



SM 57

Vuilwerende coatings, een literatuurstudie

Uitgegeven door Vereniging Schoonmaak Research

© VSR, november 2020

Behoudens uitzonderingen door de wet gesteld mag zonder schriftelijke toestemming van VSR niets uit deze uitgave worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm, of anderszins, hetgeen ook van toepassing is op gehele of gedeeltelijke bewerking.

SM 57

Vuilwerende coatings, een literatuurstudie

Opdrachtgever(s): Vereniging Schoonmaak Research
Tilburg

Opdrachtnummer: SM 57, TNO Rapport HR136009

Auteur: dr.ir. A.E. Duisterwinkel

Eindverantwoording: dr.ir. G.C.A. Luijkx

Datum: 1 december 1998

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande toestemming van IR-TNO. © IR-TNO

Indien dit rapport in opdracht wordt uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de tussen partijen gesloten overeenkomst.

SAMENVATTING

Algemeen

De Vereniging Schoonmaak Research heeft TNO Reinigingstechnieken verzocht een literatuuroverzicht te maken over vuilwerende coatings. Dit rapport is het resultaat daarvan. Het is opgesteld op basis van beschikbare open literatuur en informatie die is verstrekt door deskundigen.

Resultaten

Allereerst is hechting van vuil beschreven. Op basis daarvan is duidelijk hoe hechting kan worden voorkomen. Met afnemende hechting neemt ook de affiniteit tussen reinigingsvloeistof en oppervlak af; dit maakt het oppervlak in principe niet reinigbaar. Een aantal oplossingen om goede reinigbaarheid te combineren met vuilafstoting is aangegeven. Daartoe worden veelal coatings (dunne lagen) toegepast. Enkele problemen die optreden bij het aanbrengen en het opnieuw aanbrengen van de coatings zijn omschreven. Uit die beschrijving volgt dat het herstellen van een coating geen sinecure is en vaak een beperkt resultaat kent.

Hoe deze principes uitwerken in de praktijk is uitgewerkt voor drie oppervlakken:

- textiele materialen waaronder tapijt en meubelstoffen;
- gevels;
- harde vloeroppervlakken.

De focus van veel ontwikkeling en onderzoek lijkt te zijn gericht op het verminderen van de totale hechting. Dit is niet per se gunstig. Een oppervlak met enige zogeheten polaire aantrekking lijkt nauwelijks meer vuil op te nemen maar is makkelijker reinigbaar. Ook is onderhoud bij slijtage of inlopen van vuil mogelijk als de coating enige hechting vertoont. Het is onduidelijk wat het effect van de 'hechtingssterke' op de gladheid is.

Op veel materialen liggen nog toepassingsmogelijkheden voor vuilwerende coatings. Bij verdere ontwikkeling en toepassing dient voldoende aandacht te worden geschonken aan aspecten als onderhoud van de coating, glans en slipvastheid.

INHOUD

SAMENVATTING	5
HOOFDSTUK 1 INLEIDING	9
HOOFDSTUK 2 METHODE	11
HOOFDSTUK 3 DE WERKING VAN VUILWERENDE COATINGS	13
HOOFDSTUK 4 HET AANBRENGEN VAN VUILWERENDE COATINGS	17
4.1 Geschikte materialen voor vuilwerende coatings.....	17
4.2 Het aanbrengen van coatings.....	19
4.3 Samenvatting.....	19
HOOFDSTUK 5 TEXTIEL	21
5.1 Kleding.....	21
5.1.1 Levensduur en opnieuw coaten.....	22
5.2 Tapijt en meubelstoffen.....	22
5.3 Discussie en conclusie.....	23
HOOFDSTUK 6 GEVELS	25
6.1 Weren van water: het werkingsprincipe.....	25
6.2 Nadelen en levensduur van hydrofobeermiddelen.....	26
6.3 Discussie en conclusie.....	27
HOOFDSTUK 7 HARDE VLOEROPPERVLAKKEN	29
7.1 Invloed op de reinigingsfrequentie.....	31
7.2 Discussie en conclusie.....	32
HOOFDSTUK 8 CONCLUDERENDE DISCUSSIE	33
8.1 De mogelijkheden.....	33
8.2 De toepassingen.....	34
BIJLAGE I: THEORETISCHE ACHTERGRONDEN VAN HECHTING EN REINIGING ..	35
Hechting van vloeistoffen.....	35
Reiniging met vloeistoffen: volledige bevochtiging.....	37
Dynamische oppervlaktespanning.....	37
Vuilweringsprincipes voor vloeibaar vuil.....	38
Andere hechtingsmechanismen.....	39
Andere reinigingsmechanismen.....	39

BIJLAGE II: HECHTINGSKRACHTEN	41
Hechtingskrachten	41
REFERENTIES	43

HOOFDSTUK 1

INLEIDING

Voorkomen is beter dan genezen. Schoonmaakonderhoud kan efficiënter en effectiever worden door vuilwerende coatings toe te passen. Vuilwerende coatings zijn middelen die worden opgebracht op een substraat om te voorkomen dat vuil hecht en/of het onthechten van gehecht vuil te bevorderen. Bekende toepassingen van vuilwerende coatings zijn:

- soil-release polymeren op textiele substraten zoals kleding en tapijt;
- hydrofobermiddelen en anti-graffiti-coatings voor steenachtige substraten zoals gevels en tegels;
- coatings voor harde vloeroppervlakken, bijvoorbeeld anti-kauwgom-coatings.

De Vereniging Schoonmaak Research (VSR) heeft TNO Reinigingstechnieken (TNO-RT) verzocht om een literatuuroverzicht te maken over vuilwerende coatings, met de nadruk op de volgende vragen:

- Wat zijn vuilwerende coatings; waarvoor worden ze toegepast?
- Hoe hechten vuilwerende coatings aan het substraat en hoe werken ze?
- Als de vuilwerende coating is beschadigd, (hoe) is deze dan te herstellen?
- Hoe snel vervuilen substraten met een vuilwerende coating en wat is de invloed op het reinigingsproces? Hoe lang blijven effecten meetbaar onder invloed van licht, lucht, vervuiling en reiniging?
- Kan of moet het reinigingsproces anders (bv. minder frequent) worden uitgevoerd en levert dat financiële voordelen op?
- Welke overige effecten hebben vuilwerende coatings? Zijn negatieve gevolgen te vermijden of beperken?

Dit rapport geeft een antwoord op deze vragen voor de vier bovengenoemde toepassingsgebieden: kleding, tapijt, vloeren en buitengevels.

In hoofdstuk 2 wordt de onderzoeksmethode toegelicht.

Hoofdstuk 3 beschrijft de werking van vuilwerende coatings in het algemeen. Dit hoofdstuk is nogal theoretisch van aard; men kan volstaan met het lezen van de samenvatting (paragraaf 3.7) en vervolgens de meer praktische hoofdstukken doornemen.

Hoofdstuk 4 beschrijft de problemen bij het aanbrengen van coatings en de hoofdstukken 5 tot en met 7 focussen op de genoemde toepassingsgebieden.

Hoofdstuk 8 geeft een discussie en conclusie.

HOOFDSTUK 2

METHODE

Dit rapport is opgesteld op basis van de beschikbare open literatuur, deels vastgelegd in rapporten van TNO Reinigingstechnieken^{3, 4}. Daarnaast is een aantal deskundigen geraadpleegd omdat bleek dat de beschikbare literatuur voor een deel tamelijk oud was en omdat de specifieke praktische vragen niet uit de literatuur beantwoord konden worden.

De geraadpleegde deskundigen zijn:

- prof. G. Frens (Technische Universiteit Delft, fysische chemie waaronder hechting),
- dr. M. Krupers (TNO Industrie, organische hybride coatings),
- dr. H.-J. Garvens (WFK Krefeld (Dld), schoonmaaktechnologie),
- J. Brinks en V.W.J. Kruys (TNO Industrie, praktijkdeskundigen tapijt)

HOOFDSTUK 3 DE WERKING VAN VUILWERENDE COATINGS

Vuilwerende coatings beperken de hechting van vuil aan het te reinigen oppervlak (het substraat) en/of vereenvoudigen het verbreken van de hechting. In dit hoofdstuk wordt uitgelegd hoe dat werkt. De bijbehorende theorie is in bijlage 1 uitgewerkt.

Hechting is sterker als de hechtingskracht groot is of als het hechtingsoppervlak groot is. Het hechtingsvlak is altijd ruw en daardoor groter dan het zichtbare oppervlak van de vlek. We gebruiken dit effect bijvoorbeeld bij schilderen en bij het plakken van een band, waarbij we eerst het oppervlak opruwen met schuurpapier. Omgekeerd kunnen we de hechting verminderen door het oppervlak minder ruw te maken. Vuilwerende coatings worden als laag opgebracht en werken dan op deze manier.

Belangrijker is dat de vuilwerende coating de hechtingskracht vermindert. Om dat te begrijpen moeten we eerst weten hoe het kan dat vuil hecht. Hoe vuil hecht is al beschreven door Duisterwinkel⁴ en wordt hier kort aangegeven.

Druppels van vloeistoffen worden bij elkaar gehouden door de oppervlaktespanning: de kracht die een stof bij elkaar houdt. Die kracht is een gevolg van het feit dat de moleculen van die vloeistof elkaar aantrekken. Alle moleculen trekken elkaar enigszins aan door de zogeheten 'disperse' krachten. Des te groter het molecuul, des te groter de disperse krachten en dus des te groter de aantrekking. Voorbeelden van stoffen waarbij alleen disperse krachten zorgen voor aantrekking zijn olie, vet, wassen en polymeren, roet.

Sommige moleculen trekken elkaar ook aan door polaire krachten; we noemen dit dan ook polaire moleculen. Voorbeelden daarvan zijn water, zouten, zeer schoon glas en blanke metaaloppervlakken.

Hechting blijkt alles te maken te hebben met *relatieve* aantrekking. Een voorbeeld: stel er ligt een druppel water op een vettige ondergrond. De watermoleculen trekken elkaar sterk aan door disperse en polaire krachten. Die watermoleculen kunnen kiezen tussen twee posities: (1) in de druppel, waarin ze aan alle kanten sterk aangetrokken worden en (2) op het vettige oppervlak, waardoor ze veel minder sterk worden aangetrokken. Watermoleculen kiezen dan uiteraard voor de druppel. Daarom vormt water druppeltjes op vettige oppervlakken.

Een oliedruppel op datzelfde oppervlak zal echter spreiden: de oliemoleculen kunnen kiezen tussen de disperse aantrekking door andere (betrekkelijk kleine) oliemoleculen in de druppel, en de grotere disperse aantrekking door de vettige, grote moleculen in het oppervlak. Oliemoleculen kiezen uiteraard voor het oppervlak en de oliedruppel spreidt.

Op een blankmetaal oppervlak zullen beide druppels spreiden. Metalen zijn opgebouwd uit metaalatomen (atomen zijn weer de bouwstenen van moleculen). Metaalatomen vertonen een zeer sterke interactie met elkaar (vandaar ook dat metalen pas smelten bij zeer

hoge temperatuur, dus als er zeer veel energie ingestoken wordt). Zowel watermoleculen als oliemoleculen voelen zich aangetrokken tot die sterke interactie, en zullen dus spreiden. Het omgekeerde idee kunnen we gebruiken om hechting tegen te gaan. Als we een oppervlak kiezen dat geen polaire en zo laag mogelijke disperse interactie vertoont, dan zullen de meeste stoffen niet hechten. Zulke stoffen bestaan: teflon en andere verbindingen die veel fluor bevatten zijn een voorbeeld; siliconen zijn een andere mogelijkheid. Beiden worden in de praktijk toegepast als (vuilwerende) coating: een dunne laag over een ander materiaal. Toch zijn hiermee helaas niet alle problemen opgelost.

Probleem 1: Slechte reiniging

De hechting van vuil aan vuilwerende coatings is beperkt, maar niet nul. Coatings zijn bovendien altijd vervormbaar, anders zouden ze te snel barsten of breken. Vuil kan dus ook indringen in de coating, zeker als de coating is toegepast op vloeroppervlakken. Op horizontale oppervlakken valt vuil dat weliswaar niet gehecht maar wel storend is. Tenslotte werken ook andere hechtingsmechanismen, met name de 'elektrostatische interactie'. Alle kleine deeltjes hebben een elektrische lading, waardoor ze aantrekken tot alle niet geleidende materialen (isolatoren).

Dergelijk vuil moet worden verwijderd, en vaak ontkomt men er niet aan dit met een waterig systeem te doen. Nu was al duidelijk dat water aan veel oppervlakken slecht hecht en dus het vuil niet opneemt. Dit verbetert men door zeep of 'oppervlakte-actieve stoffen' toe te voegen aan het water. Dat zijn speciale moleculen met een lange vettige staart (die goed hecht aan veel vettige oppervlakken) en een polaire kop (die goed hecht aan water). Deze zeep-moleculen dienen dus als een brug tussen het water en het oppervlak. Als echter het oppervlak nauwelijks enige interactie vertoont met andere stoffen, dan dus ook niet met 'zeepmoleculen'. Vuilwerende coatings zijn ook 'zeep-werende' coatings, en dus slecht reinigbaar.

Een oplossing die men wel kiest voor kleding is het oppervlak zo te behandelen dat het meer polair wordt. Op de aantrekking van vuil heeft dit nauwelijks invloed, maar het water dat wordt gebruikt om het textiel te wassen wordt juist beter aangetrokken. Dit wordt wel soil-release genoemd.

Een andere oplossing maakt gebruik van de mogelijkheid om polymeren (kunststoffen) op te bouwen uit meerdere delen. Zo'n polymeer kan zijn opgebouwd uit vuilafstotende blokken en water aantrekkende blokken. In lucht of onder invloed van vuil steekt het vuilafstotende blok naar buiten. Het polaire, water aantrekkende deel hecht aan het textiel. In water keert het water aantrekkende blok naar buiten en gaat het vuilafstotende deel in het textiel zitten. Zo kan het vuil afgestoten worden terwijl het wel mogelijk is met water te reinigen. Problemen hiermee zijn de kosten voor de coating; het feit dat die ten dele afwast en het feit dat een hittebehandeling (bijvoorbeeld strijken) na het wassen nodig is om de oorspronkelijke positie te herstellen. Dergelijke coating worden wel 'bifunctioneel' of 'dual action soil release finish' genoemd.

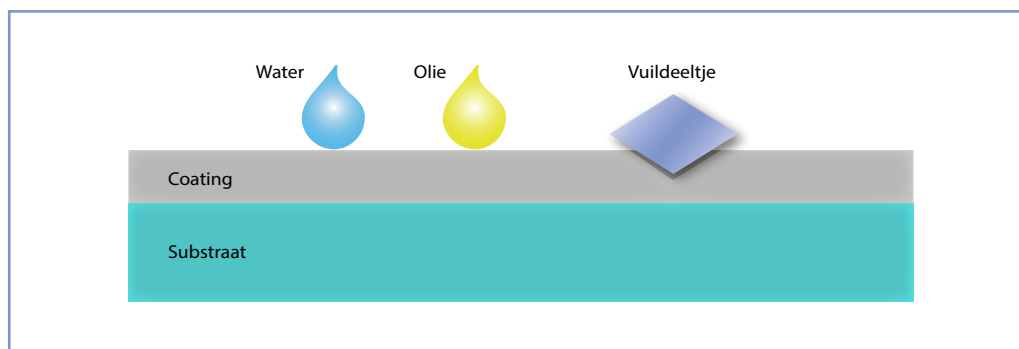
Een methode die in de praktijk nog niet bekend is maar die uit dit onderzoek naar voren kwam is ook gebaseerd op de samenstelling van de coating. Wellicht is het mogelijk om de 'disperse' component van de aantrekking door de coating te reduceren en tegelijkertijd de 'polaire' component te vergroten. Dit werken we uit in hoofdstuk 7.

Probleem 2: Onderhoudbaarheid van het materiaal

Vuil kan indringen in de ondergrond. Slijtage kan optreden op allerlei manieren. Soms is het nodig een ondergrond niet alleen te reinigen maar ook te onderhouden door een nieuwe coating aan te brengen (bijvoorbeeld een vloer in de was zetten, e.d.). Als een materiaal absoluut geen aantrekking kent voor andere materialen, dan is het onmogelijk om dit materiaal te onderhouden.

Bovendien zijn de coatings vaak vervormbaar omdat ze anders snel zouden barsten bij vervorming van de ondergrond of door temperatuurschommelingen. Deeltjesvuil kan indringen in de coating en is daar dan nauwelijks uit te reinigen omdat de reinigingsvloeistof dit niet kan bevochtigen (figuur 1).

Op deze en dergelijke problemen komen we terug in de discussie, hoofdstuk 8.



Figuur 1 Een vast deeltje kan indringen in een zachte coating en hechten aan de kern van de coatingslaag en is daar dan niet of nauwelijks te verwijderen

HOOFDSTUK 4 HET AANBRENGEN VAN VUILWERENDE COATINGS

Om een oppervlak vuilwerende eigenschappen te geven kan men het modificeren of men kan een coating aanbrengen. Modificaties gebruikt men met name om soil-release eigenschappen te verkrijgen. Door het oppervlak te oxideren of hydrolyseren in een bad van loog wordt het meer polair en is het dus makkelijker te reinigen. Voorbeelden zijn katoenen en acrylen vezels ⁶, waarvan door Hodul c.s. is aangetoond dat de reiniging aanmerkelijk verbetert door deze behandeling. Het is waarschijnlijk dat de hechting van (geladen) vuildeeltjes sterker is op dergelijke materialen, met andere woorden dat de textielen sneller vervuilen, hoewel Hodul c.s. het tegenovergestelde beweren. Bijkomende voordelen van de behandeling van het textiel met natronloog zijn de snellere bevochtiging, het gemakkelijker aanverven en een antistatisch effect. Dit laatste wordt veroorzaakt door de betere adsorptie van water, die het oppervlak geleidender maakt. Zo'n behandeling kan dus gunstig zijn voor textiel dat gemakkelijk gewassen kan worden (kleding, reinigingsdoekjes, et cetera). Textiel dat moeilijk wasbaar is, zoals meubelstof en tapijt, behandelt men liever met een vuilafstotende coating.

Zo'n vuilafstotende coating bestaat uit materiaal dat slechts een geringe aantrekking kent tot andere materialen en dat dientengevolge ook slechts in geringe mate hecht aan zichzelf en aan de ondergrond waarop het moet hechten. Het eerste probleem heeft men opgelost door polymere materialen te gebruiken: de lange moleculen hechten vanzelfsprekend relatief beter aan elkaar dan korte moleculen zouden doen. Bovendien kan men die polymeren zo maken dat ze een netwerk vormen door onderlinge chemische verbindingen. Dergelijke chemische verbindingen zijn ook vaak een deel van de oplossing bij het hechten aan het substraat. Niet altijd, echter, zijn die verbindingen stabiel tijdens gebruik en tijdens reiniging. Sommige coatings die aangebracht zijn op polyester textiel lossen gedeeltelijk op tijdens reiniging; de bindingen met het textiel zijn niet bestand tegen de alkalische omstandigheden in de was. De oplossing die men in dergelijke gevallen toepast is het toevoegen van het coatingmateriaal aan het wasmiddel om het weggewassen materiaal te vervangen. Dit is overigens maar een gedeeltelijke oplossing.

4.1 Geschikte materialen voor vuilwerende coatings

Betrekkelijk weinig polymeren (vaak kunststoffen genoemd) zijn geschikt als vuilwerend materiaal en laten zich goed tot een dunne, sterke laag laten verwerken.

Tabel 1 geeft een overzicht van de oppervlaktespanning van enkele materialen. Ter vergelijking zijn ook de waarden voor enkele vloeistoffen gegeven. Uit Tabel 1 blijkt dat twee groepen polymeren in aanmerking komen voor gebruik als vuilwerende coating:

- * gefluoreerde koolwaterstoffen (polymeren met een behoorlijk percentage fluor) en
- * silicium houdende polymeren.

In beide gevallen gaat het om groepen verbindingen. In het geval van de fluorverbindingen kan de structuur van de ruggengraat en zijketens gevarieerd worden. Bovendien kunnen co-polymeren van verschillende aard worden toegepast. Het simpelste voorbeeld is teflon, ofwel poly-tetra-fluor-ethyleen (PTFE): een ruggengraat uitsluitend uit koolstof die volledig is gefluoreerd. PTFE is echter duur, niet of nauwelijks vervormbaar en zeer moeilijk te verwerken. Vandaar dat andere gefluoreerde koolwaterstoffen vaak de voorkeur krijgen in de praktijk ²².

Tegenwoordig maakt men hybride (samengestelde) coatings om het hechtingsprobleem op te lossen voor de fluorhoudende koolwaterstoffen. Deze coatings bestaan voor een groot deel uit gewone polymeren (bijvoorbeeld polyethyleen) die betrekkelijk goed hechten en goedkoop zijn, en voor een beperkt deel uit gefluoreerde koolwaterstoffen. Deze gefluoreerde delen zullen, als het aanbrengen correct gebeurt, spontaan naar het oppervlak migreren en daar hun vuilwerende werking vertonen.

Tabel 1:
Oppervlaktetenspanningen van coatings, substraten en enkele vloeistoffen

materiaal	oppervlakte-spanning (mN/m)	overige eigenschappen
gefluoreerde polymeren	6-30	duur; moeilijk te bewerken; hechting aan substraat slecht; chemisch zeer stabiel, mechanisch minder stabiel door slechte hechting
hybride coatings van epoxyhars en gefluoreerde polymeren	ca. 20	duur, nog in ontwikkeling, hechting kan zeer goed zijn
silanen en siloxanen (anorganische coatings)	20-30	duur; met slimme chemische methoden aan te brengen met goede hechting, soms chemisch niet stabiel
poly-etheen, -propeen e.d.	30-45	tamelijk hoge oppervlaktetenspanning; goedkoop, goede hechting, goed te bewerken, chemisch redelijk stabiel, mechanisch redelijk stabiel
wassen e.d.	30-45	tamelijk hoge oppervlaktetenspanning; goedkoop, goede hechting, goed te bewerken, chemisch redelijk stabiel, mechanisch weinig stabiel
oliën en vetten	25-35	lage oppervlaktetenspanning, goede hechting met veel oppervlakken
water	72	zeer hoge oppervlaktetenspanning, bevochtigt meeste oppervlakken niet
water met oppervlakte-actieve stoffen (bv. zeep)	ca. 20 tot 30	lage oppervlaktetenspanning, bevochtigt meeste oppervlakken wel

Bij de silicium-houdende polymeren is een onderscheid te maken tussen de siloxanen (met een ruggengraat van Si-O-eenheden) en de silanen (met een ruggengraat van Si-atomen). De zijketens van de polymeren kunnen worden gevarieerd en kunnen zodanig worden aangepast dat chemische binding met het substraat mogelijk is. Daardoor ontstaat een laag die zeer goed hecht aan de ondergrond, mits die daarvoor geschikt is.

Alleen steenachtige substraten, glas en metalen zijn daarvoor geschikt. Verder zijn deze verbindingen en de coatings thermisch stabiel bij hoge temperatuur; de 'organische' coatings van gefluoreerde koolwaterstoffen smelten in het algemeen bij zo'n 180°C.

Voor beide groepen verbindingen (die in high-tech toepassingen zelfs gecombineerd worden) zijn dus chemische maatregelen mogelijk om een goede hechting tussen vuilwerende laag en ondergrond te bewerkstelligen. Deze oplossingen gelden meestal echter uitsluitend tijdens de fabricage. Bij de productie van silicium bevattende coatings is een uithardingsstap

nodig waarbij hoge temperatuur (tegen de 400°C), ultraviolet licht of een elektronenstraal noodzakelijk is ²².

Dergelijke oplossingen zijn echter nog veel moeilijker voor de bifunctionele coatings die tot nu toe ontwikkeld zijn. Immers, deze moeten kunnen via het 'flip-flop'-mechanisme kunnen omschakelen van hydrofoob naar hydrofiel tijdens natte reiniging en weer terug tijdens drogen. Moleculaire binding zou dit proces onmogelijk maken. Om toch voldoende hechting te verkrijgen gebruikt men hoog-moleculaire (grote) polymeermoleculen. Daarvoor zijn weer speciale applicatietechnieken noodzakelijk ²².

Goede keuze van materiaal en hechtingsmethode is zeer belangrijk. Zo vergeelden verouderde siliconen-houdende coatings onder de invloed van zonlicht. Daarmee droeg de coating bij aan een zeer hardnekkige vervuiling in plaats van die op te lossen!

4.2 Het aanbrengen van coatings

Duidelijk is dat het aanbrengen van de coating een kritisch proces is waarbij naast kennis en kunde ook bepaalde applicatieapparatuur noodzakelijk is. Een voorbeeld: vuilwerende coatings worden op tapijten aangebracht terwijl het tapijt over een rol wordt geleid. Daardoor staan de vezels opengesperd en kunnen ook diepere lagen goed worden bereikt. Bij eenmaal gelegd tapijt is dat natuurlijk niet mogelijk.

Naderhand aanbrengen van een coating, bijvoorbeeld op een al gelegd tapijt, is bovendien niet mogelijk met lange polymeerketens, maar uitsluitend met betrekkelijk kleine molekulen (immers de polymeer is niet te verwerken). Dat betekent dat zo'n coating uitsluitend fysisch, dus slecht, gehecht is, dus gemakkelijk zal verdwijnen bij een volgende reiniging en wellicht zelfs de neiging zal vertonen te verdampen.

Naast de 'vuilwerendheid' en de 'hechting met de ondergrond' gelden een aantal praktische eisen voor zoals de economische haalbaarheid, geen kleuraantasting van het substraat, mechanische stabiliteit, thermische stabiliteit.

Ook het ontwerp van de ondergrond is echter van groot belang. Zo heeft de kleur van tapijt een grote invloed op de waarneembaarheid van vervuiling; bepaalt de structuur van kleding en tapijt voor een belangrijk deel hoeveel deeltjes-vuil achterblijft en mankeert er vaak veel aan ontwerpen voor machines die gecoat moeten worden: scherpe randen en onbereikbare hoeken vormen daarbij de grootste problemen. Coating en substraat moeten in een goed samenspel op elkaar af worden gestemd. Dit geldt eveneens voor reinigingssysteem (middel, methode, frequentie) en coating. We zullen dit uitwerken voor vier toepassingsgebieden die relevant zijn voor de institutionele reiniging.

4.3 Samenvatting

Een vuilwerende laag kan bestaan uit silicium-houdende polymeren (waarbij de alkylgroepen de vuilwerende laag vormen) en uit gefluoreerde koolwaterstof-polymeren. Hechting van dergelijke polymeren aan het substraat is slecht; speciale maatregelen zijn nodig om een vlakke, dunne, complete film te verkrijgen. Dit betekent dat de vuilwerende coating het best kan worden opgebracht tijdens het fabricageproces en dat reparatie achteraf in het algemeen niet eenvoudig is.

Wasbevorderende coatings kunnen op vergelijkbare wijze worden aangebracht, maar de wasbaarheid kan ook sterk worden bevorderd door oxiderende behandeling van het oppervlak.

Op het gebied van hybride en bi-functionele coatings zijn nog vele ontwikkelingen gaande.

HOOFDSTUK 5

TEXTIEL

Textielfinishes kunnen worden ingedeeld in verschillende groepen ³:

- vuilwerende verbindingen: soil repellent;
- wasbaarheidsbevorderende verbindingen: soil release;
- beide eigenschappen: dual-action.

Welke finish het meest toepasselijk is, hangt af van de toepassing van het textiel. Hier maken we onderscheid in kleding en in inrichtingsstoffen (tapijt, meubelstof, gordijnen).

Kleding (Van Parijs ²⁰; De Vreugd ³; Krupers ²²)

Bij finishes op kleding spelen veel meer eigenschappen een rol dan vuilwering en wasbaarheid. Coatings beïnvloeden ook het kreukherstellend vermogen, 'feel', kleurbaarheid en kleurechtheid, lucht en vochtdoorlatendheid. De toepassing van het textiel bepaalt welke van deze eigenschappen het meest gewicht krijgt en waarop de coating (of: finish) moet worden afgestemd. Het leeuwendeel van kleding bestaat uit katoen en polyester. Om de kreukherstellende eigenschappen (strijkbaarheid) daarvan te bevorderen worden hydrofobe coatings gebruikt die de wasbaarheid nadelig beïnvloeden. Kleding moet gewassen worden omdat het niet alleen vuil opneemt maar ook onaangenaam gaat ruiken tijdens gebruik. Reinigen is het herstellen van de oorspronkelijke gebruikswaarde, dus ook het verwijderen van onaangename geur en soms zelfs het aanbrengen van een gewenste geur. Daarom worden op kleding bij voorkeur geen vuilwerende maar juist wasbaarheidsbevorderende coatings aangebracht.

Veel toegepast is CMC ^{6,20} in combinatie met een hars. CMC (carboxy-methyl-cellulose) wordt ook in wasmiddelen gebruikt. Het adsorbeert op het textiel en maakt dat negatiever. Dat voorkomt terugslaan (redepositie) van de eveneens negatief geladen vuildeeltjes. CMC lost gemakkelijk op in water en moet daarom, tijdens de fabricage van de textiel, op vezel of weefsel, worden aangebracht in combinatie met een hars (bv. polyurethaan). Het CMC raakt in de hars ingebed, lost niet op, en werkt vervolgens ook in 'droge' toestand vuilafstotend, althans ten opzichte van negatief geladen vuildeeltjes.

Andere coatings die worden toegepast zijn poly-acrylaat copolymeren (voornamelijk op katoen) en poly-ethyleen-glycol-derivaten (voornamelijk op polyester). Dit zijn hydrofiele 'soil-release' coatings die goed hechten op de genoemde materialen doordat ze ook lange oleofiele (olieminnende) staarten hebben. Een belangrijk nadeel van deze coatings wordt veroorzaakt door dat oleofiele karakter van de coating. Als het gefinishte textiel gedurende langere tijd heeft blootgestaan aan een olieachtige bevuilding kan deze in de finish diffunderen. Als dat eenmaal gebeurd is, dan is de vlek er niet goed meer uit te wassen ⁷.

Fluorderivaten worden relatief weinig toegepast, vanwege de kosten en het lastige applicatieproces. Als ze worden toegepast gaat het meestal om copolymeren van poly-acrylaat of -urethaan (relatief polair) met gefluoreerde polymeren. Dergelijke polymeren zijn in staat tot het 'flip-flop' mechanisme, zij het dat het strijken noodzakelijk is om de flop-flip te bewerkstelligen. De coating wordt uit een emulsie opgebracht; ook het emulgeermiddel blijft (gedeeltelijk) achter op het oppervlak en reduceert daarmee de werking; emulgeermiddelen zijn bij uitstek middelen die de hechting tussen hydrofobe en hydrofiele stoffen verbeteren! Na het aanbrengen (dat overigens alleen effectief is bij een goede voorbehandeling van de textiel) moet een warmtebehandeling (temperatuur tussen 150 en 170°C) worden gegeven met een zekere tijdsduur. Dit draagt sterk bij aan de kosten van het opbrengen van de coating.

5.1.1 Levensduur en opnieuw coaten

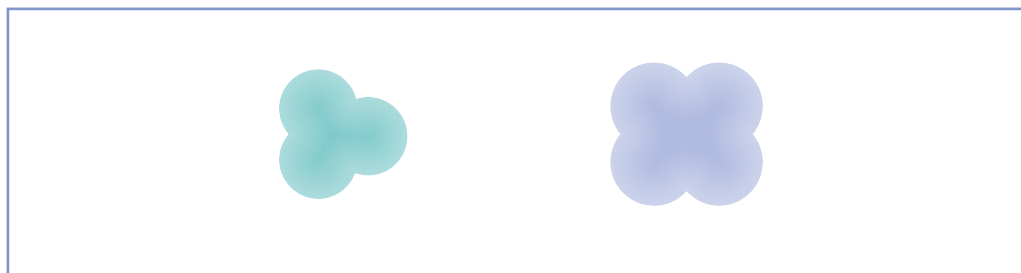
Dual-action coatings worden volgens Van Parijs vooral toegepast op werkkleding die sterk bevuild raakt en vaak gewassen wordt, bijvoorbeeld ziekenhuistextiel, overalls e.d.. Tijdens het was-proces gaat een deel van de coating verloren; na 10 tot 20 wasbeurten is het effect van de dual-action coating grotendeels verdwenen, blijkt in de praktijk.

Weer opbrengen van de laag is niet eenvoudig. Er (hebben) bestaan wasmiddelen waaraan vuilafstotende middelen zijn toegevoegd; in wasmiddelen zit altijd CMC om de redepositie van losgeweekt vuil te beperken. Dit zijn de meest elegante methoden om de coating op peil te houden.

5.2 Tapijt en meubelstoffen (De Vreugd³, Van Parijs²⁰, Kruys²⁴)

De eisen aan tapijt en meubelstoffen zijn geheel anders dan die aan textiel. Tapijt moet sterk zijn en een goede slijtweerstand hebben. Daarom wordt veelal nylon toegepast, zeker in projecttapijt. Tapijt kan veel minder eenvoudig worden gereinigd dan kleding. Daarom is voor tapijt niet de wasbaarheid maar de vuilwerendheid het belangrijkste.

Figuur 2 Trilobes en quadrulobes: veel gebruikte vezelvormen voor tapijt met 'vuilverbergende' eigenschappen



In tapijt en meubelstoffen past men vuilverbergende vezels toe (trilobes en quadrulobes, zie figuur 2). Ook de kleurstelling en het patroon kan bijdragen aan de vuilverbergende eigenschappen van tapijt. Daar bovenop past men veelal coatings toe die bijdragen aan de vuilwerendheid. Dergelijke effecten zijn goed gedocumenteerd in de literatuur^{9, 10}. De invloed van een vuilwerende laag op de snelheid van de bevuilding is groter dan bij vezelmodificatie of constructievarianten. De zichtbare vervuiling van vloerbedekking hangt echter voornamelijk af van de kleur van de vloerbedekking en pas dan van het wel of niet toepassen van een vuilwerende laag¹⁰. De vraag naar tapijtreiniging en vuilwerende tapijten ontstond ook pas toen in de tweede helft van deze eeuw lichtere tapijtkleuren in de mode kwamen²⁴.

Twee soorten coatings worden gebruikt om vuilwering te verkrijgen: gefluoreerde polymeren (vaak 'teflon' genoemd) en stain blockers (of stain masters)²⁰. Dit zijn behandelingen die

de vezel zeer negatief geladen maken en daardoor vuilafstotend voor deeltjesvuil. Dit bevordert vooral het uitzuigen van de deeltjes. Belangrijk nadeel van de coatings is dat ze op de vezel zijn aangebracht; deze coatings zullen slijten onder intensief gebruik. Voor een goede hechting van de coating is een goede voorbehandeling noodzakelijk en eveneens een goede nabehandeling bij verhoogde temperatuur ²⁰.

Beide behandelingen zijn slecht realiseerbaar op gelegd tapijt en op vuil tapijt. Juist door de vuilverbergende eigenschappen van de vezels is het vuil ook moeilijk verwijderbaar. Achtergebleven vuil wordt ingekapseld bij een herbehandeling met vuilwerende coating. Verder is het moeilijk om een gelijkmatige verdeling van de nieuwe vuilwerende coating te krijgen. Deze verdeling is wel van groot belang: een te dunne laag heeft geen effect terwijl een te dikke laag juist een reservoir voor vuil kan worden doordat de laag tamelijk zacht en vervormbaar is: het vuil wordt ingetrapt ²⁰.

Daarbovenop komen nog het feit dat bij herbehandeling lager-moleculaire stoffen worden toegepast die eerder afslijten en het feit dat langdurige hittebehandeling op veel tapijten een sterk negatief effect heeft (polypropyleen!) ²⁴ en het is duidelijk dat het aanbrengen van een vuilwerende coating op gelegd tapijt een secuur werkje is dat bovendien maar een beperkt resultaat heeft. De vuilwerendheid is nooit van de kwaliteit die in de fabriek kan worden gehaald, terwijl de levensduur van de nieuwe coating nog beperkter is ²⁴. Volgens Kruys en Brinks is de levensduur van een vuilwerende coating bij normaal gebruik ongeveer 5 jaar. Er zijn testkits op de markt om na te gaan of het heraanbrengen nodig is. Het is aan te raden:

- dergelijke tests uit te voeren voor het opnieuw coaten van tapijt of meubels,
- die herbehandeling door experts uit te laten voeren na een grondige reiniging,
- de herbehandeling te beperken tot plaatsen waar die echt nodig is, en
- de herbehandeling op die plaatsen te herhalen na iedere 'natte' reinigingsbeurt.

5.3 Discussie en conclusie

De toepassing van vuilwerende coatings op textiel is beperkt (kleding: vooral werkkleding; tapijten: ca. 20-30% van de contractmarkt ²⁰). Bij de toepassing van textiel spelen vele andere eigenschappen (zoals vochtopname) een rol, zodat de dure behandeling met vuilwerende coatings niet altijd gerechtvaardigd is. Daarnaast is door de grote belasting (chemisch bij kleding en mechanisch bij tapijt) de levensduur van de coating beperkt terwijl het heraanbrengen van coating een specialistisch karwei met beperkt resultaat is. Tot slot is het zo dat de behandeling met vuilwerende middelen tot doel heeft de gebruiksduur van een artikel te verlengen. Als vervuiling niet de beperkende factor is bij de gebruiksduur, dan is vuilwering niet aan de orde. Zo kiest men soms tapijt te leggen zonder coating en zonder grondig onderhoud omdat men het toch snel wil vervangen. Aspectverlies (het indrukken van de vezels) is namelijk door vuilwering of onderhoud niet te voorkomen.

Het gebruik van vuilwerende middelen op textiel zal toenemen als de coating goedkoper wordt, minder slijt, gemakkelijker achteraf te herstellen is en het flip-flop-mechanisme geen hoge temperatuur meer vereist om te herstellen na de reiniging. Aan deze zaken wordt o.a. binnen TNO ²² gewerkt.

HOOFDSTUK 6

TEXTIEL

Gevels zijn in het algemeen verticale vlakken die regelmatig blootstaan aan regen en andere weersinvloeden. Veel gevelmaterialen zijn poreus. Van nature zijn de stenige materialen hydrofiel, water aantrekkend. Water wordt door capillaire werking in de steen gezogen. Na drogen zit het vuil dan in de poriën en wordt door de in hoofdstuk 3 beschreven krachten stevig vastgehouden.

De vervuiling bestaat uit de deeltjes die in de omgevingslucht voorkomen, zoals zand en roet, waarbij met name dat laatste, door zijn zwarte kleur, een visuele belasting vormt. Daarnaast kan op vochtige gevels algengroei en mosgroei ontstaan, waarbij de laatste schadelijk is voor het voegmateriaal ten gevolge van de afscheiding van zuren¹⁸. Tot de bevuiling behoren ook afgestorven algen.

Coating van gevels beperkt de vervuiling sterk en helpt zelfs bij de reiniging doordat het nauwelijks gehechte vuil afgevoerd wordt door langs stromend regenwater. Coating van gevels heeft ook als functies: het voorkomen van doorslaan van water; het voorkomen van uitbloeien van de oplosbare zouten uit het gevelmateriaal; het voorkomen van vorst- en waterschade en soms: het gemakkelijk verwijderen van graffiti en andere 'schuttingbevuiling'¹⁸.

Tegelijkertijd is van groot belang dat gevels doorlatend blijven. Door muren van woonhuizen gaat meer vocht van binnen naar buiten dan andersom! Als dit transport verhinderd wordt ontstaan condensatieproblemen met materiaalaantasting en een verslechterd binnenklimaat als uiteindelijk resultaat.

6.1 Weren van water: het werkingsprincipe^{16, 17, 18, 19}

Hydrofoberen is een techniek om steenachtige gevels waterwerend te maken door een stof in vloeibare vorm op een gevel te brengen door vloeï- of sproeimethoden. De werkzame waterwerende stof is opgelost in een transportvloeistof (emulsie). De vloeistof wordt door capillaire krachten van de ondergrond over enige afstand in het stenige materiaal gezogen. Het oplosmiddel verdampt en de werkzame stof slaat in een dunne laag neer op de wanden van de poriën. De stof gaat daarmee al dan niet een verbinding aan met de ondergrond, maar wordt in ieder geval onoplosbaar in water.

Als gevolg van de behandeling verliest de gehydrofobeerde zone de hydrofiele, water aantrekkende eigenschappen die gevelmaterialen kenmerkt. Daardoor verliest het materiaal ook het capillaire gedrag ten opzichte van water. Het opzuigen in capillairen is immers een gevolg van de aantrekking tussen vloeistof en poriewand. De poriën blijven doorlatend voor waterdamp doordat slechts een dunne laag op de poriewanden is aangebracht zonder alle poriën dicht te smeren. In hoeverre die gevel nog damp doorlaat, hangt af van de combinatie van middel en ondergrond. Uit milieu- en gezondheids-overwegingen worden steeds meer watergedragen hydrofobeermiddelen toegepast, die echter meer de neiging hebben de steen af te sluiten¹⁸.

Hydrofobeermiddelen zijn in de regel stoffen op basis van silicium omdat dat goede hechting met de ondergrond mogelijk maakt voor een redelijke prijs. De beste resultaten worden bereikt als stoffen worden gebruikt die in het gevelmateriaal kunnen polymeriseren (een polymeer vormen). Men onderscheidt:

silanen: enkelvoudige moleculen; hebben een goed indringend vermogen maar zijn vluchtig. Silanen worden daarom vaak onverdund toegepast, vooral bij dichte materialen.

siloxanen: bestaan uit al enigszins gepolymeriseerde silaan-moleculen; ze zijn geschikt voor de middelporeuze materialen en kunnen in lagere concentratie worden toegepast met minder verlies.

Siliconenhars, dat al volledig is gepolymeriseerd, en siliconaten, in water opgeloste siliconenpolymeermoleculen, zijn daarentegen maar beperkt bruikbaar als hydrofobeermiddel omdat geen goed hechtende, voldoende diep ingedrongen laag kan worden gevormd. De waterafstotendheid van siliconen wordt verzorgd door alkylgroepen; deze organische groepen vormen de waterafstotende ketens. Via de ruggengraat van silicium of silicium-zuurstof-silicium vormt zich een netwerk van dergelijke moleculen dat hecht aan het oppervlak door verbindingen met het daar aanwezige silicium.

Goede resultaten worden verkregen als het hydrofobeermiddel wordt opgeneveld, met name door airless sprayen. Voor materiaalverlies en omgevingschade moet worden gewaakt. Om een mooie laag te verkrijgen zonder druipeers werkt men daarbij van beneden naar boven. Bij voorkeur wordt zoveel middel opgebracht dat een de ondergrond tot een diepte van ca. 5 mm wordt 'geïmpregneerd'. Sommige materialen laten dit niet toe. Volgens Van der Klugt¹⁸ ligt het middelverbruik tussen 0,25 en 0,5 l/m². Uit een overzicht van producten op de Duitse markt blijkt dat fabrikanten meestal lagere waarden opgeven (orde 0,1 - 0,25 l/m²)¹⁵. In de praktijk hangt de hoeveelheid op te brengen hydrofobeermiddel af van de porositeit en het zuigvermogen van de ondergrond. De te bereiken indringdiepte hangt af van de combinatie ondergrond/type hydrofobeermiddel.

Een gehydrofobeerde muur zal na uren of dagen 'parelen': waterdruppels vormen zich en lopen naar beneden. Dit is een teken dat de gewenste reacties optreden en de laag goed is aangebracht. Het hydrofoberen kan fout lopen, met name bij de watergedragen systemen die meer tijd nodig hebben om 'uit te harden', door verschillende oorzaken. Metingen met het Karsten-buisje kunnen een goede indicatie geven of het hydrofoberen geslaagd is¹⁸. Zekerheid of hydrofoberen voldoende resultaat levert ook bij hoge winddruk kan slechts worden verkregen door het uitboren van cilinders, waarna eenvoudig kan worden geconstateerd of voldoende diepte is bereikt¹⁸.

6.2 Nadelen en levensduur van hydrofobeermiddelen

Een belangrijk risico bij toepassing van hydrofobeermiddelen is zoutkristallisatie en zoutverwering. Onder de hydrofobeerfilm zetten zich zouten af die na verloop van tijd zo'n grote druk geven dat de baksteen gaat schilferen. Dit treedt eerder op in situaties waar veel zout in de baksteen aanwezig is, bijvoorbeeld bij zee of in gebouwen die al lang staan, monumenten. Door de vele problemen met zoutkristallisatie staat hydrofoberen bij de monumentenzorg in een kwaad daglicht. Dit probleem zal bij relatieve nieuwbouw in het binnenland echter niet snel optreden.

In uitzonderingssituaties kan hydrofoberen tot versnelde algengroei leiden, namelijk door condensatievocht dat niet meer door de stenen wordt opgenomen. In het algemeen bestrijdt hydrofoberen echter algengroei. Algengroei keert na hydrofoberen echter vaak al na enkele jaren terug, hoewel de algemene vuilwerendheid van de gevel behouden blijft doordat de coating in de poriën intact blijft. Kennelijk slijt de toplaag weg in enkele jaren, door invloed van UV-licht, water en stof dat door de wind langs de gevel wordt geblazen. Een lichte herimpregnering is voldoende om in lengte van jaren problemen te vermijden.

In het algemeen kan gesteld worden dat een goede coating met hydrofobeermiddelen tenminste 20 jaar intact blijft. Dit is een gevolg van de goede hechting enerzijds, en de geringe mechanische en chemische belasting anderzijds, in vergelijking tot tapijt en kleding. Als een siliconencoating wordt toegepast als 'anti-bekladdingsstelsel' is het mogelijk graffiti met een hogedrukspuit te verwijderen. Hierbij raakt de coating echter zodanig beschadigd dat hij opnieuw moet worden opgebracht^{15, 16}. Als anti-bekladdingsstelsel hebben siliconen daarentegen het voordeel dat ze dampdoorlatend zijn, snel aan te brengen en vrijwel onzichtbaar zijn. Filmvormende lagen zijn zichtbaarder, want dekkend, niet dampdoorlatend, maar kunnen min of meer permanent zijn. Na meerdere reinigingsbeurten en altijd na 3 tot 5 jaar zijn ook deze films zodanig achteruitgegaan dat ze opnieuw moeten worden aangebracht. Hernieuwd aanbrengen levert overigens geen problemen op. Dergelijke films bestaan in het algemeen uit organische laag-oppervlakte-energetische stoffen zoals poly-urethaan, epoxy en acrylaat. Dit verklaart de snellere achteruitgang van filmvormende anti-bekladdingsstelsels levensduur 3-5 jaar) ten opzichte van hydrofobeermiddelen op siliconenbasis (minstens 20 jaar). Organische coatings zijn namelijk veel minder bestand tegen UV-licht en mechanische belasting dan de anorganische siliconencoatings.

De SBR heeft een keuzemodel gepresenteerd dat, hoewel niet meer geheel up to date, een zeer goed overzicht van de mogelijkheden en problemen bij graffiti-bestrijding¹⁶.

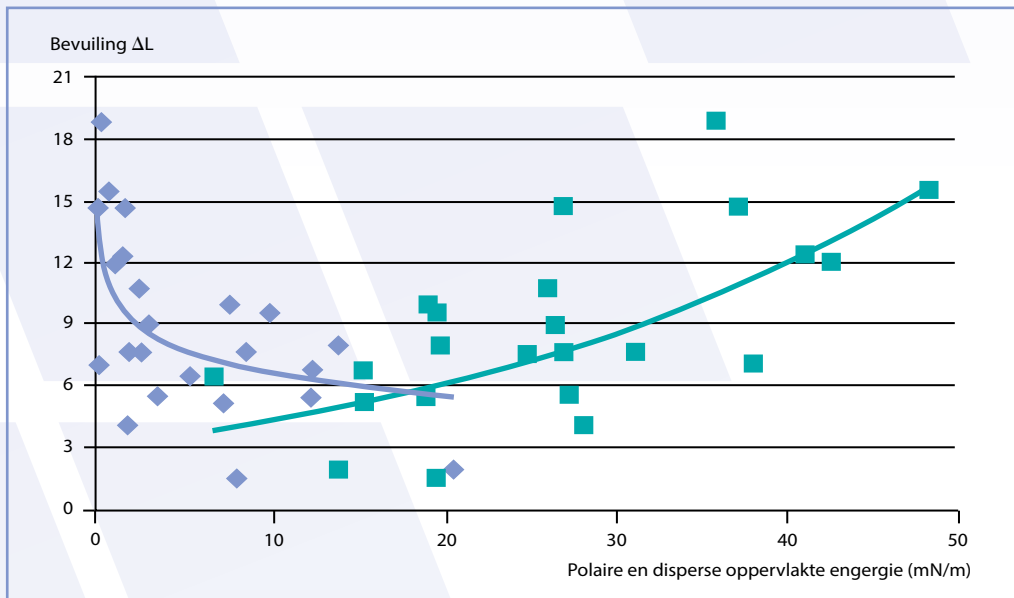
6.3 Discussie en conclusie

Bij bescherming van gevels tegen vervuiling en graffiti is het hydrofoob maken van het oppervlak in het algemeen toereikend. Omdat er tijdens bevuilding geen mechanische belasting optreedt en vuil uitsluitend uit deeltjes bestaat spoelt het in het algemeen makkelijk af onder een regenbui, of eventueel onder de hogedrukspuit. Reinigbaarheid speelt daarom ook geen rol, en gevelbescherming is eenvoudiger te realiseren dan bescherming van andere materialen tegen vuil. Vandaar ook dat vuilwerende coatings al betrekkelijk lang op gevels worden toegepast. Daarbij komt dat gevelreiniging en -renovatie relatief hoge kosten met zich mee brengen.

HOOFDSTUK 7

HARDE VLOEROPPERVLAKKEN

Garvens⁵ heeft de reinigbaarheid van vloermaterialen met verschillende oppervlakte-energieën vastgesteld. De studie beperkte zich tot harde, veerkrachtige vloermaterialen: rubber, linoleum, PVC ('vinyl') en PE/PP (polyethyleen en -propyleen). Garvens geeft aan dat vuil sterker van schoenzolen wordt afgenomen door een vloer waaraan het vuil beter hecht, dus een vloer met hoge oppervlaktetenspanning: zulke vloeren vervuilen dus sneller en zijn vervolgens moeilijker te reinigen. Eenmaal aanwezig vervormbaar vuil kan het contactoppervlak vergroten en zo de hechting van verder vuil versterken⁴. Garvens toont aan dat de keuze van het vloermateriaal en de eventueel daarop toegepaste coating zowel de hechting van vuil als de reinigbaarheid beïnvloedt (Figuur 3). Een standaard hoeveelheid vuil is opgebracht en nagegaan is hoeveel daarvan op het oppervlak is achtergebleven. Des te groter het verschil in helderheid ΔL , des te sterker de bevuilding na die standaardbehandeling met vuil. Voor alle geteste materialen zijn de disperse en polaire componenten van de oppervlakte-energie uitgezet tegen die helderheid (figuur 3); dit levert twee kruisende lijnen: een lagere disperse bijdrage aan de oppervlakte-energie is gunstig om de hechting te beperken; eveneens is een grotere polaire bijdrage gunstig.

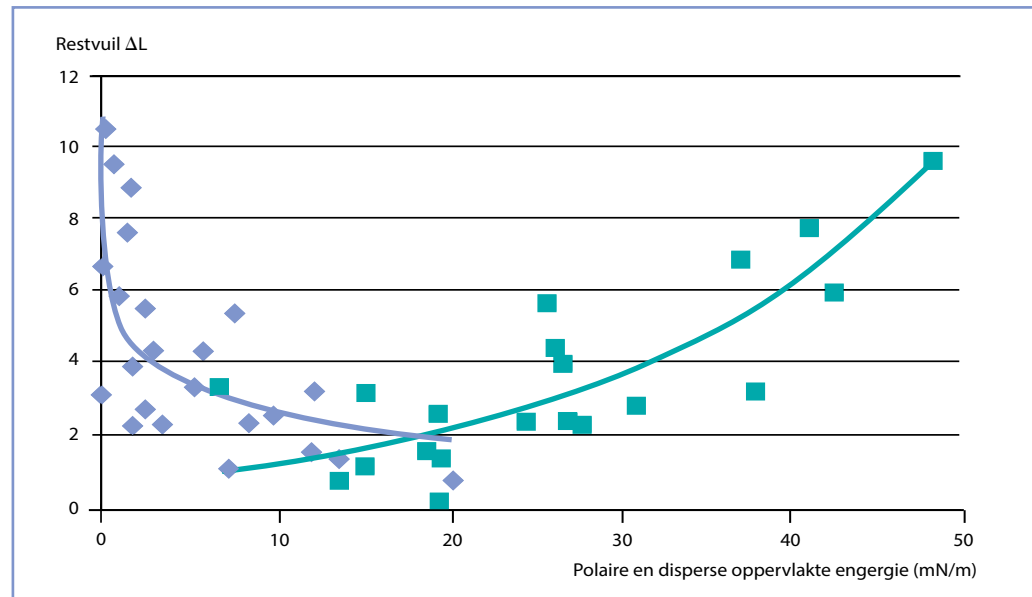


Figuur 3 Bevuilding van veerkrachtige harde vloeroppervlakken als een functie van de bijdrage aan de oppervlakte-energie⁵;

ΔL : het verschil in helderheid door de bevuilding; ■ : disperse bijdrage aan de oppervlakte-energie; ◆ : polaire bijdrage aan de oppervlakte-energie

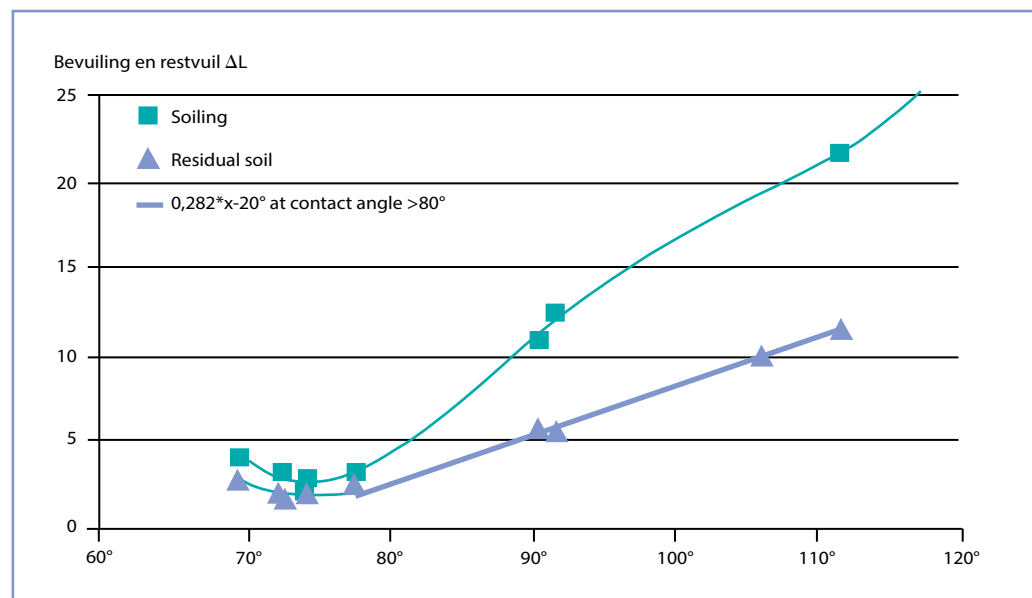
Een vergelijkbaar, nog sterker effect is waar te nemen na reinigen (figuur 4). Dit is eenvoudig te verklaren uit de eerder beschreven theorie: een grotere polaire bijdrage aan de oppervlaktespanning betekent dat water het oppervlak beter bevochtigt en de randhoek tussen vlek en substraat in water groter wordt, dus dat het reinigen beter gaat. Kortom: een zo laag mogelijke oppervlakte-energie is niet gunstig, omdat het reinigingsproces dan negatief wordt beïnvloed.

Figuur 4 Achtergebleven vuil na reiniging van veerkrachtige harde vloer-oppervlakken als een functie van de bijdrage aan de oppervlakte-energie⁵; ΔL : het verschil in helderheid; ■: disperse bijdrage aan de oppervlakte-energie; ◆: polaire bijdrage aan de oppervlakte-energie

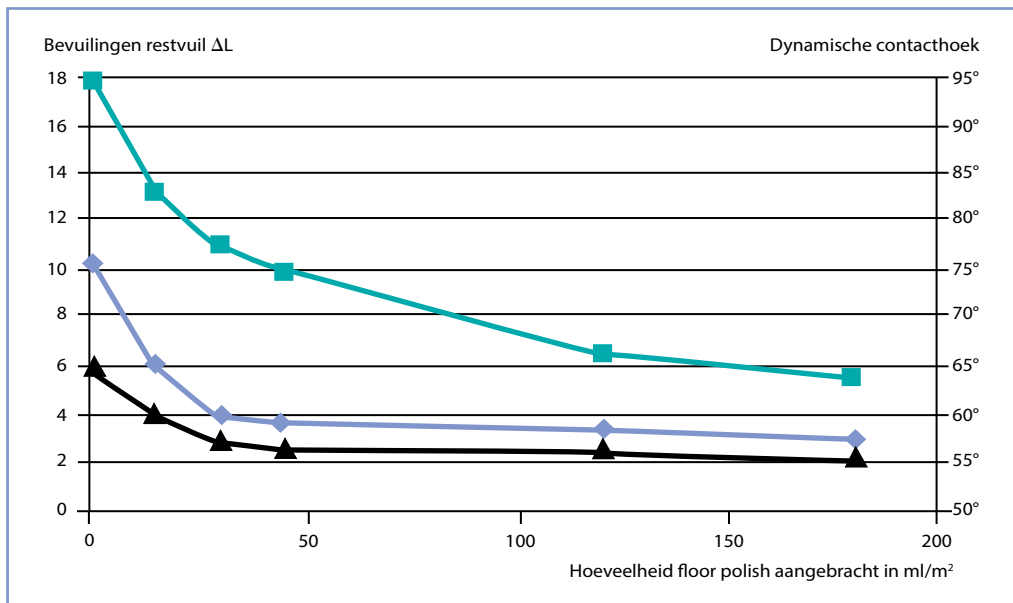


Dit is eenvoudig te zien in figuur 5 waar een minimum aan bevulling en aan restvuil wordt gevonden bij een 'voorwaartse contacthoek' van ongeveer 75°. Uit het artikel is helaas niet duidelijk om welke vloeistof het hier gaat.

Figuur 5 Bevulling en restvuil op vloermaterialen met verschillende coatings als een functie van de voorwaartse contacthoek van een ons onbekende vloeistof⁵; ΔL : het verschil in helderheid; ■: na bevulling; ▲: na reiniging



De invloed van de dikte van een polyacrylaat-coating op de bevulling en reinigbaarheid van een PVC-vloer blijkt uit figuur 6. Na twee behandelingen is een plateau vrijwel bereikt en vermindert de bevulling en hoeveelheid restvuil nauwelijks meer. De verdere daling van de voorwaartse contacthoek heeft geen invloed omdat de reinigbaarheids-eigenschappen voor dergelijke waarden nauwelijks afhangt van de voorwaartse contacthoek (zie figuur 5).



Figuur 6 Bevuiling en restvuil op PVC als functie van het aantal malen opbrengen van een polyacrylaat polish (steeds 1,5 L per 100 m²)⁵; ΔL : het verschil in helderheid; ■ : dynamische contacthoek (rechter y-as); ◆ : na bevuilding; ▲ : na reiniging

Ook uit werk van van Achatz¹ blijkt dat het vloermateriaal en de daarop aangebrachte coating een invloed kunnen hebben op de reinigbaarheid. De onderzochte natte methoden voor vloerreiniging in huishoudens gaven altijd een volledige verwijdering van chocolademelkvlekken, schoensmeer en zand van de onderzochte materialen. De droge machinale methode ('Saugbohner' met borstels of met pads) verwijderde alleen het ingetrapt standaardzand volledig. Van linoleum werden de vlekken slecht verwijderd; toepassen van een 'wis-was' middel gaf een verbetering voor de schoensmeervlek maar had geen invloed op de chocoladevlek. Toepassing van een was-emulsie op PVC had echter geen groot effect; met name de schoensmeer vlek werd in dit onderzoek beter van het onbehandelde PVC dan van het linoleum verwijderd. Op een PP/PE (polypropyleen/polyethyleen vloer) had een zelfglansemulsie (polymeeremulsie) wel een positief effect op de verwijdering van schoensmeer. Toepassing van een was-emulsie op deze vloer leidde echter tot het dramatische resultaat dat de vlek in de film werd ingewreven met de droge reinigingsmethode.

Voor de vette schoensmeervlek geldt de theorie die in hoofdstuk 3 is uiteengezet: het vloermateriaal c.q. de coating kunnen een sterke invloed hebben op de reinigbaarheid. Stilzwijgend is bij die theorie aangenomen dat vuil en coating niet mengbaar zijn; is dat wel het geval (zoals bij schoensmeer op een was-emulsie) dan geeft dat problemen.

Voor de chocolademelkvlek zijn echter nauwelijks effecten waargenomen van vloer of coating. Chocolademelk veroorzaakt complexe vlekken van een mengsel van o.a. eiwitten, vetten, emulgatoren, suikers en sterk gekleurde deeltjes. Wellicht dat het opbreken van de vlekken hier de snelheidsbepalende factor is; men kan zich voorstellen dat de vuilverwijdering dan nauwelijks merkbaar wordt beïnvloed door betrekkelijk geringe veranderingen in de oppervlakte-eigenschappen.

7.1 Invloed op de reinigingsfrequentie

Königs¹¹ heeft onderzocht wat de invloed van het vuilwerend maken van vloeren kan zijn op de toe te passen reinigingsfrequentie. Zij is daarbij uitgegaan van de norm van dagelijkse reiniging met een was- en polymeervrij middel. Intervalreiniging op een ongecoate PVC-vloer levert volgens Königs matige tot onbevredigende resultaten. Worden middelen toegepast die was- of polymeerhoudend zijn dan kan onder normale omstandigheden de frequentie worden teruggebracht tot twee maal per week. Wordt een vuilwerende coating toegepast

dan kan zelfs met wekelijkse reiniging worden volstaan. Het toepassen van was- of polymeerhoudende middelen heeft daarbij geen gunstig effect. Uiteraard moet de reinigingsfrequentie worden verhoogd bij zware belasting¹¹.

Of en hoe deze cijfers exact te vertalen zijn naar de Nederlandse situatie en of deze cijfers ook gelden voor andere vloertypen is niet duidelijk; de trend is echter onmiskenbaar en toont dat de theorie ook in de praktijk werkbare en zinvolle resultaten levert.

7.2 Discussie en conclusie

De besproken resultaten tonen aan dat coatings op vloeren aan te brengen zijn die de vervuiling beperken en de reiniging effectiever maken, zodanig dat de frequentie van reinigen aanmerkelijk naar beneden kan worden gebracht. Uit de praktijk was dat gegeven bekend; op basis van de theorie kunnen we nu dit praktijkgegeven als volgt interpreteren en benutten voor mogelijke verbeteringen.

Uit het werk van Garvens blijkt dat voor de huidige vloersystemen (ondergrond met eventuele coating) er een optimum bestaat in de 'reinigbaarheid' als functie van de oppervlakte-eigenschappen. In de praktijk is het toereikend dat optimum te benaderen (figuur 5). Onduidelijk is echter uit deze resultaten of het minimum voor elk reinigingsmiddel en reinigingsproces op dezelfde plaats ligt. Het optimum als gevonden door Garvens is gerelateerd aan de contacthoek met een bepaalde vloeistof en geldt bij bepaald vuil. Als de oppervlaktespanning van vloeistof anders is, of anders is opgebouwd (bijvoorbeeld een grotere polaire en een zwakkere disperse bijdrage) dan wijzigt het beeld waarschijnlijk. Nauwkeurige interpretatie van de resultaten van Garvens leidt ons inziens tot de conclusie dat een nog beter optimum haalbaar kan zijn door de disperse bijdrage aan de oppervlaktespanning van de vloer te minimaliseren en tegelijkertijd de polaire bijdrage te maximaliseren. Deze conclusies op grond van de resultaten van Garvens wordt gesteund door de theorie (hoofdstuk 3). Helder is dat bepaling van de oppervlakte-eigenschappen van vloermaterialen en de daarop toegepaste coatings (of films, polishes, enzovoort) sterke aanwijzingen kunnen geven voor de reinigbaarheid en daarmee voor de frequentie van schoonmaken die moet worden toegepast om een voldoende reinigingskwaliteit te handhaven. Daarnaast moeten metingen aan de slijtvastheid van de coating worden uitgevoerd om te bepalen hoe lang een coating het uithoudt, c.q., hoeveel dikker de coating moet zijn dan het minimum om gedurende bijvoorbeeld een jaar een voldoende reinigingskwaliteit te kunnen garanderen bij die frequentie.

HOOFDSTUK 8

CONCLUDERENDE DISCUSSIE

8.1 De mogelijkheden

Coatings op gebruiksmaterialen kunnen de gebruiksduur bevorderen door het beperken van de hechting van vuil en door de verbetering van de reinigbaarheid. Welk van beide methoden te prefereren is hangt af van de toepassing; ideaal is uiteraard de combinatie van beiden. Daarvan bestaan enkele voorbeelden:

- dual action coatings, bestaande uit moleculen die onder droge omstandigheden vuilwerend zijn en onder natte omstandigheden hydrofiel waardoor ze de reinigbaarheid vergroten
- een optimalisatie in de bijdrage van de twee componenten aan de oppervlaktespanning die de hechting beheersen, namelijk een minimalisatie van de disperse bijdrage (vuil hecht in het algemeen vanwege die bijdrage) en op maximalisatie van de polaire bijdrage (water hecht door de polaire bijdrage). Zo worden respectievelijk de vuilwering en reinigbaarheid geoptimaliseerd. Dit principe is in de praktijk, voor zover ons bekend, nog onvoldoende uitgewerkt.

Coatingdeskundigen streven vaak naar een zo laag mogelijke oppervlaktespanning om vervuiling te voorkomen. Bij een oppervlaktespanning van nul, hetgeen praktisch haalbaar is door moleculaire spanningen in te bouwen in het oppervlak⁵ kan principieel geen hechting meer optreden. Vuil dat met kracht in de laag wordt geduwd, zoals ingetrapt vuil, zal echter door die moleculaire laag heen steken en dus toch hechten (figuur 1). Hoe gering ook, ingetrapt vuil kan niet worden verwijderd met een nat reinigingsproces.

Verder veronachtzaamt deze benadering het care aspect van vloeronderhoud. Reinigen is het in de oorspronkelijke staat herstellen van een artikel. Voor vloeren zijn naast reinheid ook glans en slipvastheid van belang. Men kan zich afvragen hoe slip-vast een vloer is met een oppervlaktespanning nul; een directe relatie tussen deze twee parameters is de auteur onbekend, maar in het algemeen moet gelden dat minder hechting een gladdere vloer inhoudt. Belangrijker nog is dat krassen die in de coating ontstaan niet kunnen worden hersteld door het aanbrengen van care-componenten (was of polymeer): deze hechten immers niet. Het is daarom de mening van de auteur dat het streven juist moet zijn naar een coating met minimale disperse bijdrage aan de oppervlakte-energie en een merkbare polaire bijdrage daarvan. Hoe groot deze bijdragen kunnen dan wel moeten zijn om een goede reiniging en hechting van care-componenten te bewerkstelligen is nu niet in te schatten. Met het substraat zal bovendien de reinigingsvloeistof moeten veranderen: het is goed mogelijk dat voor optimale reiniging minder of geheel andere oppervlakte-actieve stoffen nodig zijn. Nieuwe care producten moeten ontwikkeld worden die hechten op basis van polaire krachten, in tegenstelling tot de huidige wassen. Kortom: toepassing van nieuwe materialen vereist een geheel nieuw onderhoudssysteem.

8.2 De toepassingen

In dit rapport zijn de toepassing van vuilwerende coatings op textiel (met name kleding en tapijt), gevels en vloeren beschreven. Uiteraard zijn de toepassingsmogelijkheden veel groter. De indruk bestaat dat van die mogelijkheden nog lang niet volledig gebruik wordt gemaakt.

Zo is in de weinige literatuur die gelezen is over de bestrijding van microbiële verontreiniging^{2, 12, 14} wel aandacht besteed aan het ontwerp, materiaalkeuze en de reinigingsprocedure. Ook wordt aangegeven dat de hechting van verschillende organismen aanzienlijk kan verschillen door verschillen in oppervlaktespanning en in polymeren die de bacteriën uitscheiden om aan oppervlakken te kunnen hechten. Dit geldt zowel procesapparatuur apparatuur^{12, 14} als verpakkingsmateriaal². Aan mogelijkheden om de hechting en vorming van bio-films te verminderen met vuilwerende coatings wordt opvallend genoeg geen aandacht besteed. Veel toepassingsgebieden (harde vloeroppervlakken, glas, bureau-inventaris, grootkeuken, sanitair) liggen nog open voor verdere toepassing. Bij de huidige ontwikkelingen lijken de care-aspecten (o.a. glans, slipvastheid) wat onderbelicht te blijven.

BIJLAGE I THEORETISCHE ACHTERGRONDEN VAN HECHTING EN REINIGING

Deze bijlage geeft een theoretische beschrijving van de hechting van vuil. Dit is een verbijzondering van wat beschreven is in het rapport 'Vuil- en vuilverwijdering' van Duisterwinkel⁴ en is sterk gebaseerd op de beschrijving van De Vreugd³.

Hechting van vloeistoffen

De hechting van vloeistoffen aan oppervlakken wordt beschreven met behulp van de oppervlaktespanning, grensvlakspanning en randhoeken. De oppervlaktespanning van een stof is de helft van de hoeveelheid vrije energie die nodig is om nieuw oppervlak te creëren per eenheid nieuw gevormd oppervlak. Een voorbeeld: watermoleculen trekken elkaar sterk aan (door polaire krachten en waterstofbruggen). Het vormen van nieuw oppervlak is daarom moeilijk bij water: water heeft een hoge oppervlaktespanning, ofwel het wateroppervlak is hoogenenergetisch.

Bij andere vloeistoffen trekken de moleculen elkaar vaak alleen aan door disperse krachten, die overigens ook bij watermoleculen optreden. De totale aantrekking tussen de moleculen onderling is daardoor voor dergelijke vloeistoffen geringer dan voor water en de oppervlaktespanning is dus ook lager. Voorbeelden daarvan zijn koolwaterstoffen zoals oliën en oplosmiddelen.

De oppervlaktespanning geldt voor vloeistoffen en vaste stoffen *aan de lucht*, of om precies te zijn: aan vacuüm. Omdat de aantrekking tussen vloeistof (of vaste stof) en de lucht gering is, speelt die geen rol bij de waarde van de oppervlaktespanning. Dit is anders voor de waarde van de *grensvlakspanning*, de helft van de hoeveelheid vrije energie die nodig is om nieuw grensvlak te creëren per eenheid nieuw gevormd *grensvlak*. De grensvlakspanning γ_{AB} wordt bepaald door:

- de mate waarin de beide stoffen A en B elkaar aantrekken, de grensvlakspanning γ_{AB}
- de mate waarin stof A zichzelf aantrekt, dus de oppervlaktespanning van A, γ_A
- de mate waarin stof B zichzelf aantrekt, dus de oppervlaktespanning van B, γ_B

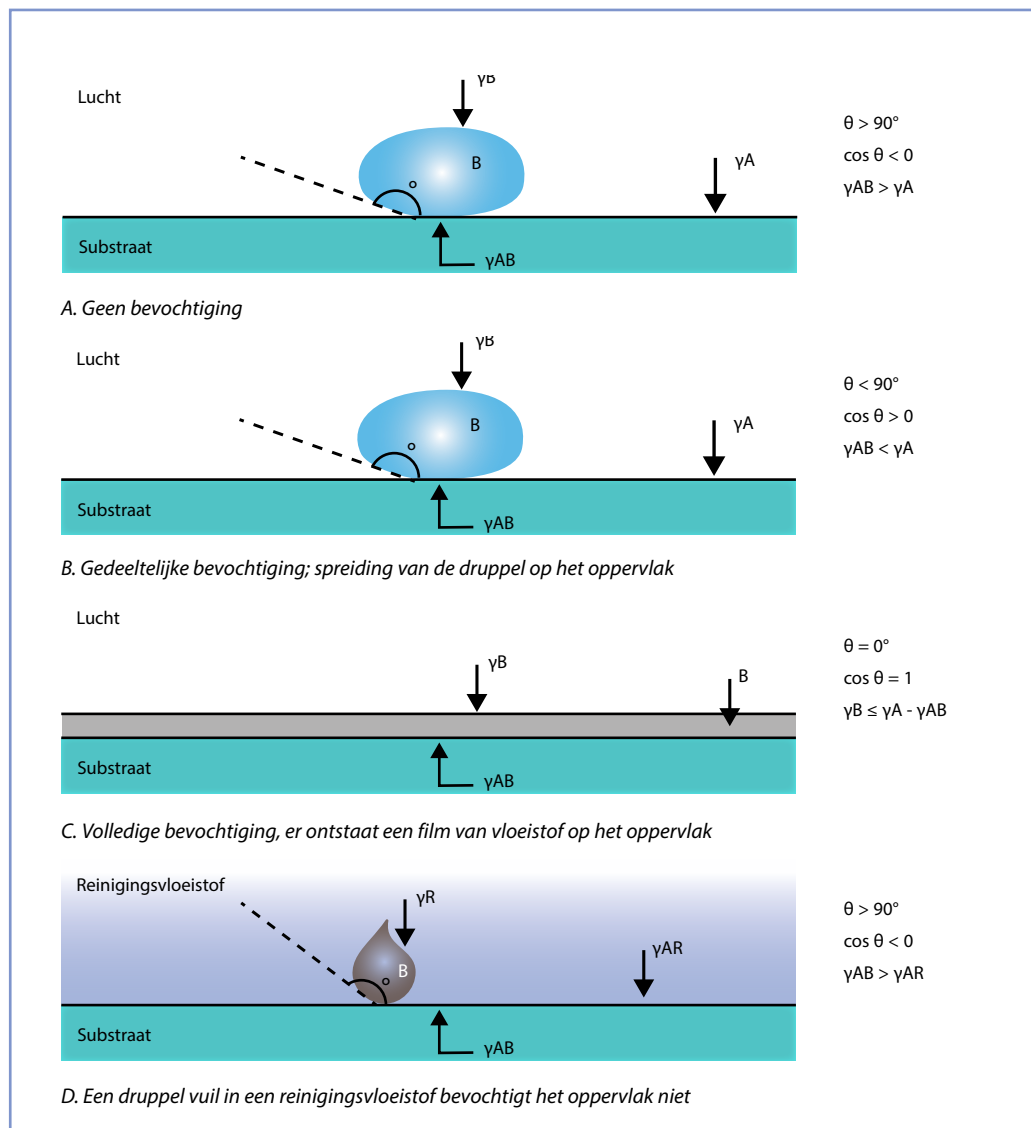
Door Young* is de relatie tussen deze parameters afgeleid. Als A een vaste stof is en B een vloeistof dan geldt

$$\cos \theta = (\gamma_A - \gamma_{AB}) / \gamma_B \quad (1)$$

*Thomas Young stelde de vergelijking op waarbij de verhouding tussen de contacthoek, de kritische oppervlakte-energie (oppervlakte-energie vloeistof minus oppervlakte-energie vaste stof) en de energie van de grensvlakken bepaald wordt.

waarbij θ de randhoek is tussen A en B, dus tussen vaste stof en de daarop liggende vloeistof. In figuur B.1 is een aantal gevallen getekend.

Figuur B.1: Definitie van randhoek, oppervlakte- en grensvlakspanningen van een druppel vloeistof op een vast oppervlak in lucht (A, B, C); in een andere vloeistof (D)



In geval A bevochtigt de vloeistof de vaste stof **niet**. De randhoek θ is groter dan 90° , dus $\cos \theta < 0$. Dit is de situatie waarin $\gamma_{AB} > \gamma^A$ (zie vergelijking 1 op pagina 35): de grensvlakspanning is groot omdat de aantrekkingskracht tussen vloeistof en vaste stof gering is en omdat de aantrekkingskracht binnen de beide stoffen relatief groot is. In het algemeen geldt dat de grensvlakspanning groot is als het verschil in oppervlaktespanning groot is: $\gamma_{AB} \propto (\gamma^A - \gamma^B)$. Moleculair is dat eenvoudig in te zien: als een stof polaire moleculen heeft (dus: een hoge oppervlaktespanning) en de andere stof niet (lage oppervlaktespanning), dan zullen de moleculen in de polaire stof elkaar veel sterker aantrekken dan dat ze de moleculen in de apolaire stof aantrekken: de grensvlakspanning is groot. Als beide stoffen polair zijn, is er een sterke aantrekkingskracht tussen de moleculen van beide stoffen, en is dus de grensvlakspanning relatief gering. Hetzelfde geldt voor twee apolaire stoffen: beide hebben een lage oppervlaktespanning; de grensvlakspanning is dus relatief klein en de hechting goed.

Voorbeeld van het eerste geval is puur water ($\gamma = 72,8 \text{ mN/m}$) dat afzonderlijke druppeltjes vormt op veel kunststoffen. Water bevochtigt zeer schone oppervlakken van metaal, glas en

oxiden. Vaak, echter, zijn dergelijke oppervlakken vervuild, bijvoorbeeld door adsorptie van dampen uit de lucht; dan bevochtigt het water ook deze oppervlakken niet. Door de grote aantrekkingskracht van watermoleculen onderling kan de aantrekking tussen oppervlak en water alleen groter zijn bij sterk polaire oppervlakken, maar een geringe vette vervuiling keert dit effect al om. Dit is een bekend probleem bij o.a. het verlijmen van glas en is ook de reden waarom water in de praktijk druppels vormt op glas. We leren hieruit dat de aantrekkingskrachten waarover we spreken slechts over korte afstand werken. Slechts de oppervlakte-eigenschappen van een vaste stof zijn van belang, vandaar dat een dunne coating grote invloed kan hebben op het vuil-hechtingsgedrag van een vaste stof.

In geval B zien we een vloeistof die de vaste stof gedeeltelijk bevochtigt: de randhoek is nu kleiner dan 90° , $\cos \theta > 0$, $\gamma_{AB} < \gamma_A$: er is aanzienlijke aantrekking tussen de vloeistof en de vaste stof. Voorbeelden zijn olie op veel oppervlakken zoals kunststoffen, gelakte oppervlakken, textiel.

Reiniging met vloeistoffen: volledige bevochtiging

Volledige bevochtiging (figuur B.1.C) treedt op als de randhoek verdwijnt ($\theta = 0$, $\cos \theta = 1$, $\gamma_B \leq \gamma_A - \gamma_{AB}$; dit is de gewenste toestand bij reiniging. Voor een reinigingsvloeistof R in plaats van vloeistof B schrijven we dus als eis: $\gamma_R \leq \gamma_A - \gamma_{AR}$ of ook $\gamma_{AR} \leq \gamma_A - \gamma_R$ waaruit volgt dat voor goede bevochtiging de oppervlaktespanning van de reinigingsvloeistof klein moet zijn, evenals de grensvlakspanning, terwijl het gunstig is als de oppervlaktespanning van de vaste stof groot is. Om de oppervlaktespanning van water te verlagen voegen we oppervlakte-actieve stoffen, zoals zeep, aan water toe: de oppervlakte-actieve stoffen verlagen de hoge oppervlaktespanning van het water.

Bevochtiging is overigens niet voldoende voor een snelle en efficiënte reiniging, het is slechts een noodzakelijke voorwaarde: alleen als een oppervlak en het vuil volledig worden bevochtigd kan reiniging effectief optreden. Figuur B.1.D beschrijft de situatie waarin een vuildruppel aanwezig is op een oppervlak dat bevochtigd wordt door een reinigingsvloeistof. Dezelfde relatie van Young geldt, maar nu voor grensvlakspanningen in plaats van oppervlaktespanningen:

$$\cos \theta = (\gamma_{AR} - \gamma_{AB}) / \gamma_{BR} \quad (2)$$

waarin γ_{AR} en γ_{BR} respectievelijk staan voor de grensvlakspanning tussen vaste stof A en reinigingsvloeistof R en die tussen vloeistof B en reinigingsvloeistof R.

Dynamische oppervlaktespanning

Deze beschrijving van de werking van de oppervlakte-actieve stoffen gaat uit van evenwicht, terwijl tijdens reiniging vrijwel altijd beweging en stroming optreedt. Onderzoekers van TNO-RT hebben voor het wassen van textiel aangetoond dat niet alleen de evenwichts-oppervlaktespanning van een detergent-oplossing van belang is, maar ook en zelfs meer de *dynamische* oppervlaktespanning¹³. Tijdens het wassen wordt voortdurend veel nieuw grensvlak tussen textiel en water gevormd. Het bestaande grensvlak wordt als het ware sterk uitgerekt. Ten gevolge daarvan daalt de concentratie van oppervlakte-actieve stof in dat grensvlak; daardoor stijgt de grensvlakspanning en daalt de was-werking. Dit effect wordt gekwantificeerd met behulp van de 'dynamische oppervlaktespanning'. TNO heeft een project geformuleerd om na te gaan in hoeverre dergelijke effecten ook optreden bij de reiniging van harde oppervlakken¹³.

Vuilweringsprincipes voor vloeibaar vuil

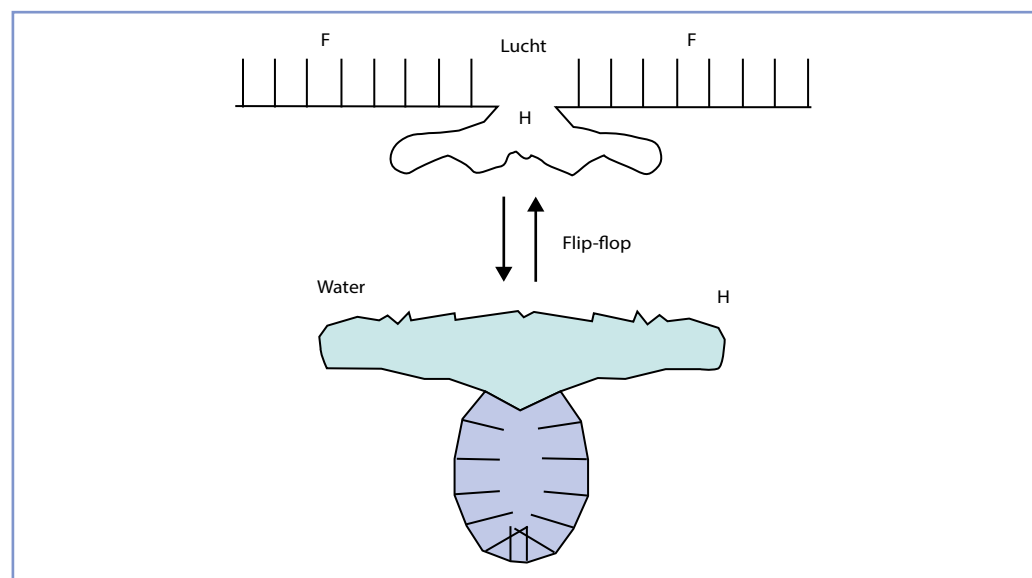
Hoe kunnen we nu dit inzicht gebruiken om materialen makkelijker reinigbaar te maken? Op het eerste gezicht zijn er twee strategieën denkbaar:

- vermindering van de hechting tussen vuil en oppervlak (geval A in figuur B.1); de randhoek moet zo groot mogelijk zijn; $\cos \theta$ zo klein mogelijk, dus γ_A klein en γ_{AB} groot. Dit is dus te realiseren door middel van een laag-energetisch oppervlak (γ_A klein), bij voorkeur zo klein dat er een aanzienlijk verschil bestaat tussen γ_A en γ_B , zodat de grensvlakspanning γ_{AB} groot is. Een coating die dit bewerkstelligt noemen we een vuilafstotende finish, ofwel soil-retarder (vuilvertrager) en soil-repellents (vuilafstoters). Dergelijke coatings zijn hydrofoob (waterafstotend). Voorbeelden zijn fluorkoolwaterstoffen, siliconen, acrylaten en polyetheen. Al deze coatings zijn niet polair en kunnen geen waterstofbruggen vormen. Bovendien zijn de disperse krachten minimaal doordat de polariseerbaarheid van de moleculen gering is.
- verbetering van reiniging door goede bevochtiging van het oppervlak, dus door een hogere oppervlaktespanning (zie paragraaf 3.2). Dit zijn hydrofiële (water aantrekkende) coatings die wel soil-release finishes (vuil verwijderende finishes) worden genoemd. Voorbeelden zijn carboxylaten en poly-etheenoxide.

Deze twee methoden zijn tegengesteld: als we de hechting minimaliseren bemoeilijken we ook de reiniging en andersom. Dit effect kan zeer vervelend zijn: een oliedruppel die een gecoat substraat bevochtigt zal bij reiniging met water druppels spreiden over het oppervlak. Immers, de reinigingsvloeistof (water met oppervlakte-actieve stof) heeft nog altijd een grotere oppervlaktespanning dan de olie; het verschil in oppervlaktespanning met de vaste stof (die een zeer lage oppervlaktespanning kent) is groter voor de reinigingsvloeistof, dus $\gamma_{AR} > \gamma_{AB}$. Als we dit invullen in vergelijking (2) zien we dat $\cos \theta > 0$, dus $\theta < 90^\circ$: er is bevochtiging.

Een oplossing voor dit dilemma is gevonden in de bi-functionele coatings (dual-action soil release finishes). De polymere moleculen in deze coatings bestaan uit blokken die een zeer lage oppervlakte-energie hebben, afgewisseld met polaire, hydrofiële blokken. In lucht of in contact met een niet-polaire stof zoals olie steken de delen met lage oppervlakte-energie naar buiten. In waterige omgeving 'flippen' de moleculen om, en steekt juist het hydrofiële deel naar buiten. Zo wordt hechting zoveel mogelijk voorkomen terwijl reiniging met water goed mogelijk is. Een nadeel van dit zogeheten 'flip-flop'-mechanisme (zie figuur B.2) is dat

Figuur B.2: Het 'flip-flop'-mechanisme waarmee bi-functionele coatings vuilwerend zijn in droge toestand (A) en hydrofiel (waterminnend) in natte toestand (B)



de 'flop-flip'; het weer terugkeren van de vuilafstotende delen naar het oppervlak, niet optimaal verloopt. Drogen alleen is niet voldoende, een hittebehandeling (bijvoorbeeld het heet strijken van textiel) is nodig om de vuilafstoting weer op peil te krijgen ^{3,20}.

Een andere oplossing kan gevonden worden als men zich realiseert dat de aantrekkingskracht voor vettige vervuiling tot een oppervlak wordt gevormd door de disperse krachten. Bij aantrekking van water (als reinigingsvloeistof) spelen die disperse krachten een ondergeschikte rol en zijn juist de polaire krachten van groot belang. Door nu een oppervlak te kiezen dat minimale disperse aantrekking vertoont, maar wel enige polaire aantrekking, kan men de hechting van olie minimaliseren en tegelijkertijd de hechting van water verbeteren. Uit werk van Garvens ⁵ blijkt dit in de praktijk te gelden voor vloermaterialen, zie hoofdstuk 7. Ook theoretisch valt een en ander af te leiden uit de relaties zoals die zijn opgesteld door Van Oss (zie Rekveld 14). Het voert te ver om hier de theorie uitgebreid te behandelen.

Andere hechtingsmechanismen ⁴

Vuil hecht niet alleen door de moleculaire interacties die boven zijn beschreven. Ook de structuur en textuur van het substraat (het vaste oppervlak dat gereinigd wordt) speelt een rol. Vuil kan ingesloten raken in scheuren en poriën in het materiaal en het kan in het materiaal worden gedrukt als dit vervormbaar is (denk aan marmoleum en vinyl-vloeren). Vuil kan bovendien vastzitten tussen vezels in textiele materialen, zoals kleding en tapijt. Op horizontale vlakken houdt de zwaartekracht grotere deeltjes op zijn plek.

Een zeer belangrijk vuilbindend mechanisme, tenslotte, is de elektrostatiche interactie.

Vrijwel alle kleine deeltjes zijn geladen, meestal is de oppervlaktelading negatief. Veel substraatoppervlakken kunnen ook geladen zijn; als de lading tegengesteld is de binding tussen vuil en oppervlak bijzonder sterk. Hiervan wordt gebruik gemaakt bij 'elektreten', positief geladen doekfilters die worden toegepast om ook zeer fijne deeltjes af te vangen. Meestal zijn ook de substraatoppervlakken negatief geladen. Echter, ook als een substraatoppervlak niet geladen maar wel polariseerbaar is vindt aantrekking plaats: het negatief geladen deeltje induceert plaatselijk een positieve lading op het substraat; daardoor trekken deeltje en substraat elkaar aan en hechten. Op deze manier kunnen bijvoorbeeld roetdeeltjes hechten aan verticale gevels. Vuilwerende coatings gaan in principe vrijwel al deze hechtingsmechanismen tegen: de coating sluit immers scheuren en kleine poriën af, en maken het oppervlak minder polariseerbaar. Een coating gaat echter insluiting in weefsel, indrukken en zwaartekracht niet tegen.

Belangrijk is verder dat de coating niet te vervormbaar is (om indrukken van vuil te voorkomen), of juist te bros (omdat dan makkelijk scheuren in de coating ontstaan).

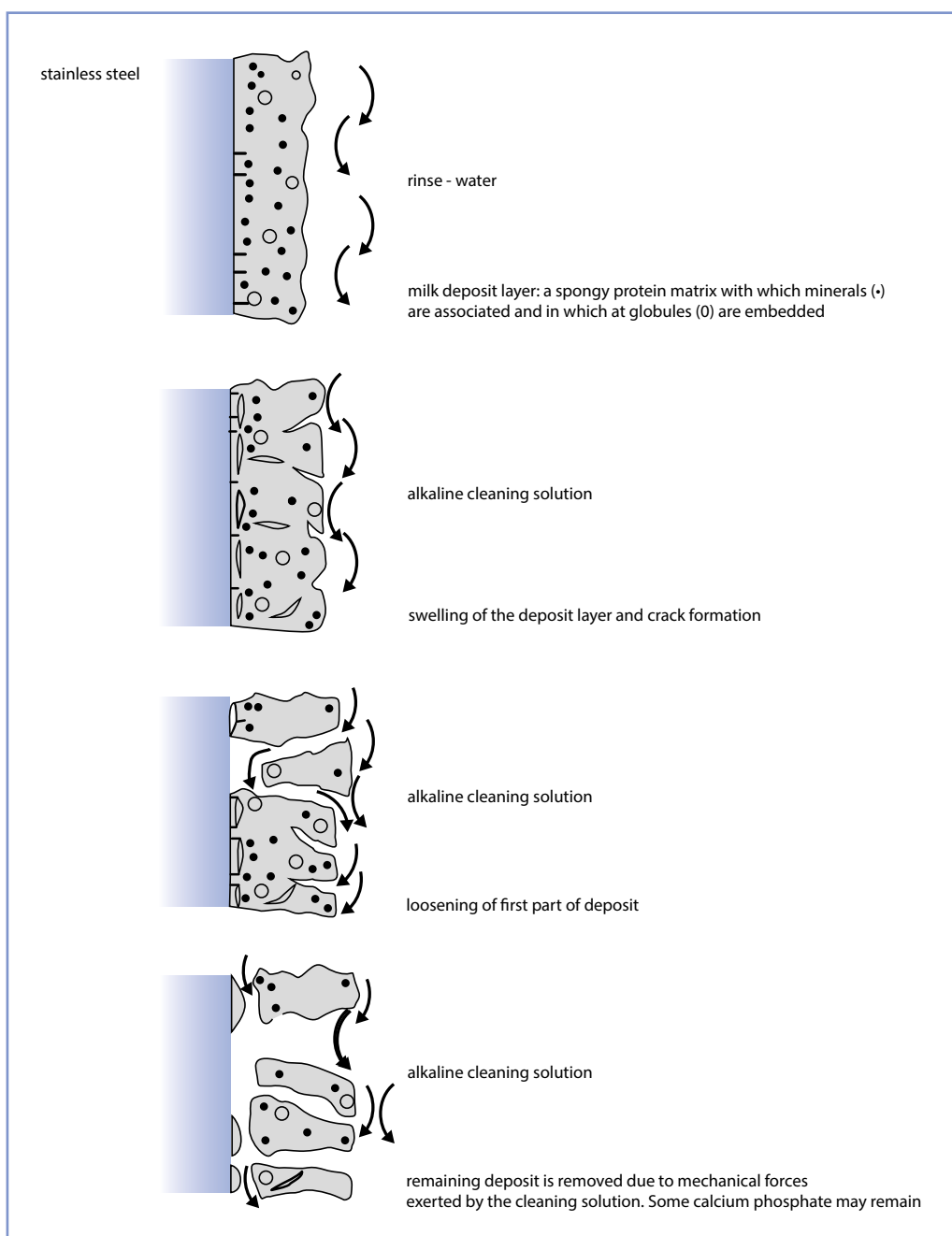
Bovendien moet de coating een minimale dikte hebben (volgens Garvens ⁵ ca. 10 µm) omdat de coating anders te snel slijt.

Andere reinigingsmechanismen

Het boven beschreven reinigingsmechanisme is maar zeer ten dele compleet. Vuilverwijdering treedt ook op door oplossen (bijvoorbeeld suiker en zouten in water), door moleculaire afbraak (bijvoorbeeld de inwerking van loog op vetten of enzymen op eiwitten), door de mechanische energie (deeltjes uit textiel), en zo voort.

Praktijkvuil is vaak een mengsel van vloeistoffen, ingedroogde vloeistoffen en deeltjes (fig. 3).

Figuur B.3: Voorbeeld van een complexe vuil-laag en de verwijdering daarvan in fasen



Het vuilverwijderingsproces van zo'n vuilkoek verloopt vaak in drie stappen ⁴:

- 1 inductiefase: inweken en opbreken van de vuil-laag;
- 2 losmaken van vuil van het substraat;
- 3 afvoeren van het vuil en voorkomen van redepositie.

Een soil release finish werkt vooral in op punten 1 en 3, waardoor het reinigingsproces wordt versneld, doordat de hydrofiele finish diffusie van water in en door de finish stimuleert. Zwellen van de finish zorgt ervoor dat de diffusie van water nog verder verbetert, en helpt bij het opbreken van de vuil-laag, waardoor de vuilverwijdering gestimuleerd wordt.

BIJLAGE II HECHTINGSKRACHTEN

Duisterwinkel ⁴ c.s. onderscheiden de volgende hechtingskrachten:

- *Mechanische bindingen*, ofwel inclusie in het substraat; dit speelt met name in textiele materialen een rol, en in poreuze harde materialen.
- *Elektrostatische krachten*: veelal is het substraat een isolator en kan dus opgeladen worden; vuil van tegengestelde lading zal sterk hechten aan het oppervlak. Behandeling van substraten om elektrostatische oplading te voorkomen of beperken kan dan ook een positieve invloed hebben op de verwijderbaarheid van het vuil.
- *Dynamische of dispersie-krachten*: dezelfde moleculaire krachten die de condensatie van gassen tot vloeistoffen veroorzaken dragen er ook zorg voor dat verschillende materialen elkaar aantrekken. Nu is die aantrekking niet voor alle moleculen gelijk, immers sommige gassen condenseren al op betrekkelijk hoge temperatuur (bijvoorbeeld water), terwijl andere pas bij extreem lage temperatuur condenseren (bijvoorbeeld stikstof). Belangrijke eigenschappen daarbij zijn:
 - de polariseerbaarheid van de moleculen; des te hoger de polariseerbaarheid, des te sterker de interactie (zie bijlage 1 voor nadere uitleg); bij condensatie en dus bij hechting is dit in het algemeen de belangrijkste factor;
 - eventuele dipolen in de moleculen; als deze aanwezig zijn is de interactie sterker;
 - de mogelijkheid om waterstofbruggen te vormen; deze veroorzaken een sterke binding, die bijna chemisch van karakter is.
- *Chemische interactie*. Dit treedt echter zeer zelden op bij vervuiling; hoogstens kan het ontstaan van bijvoorbeeld roest door interactie tussen vuil en substraat hiertoe gerekend kunnen worden. Coatings (verven en lakken) die worden toegepast om metalen tegen corrosie te beschermen zouden met enige goede wil tot de 'vuilwerende coatings' gerekend kunnen worden, maar dat voert erg ver en is gezien het grote verschil in mechanisme met de overige vuilwerende coatings niet een zinvolle benadering.

REFERENTIES

- 1 B. Achatz, G. Cerny, P. Weinberger-Miller, *Reinigung von elastischen Bodenbelägen mit elektrischen Raumpfleegeräten - ein Vergleich*, SÖFWJournal, 123. Jahrgang 14, 1997, 970-976
- 2 F. Devlieghere, A. Huyghebaert, *Removal of microorganisms form polymer bottles by caustic washing*, Lebens.-Wiss. und -Technol. 30, 1997, p 62-69
- 3 C.H. de Vreugd, *Multifunctionele Fluorhoudende Textiel finishes*, Rapportnummer M.379.E, TNO Reinigingstechnieken, Delft, september 1993
- 4 A.E. Duisterwinkel, *Vuil en vuilverwijdering, Rapport SM48* door TNO Reinigingstechnieken voor de VSR, Delft 1997
- 5 H.J. Garvens, *Estimation of cleaning costs of resilient flooring by surface energy measurements*, Proceedings of Cleaning in Tomorrow's World II, Helsinki, Finland, 3-4 Juni 1997, p. 106-113
- 6 P. Hodul, *Influence of surface hydrolysis of acrylic materials on soil release properties*, Slovak Technical University, p.17-22
- 7 Jäger, *Soil-Release Wirkung von Tensiden and Polymeren in modernen Waschmitteln*, BASF Aktiengesellschaft, Marketing Spezialchemikalien I, p.27-38
- 8 D. Jassikova, *Contribution to the Soil Release Mechanism of Hydrolysed Polyester*, Tenside Surf. Det. 29, 1992, p.211-212
- 9 A.Jokelainen, *Wirksamkeit der Reinigung von textilen Bodenbelägen*, Melliand Textilberichte, 1976, p.894-896; *Die Reinigung von textilen Bodenbelägen von Schmutzteilchen mit verschiedenen Staubsaugern*, Fußbodentechnik, 1980, p.19-26
- 10 Klingenberger, H., *Anschmutzungs- and Reinigungsverhalten anti soil-ausgerüsteter Teppichfasern*, Chemiefasern/Textilindustrie, 1983, p.53-58; *Schmutzabweisende Polyamid-Teppichböden Bewährung in der Praxis*, Chemiefasern/ Textilindustrie, 1984, p.198-204
- 11 U. Königs, *Untersuchungen zur Fußbodenintervallreinigung im Objectbereich am Beispiel eines PVC-Belages*, Diplomarbeit, FRT, Mönchengladbach, November 1995
- 12 L. Langeveld en R. Waalewijn, *Microbiologisch-fysische vervuiling bij de wortel aanpakken*, Nizo-nieuws in vmt 11 22 mei 1998, 27-30
- 13 D.J.M. Bergink-Martens, G. Frens, *Dynamic surface tension of a detergent solution in its relation to washing performance*, Tenside Surf Det. 34 (4), 1997, 263-266; D.J.M. Bergink-Martens, A.E. Duisterwinkel, Poster presented at Sepawa
- 14 S. Rekveld, *Ellipsometric studies of protein adsorption onto hard surfaces in a flow cell*, Proefschrift, Enschede, 1997
- 15 Anoniem, *Das richtige Produktsystem entscheidet über den Erfolg*, Rationell Reinigen 5/98, pagina 22-33
- 16 *Technische aspecten van gevelonderhoud*, uitgave van SBR, Rotterdam Gevelgids, deel 1, uitgave van SBR, Rotterdam
- 17 *Cursus Gevelreiniging*, uitgave van de SVS, Rotterdam

- 18 L.J.A.R. van der Klugt, *Reinigen van baksteengevels, Klei/Glas/Keramik*, september 1984; Waterwerend behandelen van metselwerk: voorkomen en genezen, map behorende bij studiedag "Integraal gevelbeheer: methoden en kostenaspecten" , Misset uitgeverij bv i.s.m. SBR, oktober 1996, 23-33
- 19 *Nieuwe ontwikkelingen in conservatie en renovatie*, uitgave van WTA, 1993

Geraadpleegde deskundigen, m.u.v. 21 zonder opgaaf van specifieke publicatie(s):

- 20 Van Parijs
- 21 prof.dr. G. Frens (zie ook 13)
- 22 dr. M. Krupers
- 23 J. Brinks
- 24 V.W.J. Kruys

VSR is het onafhankelijke platform voor professioneel schoonmaken en kennisinstituut voor alle marktpartijen binnen de schoonmaakdienstverlening.

VSR streeft naar professionalisering en objectivering van het schoonmaakvak door middel van onderzoek, voorlichting en opleiding.



Vereniging Schoonmaak Research
Postbus 4076, 5004 JB Tilburg
T 013 - 594 4346 | E info@vsr-schoonmaak.nl