert tevens de oxidatieve afbraak en cross-linking van polymeren dat kan leiden tot het broos worden en het vergelen van het materiaal. Wanneer de stabiliserende additieven verloren zijn of veranderen zal het polymeer meer kwetsbaar zijn voor fotolytische degradatie. Speelgoedcollecties bijvoorbeeld, vertonen vaak een vervaging van de kleuren, vermoedelijk door een blootstelling aan teveel zonlicht.

Ze moeten behandeld worden als lichtgevoelige materialen met een maximum van 50 lux.

7.4.4 UV-gehalte: ultra-violette straling

De meest schadelijke stralen zijn de UV stralen (van ± 10 tot 380 nm) en er wordt voor de meeste kunststoffen een maximum UV gehalte van 75 μ Watt/lumen vooropgesteld en zo ook voor celluloseacetaat.

Chemische oorzaken zijn vaak ernstiger dan fysische oorzaken omdat ze vaak katalyserend werken en irreversibel zijn.

De veranderingen van fysische oorsprong zijn deze die geassocieerd worden met verlies of migratie van additieven, verlies in treksterkte, verlies van glans, oppervlakte erosie, absorptie van dampen of vloeistoffen, kraken door stress of vermoeidheid en mechanische schade tengevolge van temperatuurschommelingen.

De afbraakreacties van chemische oorsprong zijn de werkelijke chemische reacties die zich voordoen bij het polymeer of bij de additieven. De chemische effecten kunnen zich manifesteren in verandering in chemische structuur, vorming van functionele groepen, kleurverandering, verkalken (chalking) en surface blooming, kraken, broos worden, ruw worden van het oppervlak, optreden van oppervlaktescheurtjes, verdamping van de ontstane afbraakproducten en het plakkerig worden van het materiaal.

In de meeste gevallen betekent dit mede een achteruitgang van de mechanische eigenschappen.

Stress versnelt de chemische degradatieprocessen. Een blootstelling aan de hierboven beschreven factoren limiteren is de enige manier om de chemische deterioratie te minimaliseren. Het is zeer effectief voor de verlenging van het leven van kunststoffen, maar wanneer objecten reeds geleden hebben en een deterioratie van start is gegaan, is dit minder effectief.¹⁰⁷

7.4.5 Opberging en verpakking

Sommige synthetische materialen kunnen organische stoffen uitscheiden. Dit verschijnsel zal op verschillende manieren manifesteren en moet bij opberging/verpakking in depots uitdrukkelijk in acht worden genomen.

De kunststoffen die organische stoffen uitscheiden zijn cellulose nitraat, cellulose acetaat, polyurethaan (in schuimvorm), polyvinylchloride en harde rubber (ebonite, vulcanite).

¹⁰⁷ www.plastiquarian.com (20-02-2008)

7.4.6 Gasuitzending

Bij het inpakken van voorwerpen, die schadelijke gassen uitzenden, kan een microklimaat ontstaan. De uitgezonden gassen kunnen het kunstwerk zelf, of de in de buurt staande kunstwerken, aantasten, waardoor schade optreedt. Bovendien werken de meeste gassen autokatalytisch, waardoor het kunstobject op lange termijn zou vernietigd kunnen worden.

Dit afbrekende mechanisme kan worden beperkt door de gasvormige degradatieproducten op te vangen. Dit kan door ventilatie of door bepaalde absorbeers toe te voegen.

7.4.6.1 Ventilatie

Door een goede ventilatie worden de negatieve gassen weggefilterd. De ventilatie mag echter niet te sterk zijn zodat de weekmakers niet uit de kunststof worden getrokken.

7.4.6.2 Absorbeers

Er zijn verschillende producten op de markt die de degradatieproducten kunnen absorberen. Geactiveerde koolstofdoeken (activated charcoal cloth) of sodium aluminiumsilicaat tabletten (Zeolite) kunnen in de buurt van het voorwerp worden gelegd, zodat absorptie kan optreden.

De kunststof instrijken met ESBO (epoxidised soyabean oil) kan tevens een absorberende werking hebben.

ESBO wordt gebruikt als weekmaker en stabiliseerder voor polyvinylchloride (PVC), voornamelijk aan dopjes. Het voorziet een luchtdichte afsluiting, waardoor microbiologische en andere vervuilers niet kunnen binnentreden.¹⁰⁸ Dit is een industriële toepassing en moet vooraleer deze in de wereld van de conservatie gebruikt zal worden, uitvoerig getest worden.

Er moet eveneens worden opgelet dat er geen metalen in de buurt van zulke kunststoffen worden opgeborgen. Mede door toedoen van een hoge relatieve vochtigheid en een afgesloten ruimte, kan corrosie van metalen optreden. Verschillende metalen hebben een verschillende gevoeligheid voor die dampen. Die metalen kunnen beschermd worden door een schellaklaag of afdeklaag van ENSIS (aardolieprodukt van Shell). Dit zijn paraffineachtige componenten die corrosieremmend zijn. Dit beschermt de metalen maar mag echter niet in de omgeving van de kunststoffen liggen.¹⁰⁹

Aangezien er, bij de 'Trapani' van Carla Accardi, metalen scharnieren aanwezig zijn die een onderdeel van het kunstwerk zelf vormen, kan er geen afdeklaag aangebracht worden. Ook is er, wat deze ingreep betreft, te weinig onderzoek uitgevoerd in de wereld van de conservatie en de restauratie om dit toe te passen.

¹⁰⁸ http://www.efsa.europa.eu/EFSA/efsa_locale-1178620753820_1178620770031.htm (17-03-2008)

¹⁰⁹ http://www.lubesolutions.co.uk/shell_rust_preventative.htm (17-03-2008)

7.4.7 Plakkerig worden

Bij sommige kunstwerken kunnen de weekmakers naar de oppervlakte migreren, waardoor ze plakkerig worden. Door het plakkerig oppervlak zullen stof en vuil heel gemakkelijk blijven kleven. Het kunstwerk dient hiervan te worden beschermd door het te voorzien van inpakmateriaal. De keuze van verpakking en de manier waarop de verpakking aangebracht wordt, is heel belangrijk. Men kan bijvoorbeeld een frame rond het kunstwerk maken waarover men het inpakmateriaal aanbrengt.

Ten eerste mag geen enkel inpakmateriaal de kunststof raken, omdat de verpakking op het kunstwerk zou kunnen blijven kleven.

Ten tweede moet rekening gehouden worden met interacties die tussen het plastieken inpakmateriaal en de kunststof van het voorwerp kunnen optreden. Hierdoor kan er bv. een overdracht van weekmakers plaatsvinden. Een barriere film van PTFE (polytetrafluorethyleen) is aangewezen voor cellulose nitraat en acetaat aangezien het non reactief is. Het wordt niet aangetast door de uitscheidingsgassen en stoot er ook zelf geen uit.¹¹⁰ Het nadeel van een polyesteren bescherming is de ondoorlaatbaarheid van zuurstof, waardoor er vaak een microklimaat gecreëerd word.

Algemeen kan gesteld worden dat een kunstwerk best tegen het stof wordt beschermd door gebruik te maken van een dicht geweven, ongeverfde, ongebleekte, gewassen, zuurvrije, katoenen doek die het voorwerp niet raakt. Andere manieren voor opslag zijn reeds toegelicht in voorgaand hoofdstuk.

¹¹⁰ <http://en.wikipedia.org/wiki/Polytetrafluoroethylene> (20-03-2008)

Deel 8: Conclusies

In dit laatste deel zullen punten gaande van 2 tot 7 besproken worden.

In deel 2, Identificatie van kunststoffen, werd toegelicht welke manieren er voor handen zijn om een kunststof te identificeren zonder gebruik te hoeven maken van instrumentale analytische methoden. Allereerst kan men op basis van het voorkomen en de tactiliteit van de kunststof al een aantal soorten kunststoffen uitsluiten. Indien er bijvoorbeeld een merknaam bekend is, is het zelfs mogelijk de soort kunststof te achterhalen. Niet elke kunststof laat zich op deze manier identificeren.

Indien het mogelijk is om een staal te nemen van het kunstobject kan men subjectieve identificatietesten ondernemen. De grootte van het staal is afhankelijk van de test die uitgevoerd moet worden. Er zijn zes subjectieve tests in de praktijk uitgevoerd waarvan de helft een goed resultaat gaven. Deze waren de Diphenylamine test, de KI Starch test en de Molish's test.

Toch moet men de resultaten van de subjectieve tests voorzichtig interpreteren en is bijkomstige informatie vereist.

De ideale oplossing zou zijn om allereerste observatietests uit te voeren en nadien deze te bevestigen met een analytische techniek. Één analytische methode werd in de praktijk toegepast, namelijk de Fourier Transform InfraRed (FTIR) spectroscopy. Hiermee werd de definitieve identificatie bepaald van het kunstwerk 'A Ghent abbiamo aperto una finestra' van Carla Accardi, namelijk cellulose-acetaat.

In deel 3, Geschiedenis en toepassingen van de cellulose-esters, wordt er in het eerste hoofdstuk, Cellulose-esters (en voorgaande) in de commerciële wereld, een theoretische uiteenzetting gegeven van de evolutie van de allereerste plastic tot de allereerste semi-synthetische kunststof, namelijk cellulosenittraat. Wanneer het explosieve karakter van deze kunststof aan het licht kwam, werd er gezocht naar een minder ontvlambaar substituut, wat cellulose-acetaat is.

Cellulose-acetaat werd aanzien als een stabiele kunststof, maar niets is minder waar.

Onwetend wat betreft de slechte verouderingseigenschappen van deze cellulose-esters, werden ze toegepast in de wereld van de conservatie en de restauratie.

Het laatste hoofdstuk gaf een toelichting van het gebruik van de cellulose-esters in de artistieke wereld. Hierin werd naast het kunstwerk van Carla Accardi ook ander werk van andere kunstenaars getoond en kort besproken. Uit dit hoofdstuk blijkt dat de constructivisten, waaronder Naum Gabo, al snel zijn beginnen werken met cellulosenittraat en cellulose-acetaat. Gabo was ervan overtuigd dat een kunstenaar de moderniteit moest omarmen, wat niet enkel nieuwe ideeën over de plaats en tijd van een sculptuur omvatten of de vormen die doen herinneren aan wetenschap en technologie, maar ook de nieuwe industriële cultuur en diens nieuwe materialen, in het bijzonder kunststoffen. Nadien zijn ook de futuristen en de kubisten beginnen werken met kunststoffen. Deze kunstenaars gebruikten de kunststoffen niet enkel voor de vervaardiging van sculpturen maar schilderden er ook mee.

Deel 4, Chemische en fysische eigenschappen, was een zeer belangrijk hoofdstuk voor het verdere verloop van de thesis. Zonder het begrijpen van de chemische en fysische eigenschappen van de cellulose-esters was het niet mogelijk geweest een hechting te bekomen of de degradatieprocessen te verstaan.

Voor deel 5, Onderzoek naar het hechten van transparante kunststoffen, werd een onderzoek opgestart aangezien er geen kant-en-klare oplossing bestond voor het hechten van een transparant sheet van cellulose-acetaat. Dit onderzoek was vereist aangezien de grootste problematiek voor de restauratie van het kunstwerk van Carla Accardi 'A Ghent abbiamo aperto una finestra' eruit bestond om opnieuw een hechting te bekomen tussen de vele scheuren in de transparante sheet van dit kunstwerk.

Er werd eenzelfde sheet cellulose-acetaat besteld waarop verscheidene testen werden uitgevoerd, gaande van de meest bekende, namelijk het verlijmen tot innovatieve onbekende technieken zoals het sealen en het oplossen van een kunststof met solvent.

In de Universiteit van Gent werden de stalen die de beste resultaten gaven onderworpen aan 'stress en strain' test. Het staal dat de beste resultaten gaf na uitvoering van deze test was het staal dat gehecht was met 100% aceton.

In deel 6, Toepassing van de methodiek: Hechten met solvent, werd het onderzoek van het voorgaande deel toegepast in de praktijk op het originele kunstwerk van Carla Accardi. Allereerst werd het beste resultaat uitgevoerd op het originele kunstwerk om een hechting te bekomen, namelijk het hechten met 100% aceton. Een groot aandeel van de scheuren werd hierdoor reeds voorzien van een hechting. Echter waren niet alle scheuren gehecht en moesten er andere middelen ingezet worden.

In deel 7, Degradatie en Preventieve conservering, werd er een theoretische bespreking van de degradatie en de factoren die een degradatie versnellen gegeven. Er werd een test uitgevoerd met Dancan stalen. Dit is een pH indicator welke specifiek voor cellulose-acetaat ontwikkeld is en de mate van degradatie aangeeft. Er werd vastgesteld dat de sheet van het originele kunstwerk 4,8 is. Hieruit kan men concluderen dat de degradatie aan het toenemen is.

Een opslagkist aangepast aan de vereisten van cellulose-acetaat, wat betreft de preventieve conservering van het materiaal, zal er hopelijk voor zorgen dat de pH van het sheet stabiel blijft waardoor het kunstwerk behouden blijft.

Bibliografie

Boeken en congressen

Blank, S., "In Saving the Twentieth Century : Practical Answers to Plastic Problems" Los Angeles County Museum of Art: The Conservation of Modern Materials, Proceedings of a Conference: Symposium 91 – Canadian Conservation Institute, 1992

Beek E.S., Quaadgras D., "Welke kunststof is dit? Een eenvoudige methode voor de herkenning van een aantal belangrijke kunststoffen", Stam Technische Boeken B.V., 1975

Browning. B.L., "Analysis of Paper", 2nd Marcel Dekkers, New York and Basel, 1977

Brydson, J.A., "Plastic Materials", Butterworth & Heineman, Oxford, 1997

Coxon, H. C. "In Saving the Twentieth Century: Practical Pitfalls in the Identification of Plastics", The Conservation of Modern Materials, Proceedings of a Conference: Symposium 91 – Canadian Conservation Institute, 1993

Crook J., Learner T, "The impact of Modern Paints: P. Blake, P. Caulfield, R. Hamilton, D. Hockney, J. Hoyland, R. Lichtenstein, M. Louis, B. Riley, F. Stella, A. Warhol," Tate Gallery, London, 2000

Fenn., J., "Plastics, Collecting and Conserving: The Cellulose Nitrate Time Bomb", NMS Publishing Limited, 1999

Fenn, J., "Resins Ancient and Modern: Secret sabotage: reassessing museum plastics in display and storage", The Scottish Society for Conservation and Restoration, Edinburgh , 13-14 September 1995

Germano C., "Carla Accardi", Edizioni Charta, Milano, 2001

Germano C., "Roma-New york, 1948-1964", Milan, Edizioni Charta, 1993

Hackney S., Townsend J., Eastaugh N., "Dirt and Pictures separated", The United Kingdom Institute for Conservation, 1990

Horie, C.V., "Materials for Conservation, organic consolidants, adhesives and coatings", Butterworth & Heinemann, Oxford, 1995

Jordan, O. "Het lijmen van en met kunststoffen", Argus, Munchen, 1966

Kebler, K., "Plastics in Art: History, Technology, Preservation; De opslag voor celluloid objecten", Kölner Beiträge zur Restaurierung und Konservierung von Kunst- und Kulturgat Band 15, Siegl München, 2002

Keneghan, B., "Plastics in Art: History, Technology, Preservation; Plastics in Archives: History, degradation and Preservation" Kölner Beiträge zur Restaurierung und Konservierung von Kunst- und Kulturgut Band 15, Siegl München, 2002

Keune P., de Keijzer M., "Pigmenten en Bindmiddelen, restauratie schildertechnieken", Stichting Nationaal restauratie centrum, Amsterdam, 2001
Krause, A., Lange A., M. Ezrin M., "Plastics Analysis Guide". Hanser Pub., New York, 1983.

Kooistra Ir. M. F., "Moderne verven en lakken", Kluwer Technische Boeken BV Deventer, Antwerpen, 1991

Lippard L., "Women artists, 1550-1950", New York, Alfred Knopf pub., 1976

Mossman S., "Simple methods of identifying plastics", Department of Physical Science Museum, London, 1994

Morgan J., "A survey of Plastics in Historical Collections" Plastics Historical Society and The Conservation Unit of the Museums & Galleries Commission, 1994

Morgan J., "Conservation of Plastics, An Introduction to their history, manufacture, deterioration, identification and care", Plastics Historical Society, The Conservation Unit Museums & Galleries Commission, Gainsborough, Lincolnshire, oktober 1991

Posse, O. "Handschriften-Konservierung", Dresden, 1899

Pullen, D., Heuman J., "Modern Organic Materials: Cellulose acetate deterioration in the sculptures of Naum Gabo", The Scottish Society for Conservation & Restoration, Preprints of the Meeting, Edinburgh, 1988

Roff W. J., Scott J. R., Pacitti J., "Fibres, Films, Plastics and Rubbers, A handbook of Common Polymers", Butterworths & Co, London, 1971

Saunders, K.J., "The identification of Plastics and Rubbers," Chapman & Hall, 1966

Stewart, R., Littlejohn, D., Pethrick, R., Tennent, N., Quye, A., , "Plastics, Collecting and Conserving: Degradation studies of Cellulose Nitrate Plastics", NMS Publishing Limited, 1999

Tennent, H.R., "Preprints of contributions to the modern organic materials meeting: An introduction to Polymer Chemistry relevant to Plastic Collections", University of Edinburgh, 14-15 april 1988

Van Oosten T., "Uitgangspunten bij het gebruik van synthetische materialen voor conservering en restauratie: Problemen op het gebied van verstevigen, lijmen en vernissen", verslag van de 19^e themadag van het laboratorium voor Onderzoek van Voorwerpen van Kunst en Wetenschap, Amsterdam, 3 december 1991

Van Oosten T., "Plastics, Collecting and Conserving: analytical methods", NMS Publishing Limited, 1999

Vervenne, P., "Technologie", Departement Architectuur en Audiovisuele Kunst, Hogeschool Gent, 1998

Waentig, F., "Plastics in Art, History, Technology, Preservation; Plastics: Consumer Goods or Precious Objects", Kölner Beiträge zur Restaurierung und Konservierung von Kunst- und Kulturgut Band 15, Siegl München, 2002

Internetbronnen

<http://inventors.about.com/od/pstartinventions/a/plastics.htm>
(04-08-2007)

<http://www.elevatedwetlands.com/plastics-art.htm>
(04-08-2007)

<http://www.axa-art.co.uk/cwh/cwh012.asp>
(10-08-2007)

<http://plastiquarian.com/styr3n3/pqs/pq8.html>
(10-08-2007)

<http://www.sphnhc.org/opencms/export/sites/default/sphnhc/publications/linked>
(10-08-2007)

<http://calbears.findarticles.com>
(05-09-2007)

<http://www.azom.com/details.asp?ArticleID=882>
(12-09-2007)

www.artdreamguide.com
(20-09-2007)

<http://www.answers.com/cellulose%20acetate>
(11-09-2007)

talononline.com/photos/instructions/lascaux_textile_welding.pdf
(3-10-2007)

http://www.nla.gov.au/anica/Guide_pg3.html
(4-10-2007)

<http://palimpsest.stanford.edu/byauth/fischer1.html>
(4-10-2007)

http://www.zelfoaustralia.com/en/zelfo_history_plastics.shtml
(20-10-2007)

http://www.ccq.mcc.gouv.qv.ca/formulaires/test_iode_ang.pdf
(6-11-2007)

<http://awamolding.nl>
(07-11-2007)

albisbenelux@albis.com
(08-11-2007)

<http://www.eastmann.com>
(08-11-2007)

<http://www.la-es.com>
(08-11-2007)

http://www.ccq.mcc.gouv.qc.ca/formulaires/microtest_ang.pdf
(24-11-2007)

http://www.spnhc.org/opencms/export/sites/default/spnhc/publications/linked_documents/leaflet3.pdf (05-12-2007)

<http://www.intertek-cb.com/chemicals/formaldehyde.shtml>
(9-12-2007)

<http://www.mazzucchelli1849.it/newsite/inglese/datitecnici/Xelox-L.pdf>
(15-12-2007)

<http://de.wikipedia.org/wiki/Celanese>
(19-12-2007)

<http://park.org/Pavilions/WorldExpositions/london.text.html>
(12-01-2008)

http://www.metmuseum.org/TOAH/hd/mome/hd_mome.htm
(02-02-2008)

<http://icomcc.icom.museum/Documents/WorkingGroup/ModernMaterials/mmcNewsletter08.pdf> (02-02-2008)

<http://www.foremostmachine.com/plastics.htm>
(11-02-2008)

www.sandretto.it/museo (12-02-2008)

<http://www.collectdolls.about.com>
(20-02-2008)

www.plastiquarian.com
(20-02-2008)

<http://www.fisherici.com>
(01-03-2008)

<http://www.conservationresources.com/Main/S%20CATALOG/Oxidation%20of%20Cellulose.htm> (06-03-2008)

http://www.efsa.europa.eu/EFSA/efsa_locale-1178620753820_1178620770031.htm
(17-03-2008)

http://www.lubesolutions.co.uk/shell_rust_preventative.htm

(17-03-2008)

<http://www.tate.org.uk/research/tateresearch/tatepapers/07autumn/lodder.htm>
(20-03-2008)

<http://en.wikipedia.org/wiki/Polytetrafluoroethylene>
(20-03-2008)

<http://pslc.ws/macrog/property/solpol/ps4.htm>
(24-03-2008)

<http://www.cwaller.de>
(05-04-2008)

www.museoarteplastica.it
(12-04-2008)

www.macro.roma.museum
(12-04-2008)

<http://www.univa.va.it/varesefocus/vf.nsf/web/282878FA1D6D8F91C1256EB500439A45?OpenDocument> (13-04-2008)

<http://modelships-beagle.eu/NL/FAQ/map3/a330.htm>
(01-05-2008)

Bijlage

Aanvullend bij pag. 22

Hardheidswaarden van de Barcol Hardheidstester		
Materiaal	Barcol Hardheidsnummer	Categorie
Brons	100	Onbuigzaam Stijf
Melamine formaldehyde	98	
Urea formaldehyde	97	
Fenol formaldehyde (vulmiddel hout)	95	
Koud gegoten kunststoffen	95	
Cast fenol harsen		
Bois Durci	92	
Polyacrylonitril		
Polymethylmethacrylaat	90	
Styreen acrylonitril		
Polyformaldehyde	83	Licht beweegbaar
Polystyreen	82	
Aluminium	80	
Hoorn		
Caseïne	80	
Vingernagel		
Harde rubber	75	
Polyvinylchloride (zonder weekmaker)		
Polycarbonaat		
Nylon 6		
Nylon 6,6		Flexibel
Cellulosenitraat	70	
Cellulose acetaat	65	
ABS	65	
Polypropyleen	65	
Polystyreen (versterkt)		
Lood	55	
Nylon 11		
Polytetrafluoroethyleen	15	
Polyethyleen (hoge densiteit)		
Polyethyleen (lage densiteit)	0	
Gutta percha		
PVC (met weekmaker)		

Aanvullend bij hoofdstuk 2.3 Subjectieve identificatieproeven

Aanvullend bij hoofdstuk 2.3 Subjectieve identificatieproeven

Vrijgekomen pH waarden van kunststoffen in sheetvorm bij verhitting	
Kunststof	Gemiddelde pH waarde
PVC / PVDC	0,0-0,5
Cellulose triacetaat	2,5
Polyethyleen / Polypropyleen	3,0-4,0
Polyethyleen tereftalaat (Mylar)	4,0
Polycarbonaat	4,5-5,5
Polystyreen	5,5
Polyamide (Nylon)	9,0-10,00

Litmus en pH tests voor verbrandingsdampen van kunststoffen		
	Litmus papier	
rood	onveranderd	blauw
	pH papier	
0,5-4,0	5,0-5,5	8,0-9,5
<ul style="list-style-type: none"> • Halogeen bevattende kunststoffen • polyvinyl esters • cellulose esters • polyethyleen tereftalaat • Novolacs • polyurethaan • elastomeren • ongesatureerde polyester harsen • fluorine bevattende kunststoffen • ge vulcaniseerde vezels • polyalkyleen sulfide 	<ul style="list-style-type: none"> • polyolefinen • polyvinyl alcohol • polyvinyl acetals • polyvinyl ethers • styreen kunststoffen (styreen acrylonitril kunststoffen (kunnen alkaline reageren)) • polymethacrylaat • polyoxymethyleen • polycarbonaat • lineaire polyurethaan • siliconen • phenol harsen • epoxy harsen • gecrosslinkte polyurethaan 	<ul style="list-style-type: none"> • polyamide • ABS kunststoffen • polyacrylonitril • fenol en cresol harsen • amino arsen (aniline, melamine, urea formaldehyde)

Aanvullend bij hoofdstuk 2.3 Subjectieve identificatieproeven

Specifieke zwaartekracht voor kunststoffen		
Soort kunststof	Specifieke zwaartekracht	Voorkomen kunststof
ABS	1,04-1,10	
Caseïne	1,26	Puur
	1,35	Kunststof
Cellulose acetaat	1,25-1,35	
Cellulosenitraat	1,34-1,38	Kunststof
	1,45	film
Ebonite	1,08-1,25	Zonder vulmiddel
	1,25-1,80	Met vulmiddel
Nylon	1,01-1,16	
Fenol formaldehyde	1,27-1,30	Zonder vulmiddel
	1,36-1,46	Met cellulose gevuld
	1,54-1,75	Met mineralen gevuld
	1,75-1,92	Met mineralen of glasvezel gevuld
Polycarbonaat	1,20-1,22	
Polyethyleen	0,91-0,95	
Polyethyleen tereftalaat	1,38-1,41	
Polymethyl methacrylaat	1,16-1,20	
Polypropyleen	0,85-0,92	
Polystyreen	1,04-1,08	
Polyvinyl chloride	1,19-1,35	Met plasticizer
	1,38-1,41	Zonder plasticizer
Urea en melamin formaldehyde	1,50	Puur
	1,80-2,10	Met vulmiddel

Specifieke zwaartekracht voor gesatureerde waterige oplossingen		
Stof	Specifieke zwaartekracht	Verhouding oplossing
Water	1,00	
Sodium chloride	1,20	35,9 g / 100 ml bij 25°C
Magnesium chloride	1,26	54,2 g / 100 ml bij 20°C
Calcium chloride	1,45	74,5 g / 100 ml bij 20°C
Zink chloride	1,89	432 g / 100 ml bij 25°C

Aanvullend bij hoofdstuk 2.3 Subjectieve identificatieproeven

Gemiddelde dichtheid van kunststoffen	
Dichtheid g / cm³	kunststof
0,80	Silicoon rubber (opgevuld met silica tot 1,25)
0,83	Polymethylpenteen
0,85-0,92	Polypropyleen
0,89-0,93	Polyethyleen (onder hoge druk-lage dichtheid)
0,91-0,92	Polybuteen-1
0,91-0,93	Polyisobutyleen
0,92-1,0	Natuurlijke rubber
0,94-0,98	Polyethyleen (onder lage druk-hoge dichtheid)
1,01-1,04	Nylon 12
1,03-1,05	Nylon 11
1,04-1,06	Acrylonitriël-butadieen-styreen copolymeer (ABS)
1,04-1,08	Polystyreen
1,05-1,07	Polyfenyleen oxide
1,06-1,10	Styreen acrylonitril copolymeer
1,07-1,09	Nylon 610
1,12-1,15	Nylon 6
1,13-1,16	Nylon 66
1,10-1,40	Epoxy harsen, ongesatureerde polyester harsen
1,14-1,17	Polyacrylonitriël
1,15-1,25	Cellulose acetobutyrat
1,16-1,20	Polyvinyl acetaat
1,18-1,24	Cellulose propionaat
1,19-1,35	PVC met plasticizer (±40%)
1,20-1,22	Polycarbonaat (gebaseerd op bisfenol A)
1,20-1,26	Crossgelinkte polyurethaan
1,26-1,28	Fenolformaldehyde harsen (zonder vulmiddel)
1,21-1,31	Polyvinyl alcohol
1,25-1,35	Cellulose acetaat
1,30-1,41	Fenolformaldehyde harsen (met organische vulmiddelen als papier, stof,...)
1,30-1,40	Polyvinylfluoride
1,34-1,40	Celluloid
1,38-1,41	Poyethyleen tereftalaat
1,38-1,41	Onbuigzame PVC
1,41-1,43	Polyoxymethyleen (polyformaldehyde)
1,47-1,52	Urea en melamine formaldehyde (met organische vulmiddelen)
1,47-1,55	Gechlorineerde PVC
1,50-2,00	Phenolplast en aminoplast (met anorganische vulmiddelen)
1,70-1,80	Polyvinylideen fluoride
1,80-2,30	Polyester en epoxy harsen (met glasvezel)
1,86-1,88	Polyvinylideen chloride
2,10-2,20	Polytrifluoromonochloroethyleen

2,10-2,30	polytetrafluorethyleen
-----------	------------------------

Aanvullend bij hoofdstuk 2.3 Subjectieve identificatieproeven

Oplosbaarheidstest								
Soorten kunststof	Soorten ontvankelijkheden							
	Ke-tonen	Es-ters	Alco-hol	Chloor be-vattende koolwater-stoffen	Aro-maten	Wa-ter	Alka-li	Zuur
Cellulose-nitraat	x					x	x	
Cellulose acetaat	x		x	x		x	x	x
Polystyreen					x			
Phenol Formaldehyde						x	x	x
Urea Formaldehyde						x	x	x
Melamine Formaldehyde						x	x	x
Polyester	x	x	x				x	
Polyethyleen				x				
Polyvinyl-chloride	x	x		x	x			x
Polyurethaan							x	x
Polyvinyl-acetaat	x							
Cellulose-triacetaat	x							
Polyacrylamide				?				x
Polycarbonaat	x			x	x			
Styreen			x	x	x			x
Acryl	x	x	x	x	x	x		
Nylon						x		x
Acrylonitriël-butadiëen-styreen	x		x		x			

Aanvullend bij hoofdstuk 2.3 Subjectieve identificatieproeven

Loodacetaat test

Toepassing

Deze test wordt gebruikt om zwavel te detecteren en is zeer bruikbaar voor de identificatie van ge vulcaniseerde rubbers, zowel harde (zoals vulcanite en ebonite) als zachte. Deze test kan ook gebruikt worden voor de identificatie van proteïne materialen, zoals haar, zijde en sinew (pees, spier). Na pyrolysis van het staal wordt het resultaat bekomen.

Vereiste materialen

Lood acetaat papier
Verdunde waterstofperoxide (v/v) in water
Pasteur pipetten
Wegwerpbuisjes
Alcohol brander
Plasticine

Methode

Seal het capillaire einde van de pipet in de vlam van de alcoholbrander. Verzamel een staal waarop getest mag worden. Een staal ter grootte van een speldenkop is ruim voldoende. Plaats het staaltje in de pipet. Knip een loodacetaatpapiertje bij zodat het in de pipet past. Buig één uiteinde van de strip zo dat je hem kan ophangen aan de pipet en het andere einde wordt lichtjes bevochtigd. Steek de strip in de pipet en seal de pipet met plasticine. Let er op dat de strip op zijn plaats wordt gehouden door de plasticine. Om extra informatie in te winnen over het staal kan men ook een pH strip toevoegen. Plaats de pipet in de vlam van de alcohol brander. Aangezien het staal zeer klein is en de verbrandingsdamp zwaarder is dan lucht, moet men de pipet verscheidene minuten (maximum 10 min.) op het werkkoppervlak leggen vooraleer er resultaat wordt geboekt. Als er zwavel aanwezig is in het staal zal de loodacetaatstrip bruin worden. Loodacetaat is van nature gezien wit en zal veranderen naar lood sulfide, wat een zwarte kleur heeft. Verwijder de loodacetaatstrip uit de pipet en breng een druppel van 5% (v/v) waterstofperoxide aan op het bruine gedeelte van de strip. Indien de bruine kleur verdwijnt, betekent dit dat de loodsulfide (bruine kleur) getransformeerd is naar lood sulfaat (witte kleur). Dit wijst op een extra bevestiging van de aanwezigheid van zwavel in het staal¹¹¹.

Interpretatie

Zelfs indien men geen positief resultaat verkrijgt, geeft deze test nog informatie over de identificatie van kunststoffen, namelijk de pH en het gedrag bij verbranding.

Aanbevelingen

Zelfs verdunde waterstof peroxide is nog corrosief. Draag dus steeds handschoenen en een schort. Het is ook aangeraden om het object te verwijderen na staalname. Het is beter om de techniek te beheersen voordat men onbekende staaltjes gebruikt.

¹¹¹ Browning. B.L., "Analysis of Paper, 2nd Marcel Dekkers, New York and Basel, 1977

Aanvullend bij hoofdstuk 2.3 Subjectieve identificatieproeven

Formaldehyde test

Toepassing

Deze semi-quantitatieve test wordt op commerciële basis gebruikt om de concentratie van formaldehyde bij ontsmettingsmiddelen en bewaarmiddelen te achterhalen. Het kan gebruikt worden om urea-formaldehyde, phenol-formaldehyde en melamine-formaldehyde te detecteren. Na pyrolysis van het staal wordt het resultaat bekomen.

Vereiste materialen

Merckoquant Formaldehyde Test kit
Pasteur pipetten
Plasticine
Alcohol brander

Methode

Het protocol van de fabrikant is makkelijk te volgen, hoewel zeer kleine staaltjes die hoog gecrosslinkte formaldehyde bevatten, zoals phenol-formaldehyde en melamine-formaldehyde, valse positieven kunnen geven. Om dit probleem te vermijden, wordt er aangeraden om het capillaire einde van de pipet te heat-sealen, waarna het staal, ter grootte van het puntje op de i, erin wordt geplaatst. Dan wordt er een druppel van de koolstofoplossing op een halve teststrip (in de lengte verdeeld) aangebracht. De teststrip kan veranderen van geel tot roze. Buig een einde van de teststrip, breng het in de pipet en houd het op zijn plaats met plasticine. Verhit het in de alcoholbrander. Verwijder de pipet van de vlam. Indien er formaldehyde aanwezig is in het staal dan verkleurt de teststrip violet na ongeveer 10 minuten. Een roze kleur duidt niet op een positieve test.

Interpretatie

Uitgezonderd acetaldehyde en glutaraldehyde, welke een andere kleur aangeven, worden er, door de fabrikant, geen stoffen gegeven die een vals positief kunnen aanduiden.

Aanbevelingen

Aangezien dit een destructieve test is, raden we deze test echter alleen aan nadat de pyrolysis test is uitgevoerd, wat zal vaststellen of het een thermoset kunststof is en wat de pH van de verbrandingstemperatuur is. De pH van de verbrandingstemperatuur is voor urea-formaldehyde en melamine-formaldehyde alkalisch (pH \approx 9,5), terwijl die van phenol-formaldehyde neutraal is (pH \approx 7.0). Vertrek ook hier weer van een bekend staal.¹¹²

¹¹² <http://www.intertek-cb.com/chemicals/formaldehyde.shtml> (9-12-2007)

Aanvullend bij deel 3.3 Cellulose-esters in de artistieke wereld

Identificatiefiche van "A Ghent abbiamo aperto una finestra" van Carla Accardi

<u>Naam van de kunstenaar:</u>	Carla Accardi
<u>Omschrijving van het kunstwerk:</u>	-Element van de installatie "Chambres d'Amis" -A Ghent abbiamo aperto una finestra
<u>Datering:</u>	1971+ 1986
<u>Techniek en materiaal:</u>	4 elementen Alkydverf op cellulose-acetaat
<u>Afmetingen:</u>	180x 200 cm.
<u>Inscripties en merktekens:</u>	
<u>Plaats van bewaring:</u>	Stedelijk Museum voor Actuele Kunst Citadelpark 9000 Gent Depot
<u>Herkomst:</u>	1971-1986 Rome 1986-heden: Stedelijk Museum voor Actuele Kunst Citadelpark 9000 Gent
<u>Archiefnummer:</u>	958 BIS.01 (van zie bibliografie)
<u>Tentoonstellingen:</u>	21 juni 1986- 21 september 1986: Chambres d' Amis: initiatie van het S.M.A.K. in Gent Dirk Defraeijie- De Boodt Patijnstraat 137 9000 Gent 18 september 2004- 9 januari 2005 Museo d'Arte Contemporanea in Rome (MACRO)

1. Het kunsthistorisch vooronderzoek:

1.1 Beschrijving van het kunstwerk:

Het kunstobject ziet eruit als een kamerscherm dat bestaat uit 4 panelen. De constructie is opgebouwd uit een houten skelet, waarop langs de voorzijde kunststoffolie is bevestigd. De kunststoffolie is langs de achterzijde beschilderd met grijze verfstreken.

1.2 De kunstenaars:



Carla Accardi is in Trapani (Sicilië) geboren op 9 oktober 1924. Haar ouders zijn Antonio Accardi en Vita Scalabrino. Carla is de tweede oudste van vier kinderen: Franca, Gaspara en Anna. Haar vader, die zijn ingenieursstudies heeft afgewerkt in Palermo, werkt eerst in Ferrara bij openbare werken. Tijdens een vakantie in Trapani leert hij Vita Scalabrini kennen.

“Ik herinner me dat mijn moeder erg veel van Rome hield, waar ze gewoond had en naar school geweest was. In Rome bevond ze zich steeds in een cultureel erg levendig antiklerikaal milieu. Mijn ouders zijn getrouwd in juli 1922 en ze vestigden zich in Trapani.

De keuze om in Trapani te gaan wonen was zeker en vast ingegeven door mijn grootvader. Na de dood van haar broer was mijn moeder namelijk de enige eigenares van de oude Galia-zoutmijnen van Trapani. Zij had die van haar moeder geërfd en vader zelf wilde zich in de eerste plaats

*toeleggen op andere eigendommen die hij op Sicilië had: hij verliet zijn baan bij het Ministerie van Landbouw, Industrie en Handel en verhuisde ook naar Trapani. Ik herinner me dat de boten van de zoutmijn genoemd zijn naar mij, en naar mijn broer en zussen”.*¹¹³

Nadat ze klaar was met haar secundaire opleiding in de humaniora, in het schooljaar 1942-43, schreef ze zich in in de Accademia di Belle Arti in Florence. Tijdens een schooluitstap leert ze Antonio Sanfilippo kennen.

*“Na mijn kort verblijf in Rome herinner ik me nog mijn lichte afkeer voor Florence, dat veel te academisch en gericht op het verleden is; een beetje zoals Venetië voor de Futuristen. Ik herinner me de nood die ik voelde om naar Rome te verhuizen, een stad met een blik op de toekomst en die klaar leek voor vernieuwing. Ik was zelf sterk overtuigd van die noodzaak, maar het kostte me veel moeite om van mijn familie de middelen los te krijgen voor het betalen van de verhuizing”.*¹¹⁴

In de herfst van 1946 verhuist ze naar Rome. Daar ontmoette ze naast Sanfilippo andere kunstenaars zoals Consagra, Dorazio, Guerrini, Perilli en Turcato. Het Manifesto di Forma 1 wordt ondertekend door de Carla Accardi zelf en door Attardi, Consagra, Dorazio, Sanfilippo en Turcato op 15 maart 1947, in het atelier van Consagra, en wordt een maand later gepubliceerd in het enige naoorlogse nummer van het tijdschrift Forma.

¹¹³ Rosma Scuteri, “Carla Accardi”, cit.

¹¹⁴ Rosma Scuteri, “Carla Accardi”, cit.

In september 1949 trouwt ze met Antonio Sanfilippo.

Haar eerste solo tentoonstelling was in de Galleria Age D'Or in 1950, met een introductie door Giulio Turcato. In april 1950 tekent Accardi samen met vele andere kunstenaars een protestschrijven gericht aan de Amerikaanse ambassadeur in Italië, James Clement

Aanvullend bij deel 3.3 Cellulose-esters in de artistieke wereld

Dunn, tegen het veto dat de Verenigde Staten gesteld hebben tegen het binnenkomen op Amerikaans grondgebied van belangrijke wetenschappers en kunstenaars.

In 1951 nam ze deel aan de tentoonstelling "Arte astratta e concreta in Italia" in de Galleria Nazionale d'Arte Moderna in Rome. Datzelfde jaar wordt haar dochter 'Antonella' geboren.

In 1954 waagde ze zich aan een exploratie gebaseerd op de poëzie van het teken dat visueel werd voorgesteld als composities van witte pigmenten gesegmenteerd op een zwarte achtergrond. Op het eind van 1965 stapte ze uit de Communistische Partij. In 1959 gaf ze twee solo tentoonstellingen waaronder één in de Galleria La Salita in Rome en de tweede in de Galleria Notizie in Turijn, met een introductie door Michel Tapié.

In 1960 verruimt ze haar atelier, aangezien licht fundamenteel wordt in haar werk.

Vanaf 1964 kreeg ze veel contacten met dichters. Deze contacten bleef ze zeer lang behouden.

In 1964 verscheen ze op de Biennale di Venezia met een individuele kamer. De exploratie gebaseerd op het teken en de kleur begon in de vroege jaren '50 en werd visueel voorgesteld door haar experimentatie met nieuwe technieken en materialen, zoals de transparante sicofol oppervlakken, waarmee ze verscheidene werken heeft gemaakt zoals Tenda (Tent), 1965, Rotoli (Rollen), Ambiente Arancio (Oranje omgeving), 1967 en Triplice tenda (Drievoudige tent) in 1969.

In de lente van 1965 scheidt ze van haar man, Antonio Sanfilippo.

De publicatie van 'Superiore e inferiore', een boekje in het kader van 'Scritti di Rivolta Femminile', zorgt ervoor dat ze uit het onderwijs wordt gezet. Het gaat om gesprekken die ze had met vrouwelijke leerlingen van drie klassen van de middelbare school. Wanneer ze begon met les te geven en waar is niet gegeven.

Ze heeft deelgenomen aan zeer belangrijke tentoonstellingen voor de Italiaanse en internationale kunst, waaronder de Biennale di Venezia in 1976, waar Tenda werd voorgesteld in "Ambiente/Arte", "Avanguardia e Transavanguardia" in het Mura Aurliana in Rome in 1982, "Chambres d'Amis" in de stad Gent in 1986, "Italianische Kunst 1900/1980" in de Kunstverein in Frankfurt in 1985, "Italian Art in the 20th Century" in de Royal Academy of Arts in Londen in 1989, en "The Italian Metamorphosis, 1948-1986" in het Guggenheim Museum in New York in 1995. In 1997 verscheen ze in de eerste editie van "Minimalia" in Venetië, en ook in de tweede in Rome en in de laatste, meest recente editie, at P.S.1 in New York in 2000.

In 1988 stelde ze haar werk tentoon in een individuele kamer. Solo tentoonstellingen hebben plaats gevonden in galleries zoals de Salvatore Ala Gallery in New York, de Galerie Di Meo in Parijs, de Galleria Pieroni in Rome en, tussen 1991 en 1995, the Westend Galerie in Frankfurt, the Kunstverein in Ludwigshafen am Rhein, en the Castello di Rivoli Museo d'Arte Contemporanea en Rivoli-Turin.

In 1996 werd haar permanente mozaïek ingewijd in de metro van Rome. Datzelfde jaar werd ze in Milaan tot 'Accademico di Brera' en kreeg ze 'the honor of Cavalieri di Gran Croce' in Rome. Vanaf 1997 gaat ze deel uitmaken van de Commissie van de 47^{ste} Biennale van Venetië.

Tussen 1997 en 2000 gaf ze drie solo tentoonstellingen die werden gepresenteerd in de Gallerie Meert Rihoux in Brussel. In 1997 in het "Atelier del Bosco" in de Villa Medici, het huis van the Académie de France in Rome. Deze exhibitie opende een serie van tentoonstellingen die als curator Zerynthia hadden. Triplice Tenda werd getoond in the

Castello di Rivoli in 1998, in het Kunstmuseum in Bonn in 1999 en in verbinding met de "Città Natura" tentoonstelling in the Palazzo delle Esposizioni in Rome. In 2000 werden

Aanvullend bij deel 3.3 Cellulose-esters in de artistieke wereld

haar meest recente transparante werken op sicofoil tentoongesteld in the Galleria Massimo Minimi in Brescia.¹¹⁵

1.3 Stijlkritisch en Iconografisch onderzoek:

Carla Accardi is een stichtend lid van de naoorlogse Italiaanse avant-garde.

Het gehele taalbeloop van Carla Accardi's kunst schetst in grote lijnen een dubbel statuut: langs de ene kant het licht en langs de andere kant de schaduw.

Ze lijkt een visueel relativisme na te streven waarbij het vinden van een balans tussen krachten, het belangrijkste is, om zo een veelheid aan voorstellingen, die naast elkaar kunnen bestaan, te creëren. Een taak van gelijkheid, die een systeem zoekt dat kan wisselen tussen hoog en laag, organisch en anorganisch, mannelijk en vrouwelijk, leven en dood, natuurlijk en artificieel, chromatisch en lineair, allemaal waarbij ze gecombineerd zijn en van rol kunnen veranderen.

Vanaf 1944, tijdens de periode dat zij in de Accademia di Belle Arti zat, werd de vraag van het wie en waar van haar eigen bestaan opgenomen in, een reeks zelfportretten van 1946. Bij deze zelfportretten stond Accardi voor haarzelf en reflecteerde ze zichzelf, waarbij ze accepteerde dat het schilderen als een instrument van bemiddeling moest bekeken worden, dat tussen haarzelf en de wereld stond. Ze definieerde een identiteit door het schilderen. Ze verdeelde zich in kleur, lijn, vorm en materie, en werd zo, zowel het subject als object van een manier van zien die anders was, maar niet ver, waarbij er een co-existentie was van het persoonlijke en het sociale.

Ze verhuisde datzelfde jaar naar Rome en inhaleerde ze een geur van nieuwheid, de vruchtbare koers van een artistieke taal die alle tekens en materialen omvatte.

Maar bovenal voelde ze dat ze een deel werd van de creatieve kern, gevormd door Piero Dorazio en Pietro Consagra, Giulio Turcato en Antonio Sanfilippo, die haar alert maakte op de evolutie van de contemporaine (hedendaagse) Italiaanse kunst binnenin een internationaal perspectief.

Haar bezoek aan het Musée de l'Homme in Parijs stimuleerde haar om te emanciperen van afhankelijkheid naar realiteit en gaf haar een start om de verwezenlijking van haar eigen gedachten en gevoelens te gebruiken. In 1947 begon ze te werken aan een serie van *Scomposizioni* (Decomposities uit 1947)^a die betrekking hadden op de transpositie van het denken naar het zien. De eerste afbeeldingen uit deze periode, zijn het dichtst geconnecteerd met de Forma groep.

Om mee te gaan met de Forma groep, die 'onverzoenlijke' termen probeert samen te brengen, begon Accardi met een zoektocht in de schilderkunst naar tekens die gemixt kunnen worden en samengaan. Om dit te bereiken, begon ze te decomponeren door een wisselwerking teweeg te brengen tussen lijn en vorm, en kleur en zwart.

In de werken uit de periode van 1949 tot 1953 versteenden de kleuren zoals krachten. Op plaatsen waar een onregelmatige kracht circuleert werd een onderverdeling gemaakt en hierop ging ze verder op een onregelmatige manier in overeenstemming met een vrije, spontane snelle toename. In vergelijking met de kleurvelden en gebonden lijnen in zwart en wit laten de gebaren en tekens niet toe om gedefinieerd te worden, overlappend en verwevend in een driehoek die iets donkers en onberekenbaars heeft gekregen. Met deze werken neemt Carla Accardi deel aan de

¹¹⁵ Germano Celant, Carla Accardi, Edizioni Charta, Milano, 2001

aanval tegen het expressionisme en het naturalisme en is geneigd betrekking te vinden bij het figuratisme en het symbolisme. Tegelijkertijd accepteert zij hun declaratie aan gelijkheid tussen het taalkundige wezen, zodat alle geluiden of alle kleuren gelijk zijn, met geen relatie anders dan bedoeld door de componist. Ze gaat zelfs zo ver dat ze de

Aanvullend bij deel 3.3 Cellulose-esters in de artistieke wereld

opeenvolging toepast van de primaire kleuren naar grijs en van uiteindelijk wit naar zwart, zoals *Fondo giallo* (1953)^b.

Onder invloed van de informatie die vrijkwam over de schilderstechniek van Jackson Pollock in 1953, maakte Carla Accardi haar zwart-witte schilderijen op de grond – “*I was very discouraged and believed I could go no further in painting. And in isolation I began to paint directly on the floor, drawing signs. But I used white on black, black on white didn't stimulate me because of its obviousness, because of the fact that at that particular moment the artist had to have a sensation of uniqueness, of novelty, to drive him on. I did those paintings quickly on the floor, and for years that was how I worked because I couldn't conceive of drawing signs like that in connection with easel painting. There was always someone asking me how on earth I could work like that. It seemed, and perhaps really was, an incredible laborious process. There are photographs that show me kneeling on the floor, or walking on the canvas; I used a brush, but with a can, with paint.*”¹¹⁶

Het gebruik van het lichaam in het schilderproces werd stilaan meer en meer normaal en hierdoor ging de kunstenares ook haar visueel handschrift veranderen in een tegenstelling, niet langer zwart op wit, maar wit op zwart. Het idee was in feite dat van een anti-schildering die verder weg ging van de traditionele sfumati achtergrond en meer werkt met actieve, fysische, veranderende achtergronden. Niet abstract, maar bijna natuurlijk: “*A land and a shore on which things are placed.*”¹¹⁷ De originele eenheid was nog steeds die van de dualiteit, maar de beslissende eigenschap was nu inversie, de beweging om de hiërarchie van vormen, kleuren en relaties tussen absolute visies en individuele visies om te keren.

Het oplossende en destabiliserende van tradities had ook te maken met deze inversie. En waar traditioneel bekeken het positieve overweegde op het negatieve, het rationele op het irrationele, het mannelijke boven het vrouwelijke, vol boven leeg, het sociale boven het persoonlijke en de groep had autoriteit over het individu, was dit bij Accardi volledig op zijn kop gezet door het wit op het zwart aan te brengen.

Met de titels die Carla Accardi in de jaren '50 aan haar werken gaf, zoals ‘*Frammenti*’ (Fragmenten, 1954)^c verklaren de werken zelf beperkt te zijn binnenin een gereduceerde plaats. Door een inwendigheid zacht op te rollen en in elkaar te verweven, slaagt men erin de grenzen van de omtrek en het oppervlak te verbreden en kan er geen onderscheid gemaakt worden tussen de tegengestelden. Het bewegende wit op het onbeweeglijke zwart stelt een overwinning van het wit op het zwart voor. Als men haar andere schilderijen analyseert zijn er ook allusies naar de barok en de renaissance. Als men het werk ‘*Labirinto con setteri*’ (Labyrinth met sectoren uit 1957)^d bekijkt, bemerkt men dat hier de structuur gelijk is aan een altaarstuk van Simone Martini of Paolo Ucello. Ze hebben een extensieve fluctuatie gericht naar de transformatie van vorm en kleur, terwijl ze een doorlopende lijn volgen.

Vanaf 1959 passen de vormen en de kleuren bij elkaar, hoewel deze vol zijn, vinden ze een harmonie van, ertussen, gewoven vormen. Violet en donker blauw, hemels blauw en rood, wit en zwart haken in elkaar en vermengen zich. Een voorbeeld hiervan is het werk ‘*Integrazione viola blu*’ (Integratie tussen blauw en violet uit 1959)^e.

¹¹⁶ Maurizio Calvesi, Marisa Volpi, “Intervista a Carla Accardi”, in Simonetta Lux (ed.), *Al Vivo 2. Atti del Secondo Convegno di Comunicazioni di Artisti Contemporanei*: 74.

¹¹⁷ Carla Accardi, interview by author, March 1998, In Carla Accardi (Milan, Charta, 1999)

Het onderwerp is ook een verzoening, eenheid en harmonie, waarin de deelnemers hunzelf gelijkloënd voelen door die vitale zin van het samen horen: " *At first the sign has a brief fantastical life within us, solitary and absolute, conserving its quality more in the rapidity or gesture than in any other way: its cerebral of sensual origin, for example. Signs interchange this solitary life of theirs, and the pattern that they compose as they*

Aanvullend bij deel 3.3 Cellulose-esters in de artistieke wereld

twine and insert themselves on the surface of the painting represents life with its endless variations and indicates to the viewer a way of recognizing and understanding himself. My aim is to represent the vital impulse that exists in the world."¹¹⁸

Hoewel Accardi haar clusters uiterst spontaan lijken, door de toevallige tekens, is haar houding uiterst gecontroleerd. Haar schilderijen zijn vaak geretoucheerd door de aanbrenging van een tweede laag, wat inhoud dat ze geperfectioneerd worden.

In 1960 begint de artieste een grotere interesse te tonen voor werken die branden van de kleur, zoals bij Piccoli settori (uit 1962)^f " *It was a desire to set myself in front of color as the truth of painting; all the white –black had been radicalization; I wanted to find color as radical as white-black. I also had to ease the tension of the World into which I had plunged, and release that same tension on another facet. Otherwise I risked being swept away and drained. I can't stand the repetition of codes that don't maintain tension, whereas I love repetition as recovery.*"¹¹⁹

Een sterke, bijna sensuele, aanwezigheid is verworven door het bruin en grijs, oranje en turkoois, hemels blauw en donker blauw. De werken die hieruit volgen zijn een eerste respons op de monochromatische richtingen en komen tussen beide in de visuele cultuur als reactie op het gefragmenteerde karakter van de Action Painting. In de kunstscène domineerde de vergroting van monochrome oppervlakken, terwijl bij Accardi het kleurgebruik de bevestiging was van een centrum van activiteiten gebaseerd op de perceptie van een dispersie van hoog individuele tekens.

Haar eerste projectie naar driedimensionaliteit bereikt Carla Accardi door te werken met 'sicofoil', wat een transparante kunststof is. Hiermee heeft ze een integratie opgestart tussen architectuur en schilderkunst.

Vanaf 1962 worden de sporen van tekens meer en meer gecontroleerd, bijna een handelsmerk, zoals in *Due azzuri su oro* (uit 1962)^g.

Het is duidelijk dat door deel te nemen in een kenmerkende anti-Pop cultuur, de strepen en reducties van het teken een logo zijn voor Accardi, een tussenkomende reis die de macht van het teken verzekert, zonder het levenloos en onpersoonlijk te maken. Daar tegenover zocht Accardi om het als een tegenkracht te definiëren met een menselijke, sensuele, psychologische en emotionele identiteit die niet verstijfd ten gunste van een gedrag dat geneigd is zich te verlagen tot dingen. Vanaf 1963 werd de densiteit van clusters en integraties minder stijf en werd uitgelijnd naar het oppervlak, zoals in *Vermiglione turchese* (Vermiljoen turkoois uit 1963).

Nog duidelijker werd de verrukking ten gevolge van de impact van het licht uitgedrukt in kleuren, die een optische provocatie werden, wanneer ze getransformeerd werden naar fluorescerende verf – *I Stella* (Ik Ster uit 1964)^h. De regulariteit van de chromatische ritmes, met hun lineaire alternatie, creëert een principe van pure activiteit, de onbeweeglijke vibraties van de helderheid van kleur. De eerste matrix van het licht werd vastgesteld op basis van de extreme oppositie van wit en zwart, maar de echte drager van de provocatie van het licht, werd kleur, dat zich voordoet als licht en schaduw en een actieve, stralende energie genereert.

In het begin was deze energie gegraveerd in een netwerk van lijnen en tekens, daarna werd het een illuminerend, fluorescerend oppervlak, een oneindige, immateriële straal

¹¹⁸ Vanni Bramanti, "Conversazione con Carla Accardi", cit.

¹¹⁹ Vanni Bramanti, "Conversazione con Carla Accardi", cit.

van licht, zichzelf insinuerend in het transparante materiaal. Het gebruik van sicofoil toont de drang van Accardi om de grens, gerepresenteerd door het oppervlak, in vraag te stellen, hiervoor gaand opaak en nu transparant. Schilderen als een vereniging van een verrukking van kleur/licht, produceert de maximale intensiteit wanneer het zijn onverschilligheid blootlegt door het blokkeren van het licht. Tot 1965 werd het kleur

Aanvullend bij deel 3.3 Cellulose-esters in de artistieke wereld

proces op het gevoelige oppervlak van het canvas onderscheiden door de aanwezigheid van kleur, wat één van de belangrijkste reacties is van het object op de agressie van het licht. Met de overvloed van het teken, wijst het een declaratie van de substantie aan, caseïne, fluorescerende verf, de blijheid welke de kracht heeft zichzelf tot het oog te propaganderen. De sprong van de lijst met de verschijning van transparante oppervlakken brengt een verhoging van de waarde van het licht en een verlaging van de chromatische reflectie. De kleuren verzachten en brede borstelstreken verdikken de vorm van de streken, wat een doorgang voorziet voor het licht, zoals bij Rombi misti (uit 1967)ⁱ.

In 1965 breidt de relatie tussen de dichtheid en on-dichtheid, oppervlakte en volume, kunst en architectuur zich uit en neemt een vlucht naar sculpturale materialisaties: *"More than just colors, I love juxtaposition and the emanation of light that comes from them...Even when I use red with green, or perhaps even pink with sky-blue, the important thing is that the colors should have the same strength and that they should not be just complementary. And so they fight together and make light. And when I use monochrome or fluorescent paint, there's also the transparency-how I love it! For example, fluorescent green on a transparent surface is possibly the maximum of brightness for me. The plastic material and fluorescence were in rather bad taste, but I liked them, I wanted to ...ennoble them, and you'll understand why...Because everything was light."*¹²⁰ Het aaneen koppelen van transparantie en kleur en hun schijnende revelatie zijn de grote thema's die de kunst van Accardi markeren op het eind van de jaren '80. het ademen van de materialen –sicofoil en verf- met hun helderheid en immaterialiteit produceert eindeloze linguïstische combinaties: *"There was also the wish to demythologize, to unhallow painting. Space shifted from pure perception to the reality of true environments...Light found new paths: plastic, and fluorescent colors. The painting no longer existed, because I placed the support in view and made my signs anonymous."*¹²¹

We hoeven enkel binnen te treden, de drempel over te steken en ons te zetten, om een nieuw leven te beginnen, zoals bij *Triplice Tenda* (uit 1969-1971)^j. Omwille van zijn transparantie en openheid impliceert de tweezijdige aard de nood voor een interactie tussen de binnenkant en de buitenkant, het verleden en het heden, het mannelijke en het vrouwelijke, de dag en de nacht en de winter en de zomer. Het is een verdergaande verklaring van de interesse in de passage tussen twee tegenover elkaar staande polen, die, voor Accardi enkel kunnen plaats vinden in een tweevoudige volgorde, die van de complementariteit. Sinds dat kunst een 'ontmoetingsplaats' is geworden voor Accardi, is de constructie van een architecturale ruimte een verdere stap in het uitbreiden van het territorium van de vrijheid.

In het vroege begin van haar carrière, in 1959 heeft ze een ontwerp gemaakt op een stof voor Sorelle Fontana. Een interventie die haar zoektocht verklaarde voor een continuïteit voor de historische avant-garde bewegingen, gaande van het Futuralisme tot het Surrealisme dat een creatieve verandering in het design van stof en kledij heeft teweeg gebracht. Maar haar drang voor interventie op alle niveaus van de omgeving en een tweede huid stopte niet daar, zo heeft ze ook juwelen en objecten in keramiek gemaakt. In 1964 heeft ze het tapijtwerk voor het schip Raffaello geproduceerd en in

¹²⁰ Anne Marie Boetti, "Lo specchio ardente", Data, no.

¹²¹ Massimo Carboni, "Tra utopia e formalismo", Il Tirreno, 21 April 1981

1973 schilderde ze een serie als ontwerpen voor lakens- Lenzuoli (Lakens), 1973 en 1974.

In 1981 wordt het onzichtbare zichtbaar, de sicofoil wordt weer vervangen door een gewoon canvas en de kristallisatie geeft een weg naar de saturatie van het oppervlak van de hennep. Voor het oog kan er niet langer gesproken worden van

Aanvullend bij deel 3.3 Cellulose-esters in de artistieke wereld

transparantheid, maar wel van een opmaakheid die visueel onbegaanbaar is. Er is geen grondering aangebracht wat een onduidelijke neutraliteit geeft, maar het gaat van de koudheid van het industriële materiaal naar de warmte van het natuurlijke materiaal, zij het enkel om het canvas oppervlak te behouden. Na het reduceren van de overtolligheid van de drager, zet er zich een compenserend proces in gang dat ertoe leidt dat Accardi meer complexe en gearticuleerde tekens gaat gebruiken, bijna decoratief, in de traditie van Matisse, zoals bij Mattisiani (uit 1982)^k.

" *For me, Matisse was the emblem of painting, the connection with the South, in dreams, in reality, through the Orient* ".¹²² Behalve Matisse werden er andere ornamentale figuraties en abstracties opnieuw onderzocht, van Jean Arp to Francis Picabia en vermengt met de hedendaagse artiesten zoals Sigmar Polke. Dit leidde tot de definitie van de op een droom gelijkende, irrationele markering en organische vorm, hybriden gewaagd in luchtige, grillige schilderijen.

Op het eind van de jaren '80 is het werk van Accardi toenemend fluweelachtig geworden. De heldere provocatie van het materiaal, of het nu sicofoil of fluorescente verf is, is omgevormd in een bloem uit een droom. Er is altijd het vleeselijke plezier van sterke kleuren, zoals rood en violet, roos en groen, maar hun warmte is zacht en teder. De oppervlakken zijn waargenomen door een, op een droom gelijkende, diepte en stellen een combinatie samen van innerlijke pracht en continuïteit, zoals bij *'Millenaria'* (Millenariaanse vrouwen uit 1987)^l.

In de jaren '90 is er een zo groot mogelijke toezegging op de stromende kwaliteiten van de kunst. We zien een uitbarsting van een chromatische frisheid die antwoorden geeft op de levende, drukkende drang voor het leven. Het verder stromen van de roden en flauwe gelen, blauwen en witten stelt een natuurlijke golf van een steeds groeiende stroom samen. De vleeselijke substantie van *'Rossobianco'* (Rood en wit uit 1992)^m, geeft simpel de overwinning weer van het vrouwelijke en de maturatie van de tijd. Het stelt een culminatie samen en een verder bloeien die zich vreugdevol opleeft. Zulke schilderijen zijn gemaakt om een verdere fascinatie met het persoonlijke en waarneembare te propaganderen. De dikheid van de tekens en de achtergrond van kleuren blijft een referentie voor diepte.

Vanaf 1994 creëert de compositie een verstrooid, glanzend gebied dat gedetermineerd wordt door de introductie van gegolfde lijnen of gefragmenteerde stroken in bepaalde gebieden- *Movenze d'azzurro* (Beweging van azuur uit 1994)ⁿ. Visueel betekent dit dat sommige delen van het schilderij verschijnen om een bepaalde dikheid van de materie uit te steken of op zijn minst chromatisch opgewonden zijn. Het is een verdere handeling van zichzelf open te stellen aan transparantheid, hoewel het in deze case niet geconnecteerd is met het externe licht, maar met het licht binnenin het schilderij

Tussen 1997 en 2000 bezit een bewust zijn dat doelt door kleuren en tekens een krachtige logica die het mogelijk maakt om verder te gaan zonder verloren te geraken. Dit zorgde ervoor dat Accardi dichter tot het beeld in het netwerk ging tekenen. Het is een plaats met een gewrongen rationaliteit waar rationele en irrationele beelden zich vermengen en een dialoog aangaan dat geperfectioneerd wordt tussen de twee extremen. De schilderijen dienen zichzelf aan, aan een dialect tussen simpele geometrische figuren, zoals een rechthoek, en een mix van tekens die over alle

¹²² Sebastiano Grasso, "Attraverso Matisse il mio legame con il Sud", Il Corriere della Sera, 4 July 1988

mogelijke varianten gaan van een persoonlijke vertelling, die slingeren tussen stralende en sombere kleuren. De ontwikkeling gaat altijd over het wonder dat zich voordoet bij lichte variaties, zoals een spiegelende relatie, zoals in *Ricomposte tinte* (Een opnieuw compositionerende tint uit 1997)^o, waar het blauw en het grijs zich aan elkaar reflecteren en een mozaïek van fragmenten teweeg brengen. In de picturale voortgang

Aanvullend bij deel 3.3 Cellulose-esters in de artistieke wereld

werd een spanning gecreëerd tussen twee extremen. Maar het is precies de harmonie tussen de contrasten die de creatieve bekwaamheid van de kunstenaar tentoon stellen, en van de aanwezigheid van subjectief en objectief, geometrisch en vormloos springt het enigma van kunst en de beslissing zichzelf te verliezen, zoals in een labyrint.

De drang van Accardi om weg te vluchten van enige vorm van definiëring, wat ook bezit en controle betekent, is gedocumenteerd door haar vordering door licht en schaduw, positief en negatief, zeker in het werk *Ombrellini* (lichte parasols uit 2000)^p waarin de lichtheid van transparante materialen, bedekt met licht en luchtige kleuren wordt aangereikt om de massa en attractieve kracht van het schilderij aan te vullen.

Al de schilderijen bewandelen de lijn tussen abstractheid en concreetheid, tussen schilderij en architectuur, zonder de aanwezigheid van de mens en het dialoog tussen tegengestelden te vergeten. Ze behouden een gelijkenis die een perfecte reflectie is op de identiteit van de kunstenaar, altijd open voor plezier en het zoeken en gevonden zijn om andere openingen te vinden, welke grensgebieden zijn die leiden naar verdere ontdekkingen zonder eind:" *I believe it happens to all of us that we think we have not got to where we wished. I am no exception. The audience that I address is not an audience but one person at a time, or two or five or ten people. With liberty, of course, to become a multitude.*"¹²³

1.4 Kunsthistorische context:

Het artistieke origine van Accardi situeert zich in 1946, in het Italië dat gemarkeerd wordt door het dispuut tussen figuratie en abstractie, tussen realiteit en futuriteit, tussen nationalisme en internationalisme en tussen het iconische en het non-iconische beeld. Na de hereniging en bevrijding bestond het systeem van de Italiaanse kunst uit een woestijn die bevolkt werd door een aantal geïsoleerde persoonlijkheden, echte overlevers in een bevroren en ontstemde cultuur. In de jaren onmiddellijk na de oorlog waren er twee fronten ontstaan die zo divers waren en ver van elkaar stonden, namelijk de culturen van het realisme en het formalisme, dat dit een grote oorzaak was voor de crisis die dreigde een muur te vormen van beperktheid en die de contrasten en onderverdelingen zou kunnen versterken. De houding van het blinde en vooronderstelde wantrouwen, leidde ook tot een hardnekkige afwijzing en angst tot vernieuwing die plaats nam in de wereld, onaangeraakt door de tragedie en het drama van Europa.

In Italië was er een verzet tegen de 'traditionele' cultuur die een verheerlijking van het verleden inhield. Dit verzet ging gepaard met een kleinering van het proces, of op zijn minst een vrijmaking van de taal van de kunst en het verleden. Binnen de periode van 1945 tot 1948 waren er slechts enkelingen die terugkeerden naar de renaissance en deze verheerlijkten. De kunsthistoricus Lionello Venturi koos voor ballingschap eerder dan het fascistische regime te ondersteunen. Toen hij terugkeerde in Italië in 1945 en terug als professor aan de Universiteit van Rome en het Capitaal les ging geven, werd de Art Club gesteund door Enrico Prampolini¹²⁴. Zowel Venturi als Prampolini lieten de ervaring en geschiedenis afsteken ten opzichte van een fascistische regering die twintig jaar stand hield. Hun grootste doel was de artistieke en kritische verbeelding van Italië te internationaliseren. De volgende generaties volgden hun aanwijzingen. Giulio Carlo

¹²³ Marisa Volpi Orlandini, *Artisti contemporanei. Interviste*, Rome: Bagatto, 1986)

¹²⁴ Germano Celant, *L'inferno dell'arte italiana*, Costa&Celant, Genoa, 1990

Argan, Palma Bucarelli en Emilio Villa openen de deur naar de Franse kunst. Zij richten de aandacht op het kubisme en de non figuratieve generaties en dus ook de niet westerse culturen. Jonge artiesten, waaronder Renato Guttuso en Giulio Turcato raakten geïnteresseerd in het kubisme en de abstractie. Andere zoals Alberto Burri en Emilio Vedova discussieerden over de 'materie' van de kunsten en ook over revolutionaire

Aanvullend bij deel 3.3 Cellulose-esters in de artistieke wereld

materialen, waarbij ze heftige discussies ontstaken en argumenten naar boven haalden die ervoor zorgden dat er zich groepen en fronten vestigden van theoretici en kunstenaars. In het bijzonder waren er lawines van debatten en gepassioneerde aanvallen over het concept van vernieuwing en toewijding. Ondanks het feit dat ze dezelfde politieke mening hadden, construeerden ze contrasterende argumenten over het idee van de artistieke strijd. Er waren botsingen over verschillende concepten rond het thema van de 'materialiteit'. Voor sommige werd het een visuele creatie van het verbinden van populaire en minder populaire onderwerpen uit de maatschappij, terwijl het voor andere zaken waren die feitelijk verbonden zijn met de obscuriteit en het immateriële origine van het bestaan. De geweldadigheid van deze verschillen, tijdens de periode van de Fronte delle Arti en de Forma groep culmineerden (op het toppunt) in de excommunicatie van Palmiro Togliatti en in het gevolg van de onherstelbare ideologische scheur tussen de realisten en abstracte kunstenaars. Dit was enkel een teken van de vitaliteit in de Italiaanse kunst.

Het was een koude oorlog scenario waarbij, met een niet tolereerbare, vooropgestelde houding, beiden de superioriteit aan hun eigen cultuur toeschreven. Diegene die in staat was het ultieme beeld te creëren, zou een einde kunnen maken aan de discussie over de revolutionaire aard van de kunst. De tegenover elkaar staande groepen werden gevormd en men zocht naar werkers en Marxistische denkers of intellectuelen en de Formalistische avant-gardes. De eenne groep brandmerkte de andere als reactionisten. Dit was een argument als een broedermoord en was mogelijk het gevolg van artistieke ongeletterdheid samen met twintig jaar miscommunicatie en ideologische geheimhouding en het mislopen van internationale experimenten.

De scheur is typisch aan de oud Europese cultuur die teweeg werd gebracht door een idealistische separatie van de branches van kennis, die de nieuwe generatie zocht te reorganiseren door het verweven van individuele en sociale ervaring, de persoonlijke en de collectieve conditie van het menselijk wezen. Zo werd Milaan en Rome, in de periode 1946-1947 de setting voor de productie van de *Manifesto del Realismo* (1946); en de *Manifesto di Forma 1* (1947) en de *Primo Manifesto dello Spazialismo*. Deze slingerden tussen de gelijkende, meest waarheidsgetrouwe representatie van het echte model en diens deconstructie met de consequente ontdekking van vormen van materie en licht die geen referentie hebben tot een adaptatie aan het sociale en de realiteit. De realisten stripten hun individualiteit af en lieten zichzelf toe om historische thema's te representeren: " *Painting and sculpting is, for us, an act of participation in the Total reality of mankind, in a particular place and time, a reality that is contemporaneity and, in its succession, history,*"¹²⁵

De formalisten en spatialisten weigerden een limiet te zetten op de 'echte' manier van zien en kozen ervoor om alle polariteiten open te houden zodat *'the terms Marxism and Formalism may not be irreconcilable,*"¹²⁶ of anders, zodat *"science and art may not be two different things...Artists anticipate scientific exploits, and scientific exploits always stimulate artistic exploits."*¹²⁷

De constructie van lijnen, kleuren, vormen en volumes kwamen aan bij een traditioneel taalkundig gebied waar figuren vielen en meer een devotie werden van politieke en

¹²⁵ Manifesto del Realismo, Milan, February, 1946

¹²⁶ Manifesto di Forma, Rome, 15 March 1947

¹²⁷ Primo manifesto dello Spazialismo, Milan, May 1947

literaire mythes. Alles ging gebukt onder een onbuigzame discipline die voortkwam uit de Partij en die elke vorm van experimentatie tegenhield. Dit bemoeilijkte de keuze voor een ander materiaal. Het verzet tegen deze fideïstische procedure stopte en gaf toe dat er geen kruisbestuiving of overgangsperiode was tussen revolutie en avant-garde,

Aanvullend bij deel 3.3 Cellulose-esters in de artistieke wereld

geschiedenis en individualiteit, het artificiële en de realiteit en tussen kunst en wetenschap, was vastgesteld.

Kunstenaars zoals Lucio Fontana, Piero Dorazio, Fausto Melotti en Carla Accardi zochten een brug tussen verschillende werelden. Zij streefden naar een verzoening tussen hetgeen duidelijk en verborgen was, zodat er een taalgebied kon gevonden worden waar het object en de vorm participeren in de sociale en de collectieve stroom. Zij zochten om hun werk tot dicht bij het cruciale knooppunt van bestuiving te brengen, van kleur en teken, fysisch en niet fysisch, bewust en onbewust, daar waar polariteiten niet onderscheiden worden en waar het zicht een systeem wordt dat open is en beschikbaar tot de realiteit en ermee in overstemming komt.

Voor Carla Accardi, de enige vrouw uit de Forma groep, kwam al snel het bewustzijn dat deze tegengestelden één en hetzelfde ding waren en dat er geen nood was om te vechten. Zowel in de toekomst als nu, gaan tegengestelden en verschillen blijven bestaan en het zoeken naar een bindmiddel tussen de verschillende partijen was noodzakelijk om de éénzijdige cognitieve visuele houding te kraken. In plaats van de scherpe separatie en agressieve oppositie, die het verleden gemarkeerd hebben (hoewel deze uiteindelijk zijn overkomen door de co-existentie van de multiculturele gemeenschap) was het aan de nieuwe generatie om naar een voorstel op hoog niveau te gaan en zich om te vormen tot een dynamische en visuele communicatie die gedomineerd werd door groeperingen en door een integratie, een osmose en een uitwisseling. Beide ondertekenaars van de Forma groep en de Spatialists stelden de scheiding van de tegenstanders in vraag en begonnen met een 'verzoening'. De hypothese was een relatie van respect tussen de opposities, de constructie van de artistieke taal die alle situaties zou omvatten – formeel en informeel, iconisch en niet iconisch – met geen onderbreking. Met het conflict zou men een relatie moeten bekomen, zodat tekens en dingen hun onbuigzame definitie en hun axiomatische kwaliteit zouden verliezen vanwaar niks zou kunnen ontsnappen. Het doel was om deze transparant te maken zodat er een fluctuatie tussen hen zou kunnen zijn, wat uiteindelijk een netwerk van connecties zou creëren en een nieuwe methode zou produceren. Niet langer een onbuigzame figuratie of een absolute geometrie als dienst aan de 'a priori theorem', maar een beweging tussen de twee omstandigheden van het zien.

In de vroege jaren '50 waren er duidelijke tekens aanwezig van een diepgaande internationalisatie van de Italiaanse artistieke cultuur, die zich, in het bijzonder in Rome situeerde, en samen ging met New York¹²⁸. In de jaren '40 hebben de films van Roberto Rossellini en Luchino Visconti reeds wereldlijke aandacht getrokken tot de Neorealistische cinema en de experimentele rol van de filmproductie in Rome. De aanwezigheid van schrijvers als Alberto Moravia en Ennio Flaiano, Elsa Morante en Anna Banti accentueerde de verandering weg van het realisme, naar de taal van de verbeelding. Lionello Venturi gaf een onderverdeling in de avant-garde bewegingen van New York, terwijl Gaspero Del Corso, die sinds 1948, met de steun van Irene Brin, werken tentoonstelde van Burri en Afro in zijn Galleria dell'Obelisco. Gaspero Del Corso begon te zoeken naar een uitwisseling tussen Italiaanse en Amerikaanse kunst wat leidde tot de tentoonstelling van de *Boxes* van Andy Warhol in 1953. Tezelfdertijd raakte de informatie over Action Painting bekend in Italië door tijdschriften als *Voque* en *Life*,

¹²⁸ Germano Celant, *Roma-New York, 1948-1964*, Milan, Edizioni Charta, 1993

die artikels publiceerden over Pollock, Willem de Kooning en Kline. Dit leidde tot de verwerving van informatie, over experimenten van over het water, samen met belangrijke tentoonstellingsmogelijkheden in New York voor de Italiaanse artiesten.¹²⁹

Aanvullend bij deel 3.3 Cellulose-esters in de artistieke wereld

Op hetzelfde moment richtten de grote musea hun activiteiten naar de meest up-to-date contemporaine werken. In 1949 organiseerde Museum of Modern Art in New York een exhibitie genaamd "Twentieth-Century Italian Art", de curatoren waren Alfred Bar en James Soby. De exhibitie omvatte niet enkel de historische avant-garde bewegingen, van het Futurisme tot Metafysisch schilderkunst en van Giorgio de Chirico tot Giorgio Morandi, maar ook jonge artiesten als Afro en Corrado Cagli, Marino Marini en Lucio Fontana, Toti Scialoja en Giuseppe Santomaso. In 1950 gaf de impact van deze informatie voor directrice Catherine Viviano de aanleiding om een tentoonstellingsruimte in te richten met enkel Italiaanse kunst. De kunstenaars Vedova, Afro en Ennio Morlotti kregen hier een vaste plaats totdat hun werken in de collectie van Solomon R. Guggenheim Museum en de Barnes Collection in Philadelphia een plaats kregen.

Tezelfdertijd maakte het enige nationale museum in Italië, de Galleria Nazionale d'Arte Moderna, met als directeur Palma Bucarelli, een nadering tot de Amerikaanse kunst in 1950 met de tentoonstelling "American Abstract Artists". In 1951 opende de tentoonstelling "Arte Astratta e Concreta in Italia" en deze gaf een definitief begin in de publieke scène voor kunstenaars zoals Dorazio, Achille Perilli, Mino Guerinni en Albino Galvano. Het verwervingsproces bleef minder zichtbaar, het omvatte enkel figuratieve werken van Scialoja, Santomaso, Afro en Capogrossi¹³⁰.

De Biennale van Venetië draaide de aandacht richting de internationale ontwikkelingen en in 1948 verwelkomde de Guggenheim Collectie werken van William Bazotes, Pollock, Arshile Gorky, Robert Motherwell, Rothko en de Kooning. Peggy Guggenheim's invloed zorgde voor een promotie van de Amerikaanse kunst en de Italiaanse kunst, met als vertegenwoordigers Vedova, Santomaso en de zeer jonge Tancredi Parmeggiani.

In 1958 verscheen er een nieuwe generatie op de Italiaanse kunstscène. In Milaan was er een nieuwe kerngroep, waartoe Manzoni en Gallizio behoorden en in Rome Mimmo Rotella, Domenico Gnoli en Scarpitta. Zij traden op de voorgrond. Hun aanwezigheid werd tussen 1959 en 1960 opgevolgd door zeer jonge kunstenaars, waaronder Francesco Lo Savio, Castellani, Umberto Bignardi, Jannis Kounellis, Mario Schifano, Agostino Bonalumi, Franco Angeli, Tano Festa en Giuseppe Uncini.

Tezelfdertijd versterkte de informatie en documentatie over internationale evenementen. Kunstmanifestaties van Europa bereikten Milaan, zoals de monochrome werken van Yves Klein, het *holistic* werk van Heinz Mack en Gruppe Zero, of de materie kunst van Jean Dubuffet en Antoni Tàpies. De kinetische experimenten van de T en N groep verwierven rond die periode ook een reputatie.

Tezelfdertijd, met dank aan de Michel Tapié en Pierre Restany en de galeriehouders Luciano Pistoï en Gian Tommaso Liverani, verkreeg Accardi, in exhibitie en met de criticussen, een internationale schaal, wat haar de mogelijkheid gaf om haar zwart-witte schilderijen te tonen, samen met belangrijke groepen en solo exhibitie in de belangrijke galleries van Parijs, Rome, Osaka, Pittsburgh, Tokyo, Düsseldorf en London. De bevestiging van de negatieve kaligrammen begonnen geschiedenis te worden voor de kunstenaars.

De historische context was ook veranderd. De impulsieve evenementen van de jaren '50 hadden geleid tot een bevordering van het zelfbewustzijn als drager van het existentiële teken.

¹²⁹ Gabriella Drudi, "Prima e dopo," in Roma 1950-59. Il rinnovamento della pittura Italia

¹³⁰ Patrizia Rosazza Ferrari, "Gli anni Cinquanta a Roma: la Galleria Nazionale d'Arte Moderna," in Roma 1950-59, Il rinnovamento della pittura in Italia

In de jaren '60 culmineerde dit met de herbevestiging van het individuele wezen als lichaam en spoor – Manzoni en Klein – en dit moest nu overgebracht worden op dingen, op wat er ook bestond, van de andere kant, het universum van objecten en beelden uit de alledaagse wereld. Van 1959 tot 1963 nam de wereld van de dingen het over. Het deed dit met een verleiding van de overvloed aan fetisjisme en iconen uit de wereld van Aanvullend bij deel 3.3 Cellulose-esters in de artistieke wereld

de reclame, film, strips en fotografie. In contrast met de verticaliteit van het persoon, was er een bevestiging van de horizontaliteit van de wereld, die eindigde met de toewijding aan zichzelf. De Pop Art en Nouveau Réaliste generatie, inclusief met Schifano en Andy Warhol, Arman en Claes Oldenburg, Jean Tinguely en Louise Nevelson, Roy Lichtenstein en Michelangelo Pistoletto, werkten aan de onteigening die was verbonden aan de kracht van het banale, onpersoonlijke, populaire of gestimuleerde beeld. De discussie begon met de oppositie tussen het originele en het gereproduceerde, het valse en de echte identiteit, met de focus op objecten uit de media die de expressie van het existentiële buiten de kunst dreven. De figuren die onteigend werden waren afkomstig van de televisie en posters, van films en zijdedruk prints, van de industriële productie en reproductie.

De afwezigheid van de identiteit was het leidende motief van het bestaan van de kunst op de dingen uit het alledaagse leven. Dit had als resultaat dat artiesten een actie ondernamen die alle verschillen wegvrat om zo de volheid van het teken, waarin alle menselijkheid was onttrokken, opnieuw te vestigen. Ook Accardi nam hieraan deel. Dit werd verwezenlijkt door het opstellen van gelijke afstanden en repetitie in het teken. Ze verliet de ongekenete kracht van de vrije beweging van de hand en verving dit door het bewustzijn van het teken als embleem. Dit werd omgevormd in een serie van "modules". Een proces van inversie werd geactiveerd en het onderwerp-beeld werd verwisseld met het beeld-onderwerp. Dit betekende dat de reflectie nu enkel objectief was waardoor het teken naar zichzelf verwees: "*I have given images to the structuralist view of the world: a visual image that bore all the components within itself: the happenings, the joining of signs that were repeated in my paintings with variations of phenomena but true to themselves and repeatable*".¹³¹

Vanaf 1965 ontstaat de Minimal Art die begint met een dematerialisatie van de kunst. Carla Accardi anticipeert aan deze internationale experimentatie door te werken met sicofoil, wat een transparante kunststof is.

Het thema van leegheid en een interveniërende ruimte word spectaculair bij de Minimal Art. Toch ging Accardi niet zo ver om haarzelf te beroven van een oppervlakte en een kleur. Ze voelde enkel de nood om te werken in het ledige. De bevestiging van ruimte en canvas bleef natuurlijk en leidde niet naar het industriële en technologische. De ruimte werd niet gevuld met een concept, maar met het leven. Waardoor ze niet volledig anticipeert met de Minimal Art en de Conceptual Art.

Het werken met transparante kunststof was een poging om elke omtrek te weigeren. Dit vond een overeenstemming met de 'spirit of times' van 1966-1969.

Rond 1966-1969 herkende de kunst zichzelf niet langer als een enkelvoudige vorm, maar wenste alle mogelijke esthetische manifestaties op zich te nemen. Er was een samensmelting van alle kunstvormen die niet zochten om zich aan elkaar op te dringen en niet langer zochten om uniek te blijven maar eerder een perfecte gelijkwaardigheid en reversibiliteit vonden in elkaars werk.

Het werk 'Tenda', uit 1965-66, van Carla Accardi is een driedimensionaal werk. Toch omschreef Accardi dit niet als een sculptuur: "*I have always used painting as an inspiration for anti-painting: it's a desire for contradiction.*"

Het wegsmelten van vele tegengestelden bijvoorbeeld, tussen het schilderij en de omgeving, sculptuur en performance, het materiële en immateriële, fysische en

¹³¹ Vanni Bramanti, "Conversazione con Carla Accardi", cit.

conceptueel, mannelijk en vrouwelijk, functie en ornament- had ook betrekking op de expansie van de notie van kunst, wat uiteindelijk alle emoties en gevoelens omvatte van natuurlijke, artificiële aard en ervaring. Deze schoonheidsleer van een fusie van verschillende contrasterende ontvankelijkheden werden ook gedeeld door Accardi, die in

Aanvullend bij deel 3.3 Cellulose-esters in de artistieke wereld

intersecties tussen haar activiteiten werkte met vormen en tekens en de eis tot transformatie en revelatie van de primaire taal van de kunst toepaste.

Vanaf de jaren '70 ondergingen deze naast elkaar plaatsingen een verdere expliciete uitbreiding. Na de eerste studies met Linda Nochlin en Ann Sutherland Harris en het schrijven van Lucy Lippard¹³² nam de defenitie van een vorm van analogie plaats in de linguïstische relatie met Lee Krasner en Georgia O'Keeffe, Yayoi Kusama en Meret Oppenheim, Eva Hesse en Marisa Merz. Zij hadden net als Accardi ook geopteerd voor een koers te volgen in de vorm van een labyrint. Dit labyrint was verbonden met de geografie van het vormloze waarin de relevantie van de autonomie en de absolute identiteit verscholen lag.

Van 1979 tot 1982 was er in Europa en Amerika een bevestiging van een decoratieve focus, in de Italian Transavanguardia en Duitse Neo-Expressionism, in Francesco Clemente en Markus Lupertz, in American Pattern en Narrative Painiting, in Robert Kushner en Jonathan Borofsky. De politieke en symbolische macht had werken van voorgaande generaties bewaard en dat gaf toegang tot het defileren van figuraties van het geheugen, het kind zijn, de familie en plaatsen. Hoewel in tegenstelling met het materiaal en mentale reductie en koudheid van de Minimale en Conceptuele culturen, het chromatische, sensuele borrelen dat samen ging met de figuren en verantwoordingen van deze artiesten bleek belangrijk te zijn voor het doorhakken van de substantie van de schilderijen.

In de jaren '90 is er een zo groot mogelijke toezegging op de stromende kwaliteiten van de kunst. We zien een uitbarsting van een chromatische frisheid die antwoorden geeft op de levende, drukkende drang voor het leven.¹³³

1.5 Ontstaansgeschiedenis

Rond 1965 begint Carla Accardi te werken op sicofoil, wat een transparante kunststof is. Het werd gebruikt voor commerciële verpakkingen. Het materiaal werd haar gegeven als deel voor een project om een ontwerp te maken voor een stof voor het Italiaanse mode huis Sorelle Fontana (opgericht in 1944 door de drie zussen Zoë, Micol en Giovanna Fontana). Het werk is nooit gerealiseerd maar de kunstenaar had intussen wel een rol aangekocht van dit materiaal. In 1981 is de fabricage van dit materiaal stopgezet.¹³⁴, wat ook haar overgang naar hennep mede verklaart.

Een andere bron vermeldt dat Carla Accardi de nodige sicofoil verkregen had via Lodovico Castiglioni, dit in 1970, voor het maken van de Triplice tenda.¹³⁵ Ze had vóór 1970 reeds andere werken gemaakt, vervaardigd uit Sicofoil dus het kan zijn dat ze haar eerste rol verkregen heeft via Sorelle Fontana en zich nadien beholpen heeft met de sicofoil verkregen van Lodovico Castiglioni. In de vroege jaren '70 hebben Lodovico Castiglioni en Franco Mazzucchelli 'Laboratory Polymer Art' gecreëerd. Franco Mazzucchelli was de leverancier van de kunststof (door zijn bedrijf genaamd Mazzucchelli SPA, opgericht in 1849) en Lodovico Castiglioni voorzag kunstenaars van

¹³² Ann Sutherland, Harris and Linda Nochlin, "Women artists, 1550-1950" (New York: Alfred Knopf, 1976), Lucy Lippard, From the Center (New York: Dutton, 1976)

¹³³ Germano Celant, Carla Accardi, Edizioni Charta, Milano, 2001

¹³⁴ <http://calbears.findarticles.com>

¹³⁵ Germano Celant, Carla Accardi, Edizioni Charta, Milano, 2001

deze kunststof. Het project heeft drie jaar stand gehouden en heeft 50 kunstwerken opgeleverd, waaronder ook werken van Carla Accardi. In 2004 is het MAP (Museo Arte Plastico) opgericht waarin deze, en nieuw verworven, kunstwerken tentoongesteld worden in het Palazzo Castiglioni di Monteruzzo.¹³⁶

Aanvullend bij deel 3.3 Cellulose-esters in de artistieke wereld

'A Gent abbiamo una finestra' (in Gent heb ik een raam geopend) genaamd is gedeeltelijk in 1971 vervaardigd in Rome en in 1986 in Gent afgewerkt voor de tentoonstelling 'Chambre d'Amis' (21 juni-21 september 1986). Bij deze tentoonstelling stelden vijftig Gentenaars hun woning (of een deel ervan) ter beschikking voor even zovele kunstenaars. Jan Hoet (toenmalige directeur van het S.M.A.K.) installeerde de traditie om naar buiten te treden met de kunst. De kunst zou naar de mensen komen. Na schriftelijk contact tussen Jan Hoet en Carla Accardi ging Accardi akkoord om haar werk tentoon te stellen bij architect Dirk Defraeijs – De Boodt in de Patijnstraat 137 te Gent (gedeeltelijke briefwisseling zie pag. 20-21). Het werk werd, na afloop van de tentoonstelling, aangekocht door het S.M.A.K. en het werd opgenomen in de vaste collectie van het S.M.A.K..

Van 18 september 2004 tot 9 januari 2005 organiseerde het Museo d'Arte Contemporanea in Rome (MACRO) een tentoonstelling met werken van Carla Accardi, Valery Koshlyakov (Rus, 1962) en Sissi Siska (Amerikaanse, 1969)¹³⁷. Voor deze tentoonstelling heeft het S.M.A.K. het werk uitgeleend. Het werk is beschadigd teruggekomen, vermoedelijk door de combinatie van een slechte verpakking en het transport. Nu wordt het werk bewaard in het depot van het S.M.A.K.

Vanaf oktober 2007 werd een onderzoek ingesteld naar de restauratie en conservatie van het beschadigde werk.

¹³⁶ www.museoarteplastica.it

¹³⁷ www.macro.roma.museum

Aanvullend bij deel 3.3 Cellulose-esters in de artistieke wereld



Scompizioni^a, 1947
Oil on canvas, 34,5X49,5
cm.
Milan, Collection Lea Virgin



Fondo giallo^b, 1953
Oil and enamel on canvas,
53X84 cm.
Collection Sandretto

Aanvullend bij deel 3.3 Cellulose-esters in de artistieke wereld



Frammenti^c, 1957
Casein on canvas, 120x60 cm.
Turin, Private Collection



Labirinto con settori^d, 1957
Casein on canvas, 133x204 cm.
Radda in Chianti, Collection Luciano Pistoletto

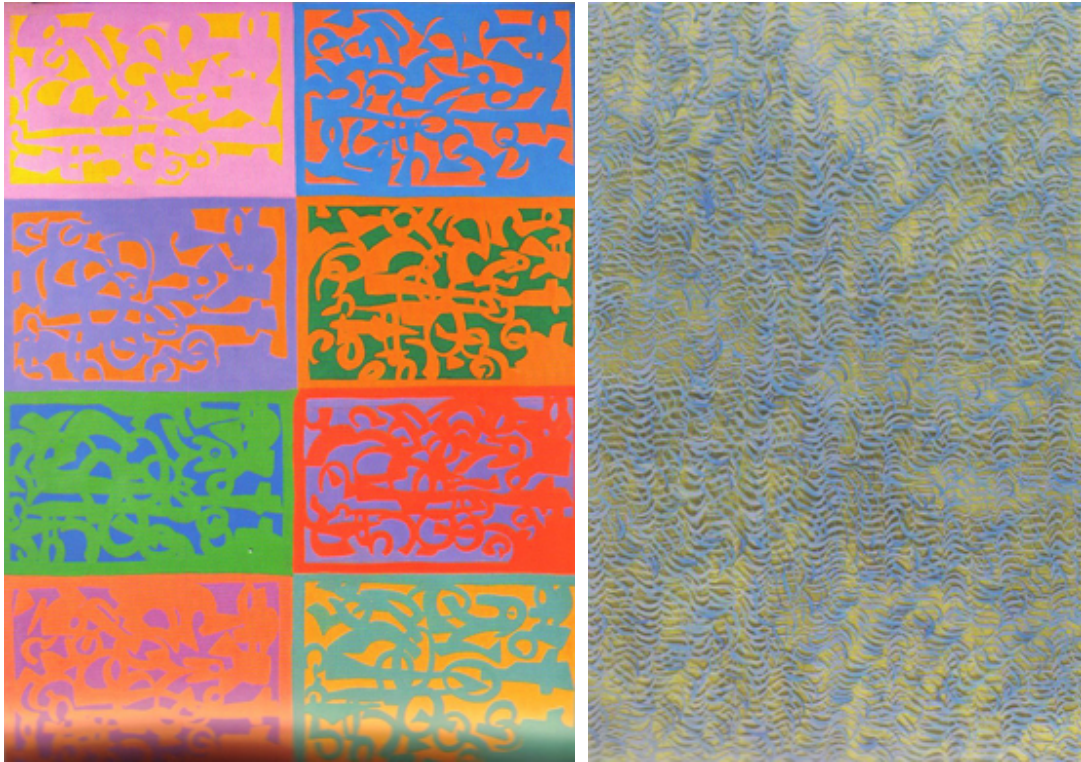


Integrazione viola blu^e, 1959

Casein on canvas,
140x160 cm.

Rome, Galleria Sprovieri

Aanvullend bij deel 3.3 Cellulose-esters in de artistieke wereld



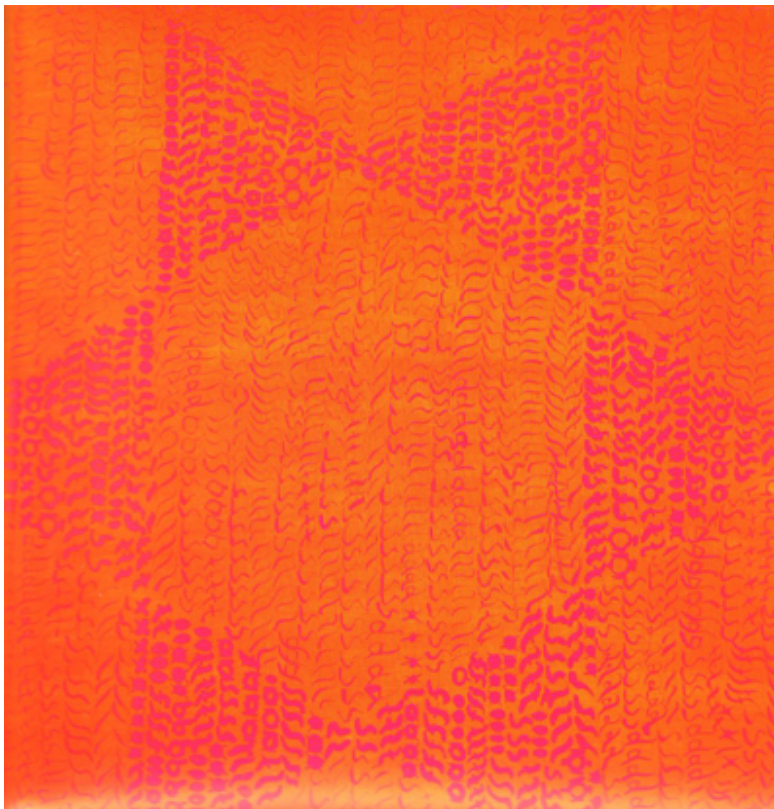
Piccolo settori^f, 1962

Casein on canvas,
97x130cm.

Due azzuri si oro^g, 1966

Varnish on sicofoil on varnished canvas,
110x185 cm.

Paris, Galerie Stadler



Rome, Collection of the
Artist

I Stella^h, 1964
Fluorescent varnish on canvas,
195x190 cm.
Rome, Collection of the Artist

Aanvullend bij deel 3.3 Cellulose-esters in de artistieke wereld



Rombi mistiⁱ, 1967
Diptych, varnish on sicofoil,
260x200 cm.
Rome, Collection of the artist

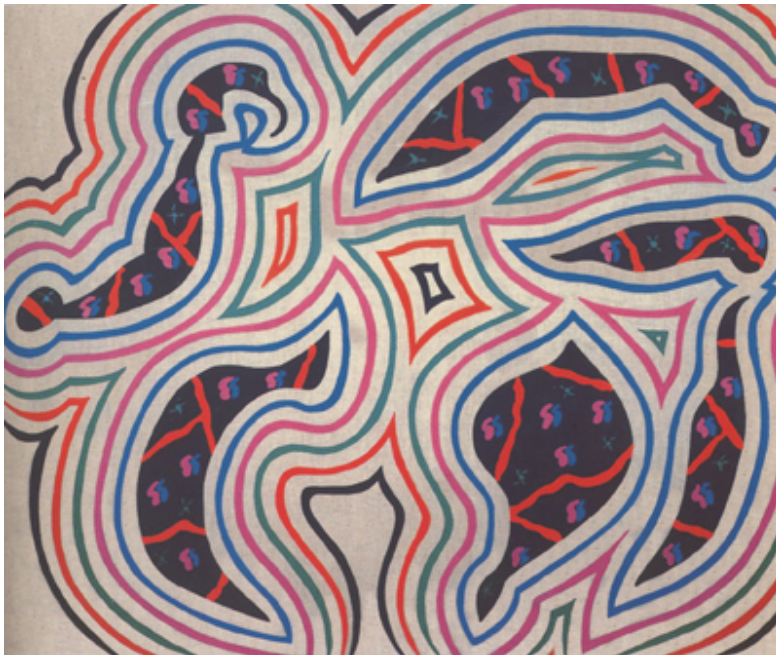


Triplice tenda^j, 1969-1971

Varnish on sicofoil on Perspex frame, Ø 550 cm.

Rome, collection of the artist

Aanvullend bij deel 3.3 Cellulose-esters in de artistieke wereld



Matissiana^k, 1982
Vinyl of canvas,
140x170 cm.
Brescia, Galleria Massimo
Minini



Millenaria^l, 1987
Diptych, vinyl on canvas,

280x185 cm.
Rome, Collection of the artist

Aanvullend bij deel 3.3 Cellulose-esters in de artistieke wereld



Rossobianco ^m, 1992
Dyptich, vinyl on canvas,
160x260 cm.
Rome, Collection of the
artist



Movenze d'azzurro ⁿ, 1994
Vinyl on canvas,

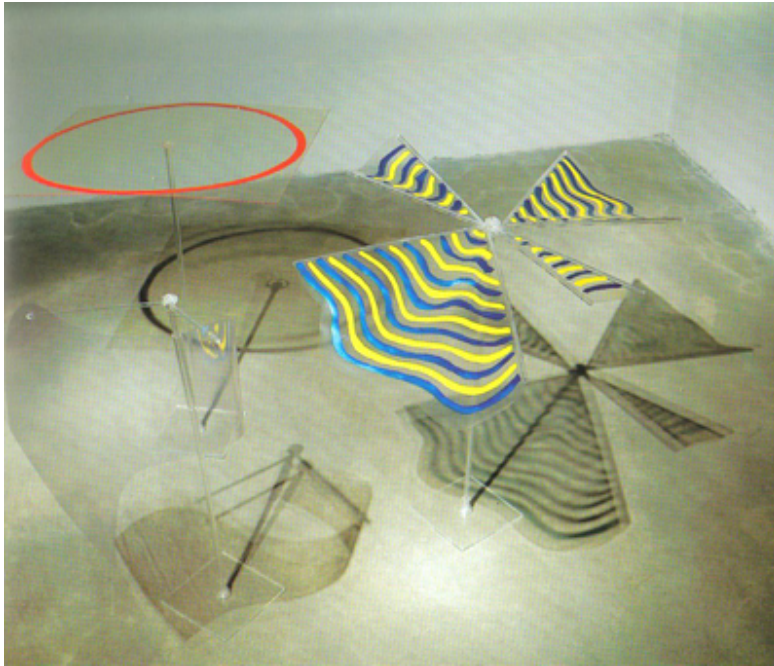


Ricomposte tinte ^o, 1997
Vinyl on canvas,

220x160 cm.
Rome, Collection of the artist

220x160 cm.
Rome, Collection of the artist

Aanvullend bij deel 3.3 Cellulose-esters in de artistieke wereld



Ombrellini ^P, 2000
3 elements
sicofoil and Perspex
h 80x50 Ø cm each
Rome, Collection of the
artist

Aanvullend bij deel 3.3 Cellulose-esters in de artistieke wereld



Carla Accardi tijdens vervaardiging van een kunstwerk op cellulose-acetaat.

