



*Generaties in Nederlandse militaire luchtvaart: een F-16 met een Spitfire op de staart en een Catalina-vliegboot in de lucht. Luchtvaart en oppervlaktetechniek hebben altijd een sterke wisselwerking gehad. Zeppelins werden met aluminiumverf bestreken, straalmotoren hebben thermal barrier coatings, landingsgestellen worden verchroomd of thermisch gespoten, radarabsorberende deklagen worden toegepast, enzovoort.*



# OP & TOP OPPERVLAKTE- TECHNIEK

**Als het goed is, zit je tijdens een cruise niet aan het soortelijk gewicht van staal te denken. Of tijdens een vakantievlucht aan verbindingstechnieken zoals nagels en lijmranden. Je gaat ervan uit dat het wel goed geconstrueerd zal zijn. Constructeurs zijn opgeleid in sterkteberekeningen, en de verbindingstechnieken worden door gekwalificeerde lassers en met beproefde methoden uitgevoerd. Ook oppervlaktebehandelaars hebben met tal van spelregels, kwalificaties en voorschriften te maken. Een vogelvlucht over het eilandenrijk der oppervlaktetechnieken laat zien wat vaak verborgen blijft: het oppervlak en zijn kwaliteiten.**

Veel eigenschappen worden aan het oppervlak bepaald, eigenlijk de meeste, op vorm, sterkte, en soortelijk gewicht na. Hoewel. De sterkte van een matig beschermde constructie neemt in de loop der tijd door materiaaldegradatie af. En ligt dat dan aan degene die de bescherm laag aan moest brengen...? Of aan degene die tijdens het ontwerp de bescherming en de onderhoudsvriendelijkheid niet heeft meegenomen bij de afwegingen? Het gekke is: als je dat wél doet, kom je vaak economisch beter uit dan door erop te beknibben of er zelfs geen notie van te hebben. Het economisch belang van oppervlaktebehandelingen is moeilijk in cijfers uit te drukken, omdat het een deel van een totaalsysteem betreft. Productie van zonnecellen of zonnespiegels gaat met oppervlaktetechniek, dan kun je vrij gemakkelijk de toegevoegde waarde

becijferen. De levensduurverlenging van pijpleidingen en procesinstallaties is meer dan de vervangingswaarde of de vermeden omzetsderving door onverwachte lekkages. In de procesindustrie houdt de materiaalverduurzaming een hele sector in het land, inclusief de productontwikkeling en export die eraan verbonden zijn. De meeste installaties zouden immers elders herbouwd worden als ze het in Nederland niet meer uithouden. En ze hebben hun ooit beoogde levensduur vaak al overschreden...

## **Het geheel der delen**

Het samenbrengen van verschillende materialen tot één geheel kan al lastig genoeg zijn: denk maar aan het lakken van kunststoffen. Een extra handicap is dat pas in de eindfase aan de oppervlakte-techniek gedacht wordt. Dan zijn er al allerlei ►

*Met zonnespiegelcentrales is zeewater te ontzilten en wordt elektriciteit opgewekt. Bij een bijeenkomst over de Nederlandse industriële samenwerkings- en exportmogelijkheden in juni 2013 bleken drie van de vier openstaande vragen van oppervlakte technische aard te zijn. (Foto: Sietse de Haan, Vereniging voor Zonnekrachtcentrales. [www.VZKC.nl](http://www.VZKC.nl))*



► ‘corrosietijdbommen’ ontworpen, zoals we dat op de Hogeschool Utrecht noemen. Constructies die hoe dan ook zullen gaan roesten en lekkages of instortingen gaan opleveren, ongeacht hoeveel blikken verf erop leeggegoten zijn. Overigens is een dikke laag geen betere laag dan een dunnere. En je kunt ook gesmolten metaal spuiten in plaats van verf. Of een elektrisch stroompje gebruiken om roest tegen te gaan.

Daar komt nog bij dat materiaalverduurzaming maar een van de vele redenen voor een oppervlaktebehandeling is. Verfraaiing is de andere bekende, en wellicht minder voor de hand liggend maar even spannend is de functionalisering. En overal gelden weer kwaliteitsbepalingen en meetmethoden voor. Ja, dit wordt een aardige rondvlucht over het eilandrijk genaamd Oppervlakte techniek.

### **Verduurzaming: op en top oppervlakte techniek**

De levensduur van een materiaal wordt mede bepaald door zijn oppervlak. De schepping is zo ontworpen dat alles streeft naar de laagste hoeveelheid vrije energie, ofwel: metalen willen terug naar hun ertstoestand. Daar steken beschermende deklagen een stokje voor, maar voor hoe lang? Het milieu is namelijk op veel plaatsen nogal metaal-onvriendelijk. Hoe lang gaat een beschermlaag nog mee? Een kritiek op corrosiekunde is dat er vaak

wel een verklaring-achteraf gegeven kan worden, maar geen voorspelling-vooraf. Dat is bij beslissingen als “opknappen of vervangen” natuurlijk wel van groot belang! Laat het vakgebied het hier afweten, juist als het nou eens op waarde geschat wordt? Gelukkig zijn er wat aangrijpingspunten ter ondersteuning van industrieel ontwerpers en installatiebeheerders. Voor organische coatings, dus gebaseerd op koolstofverbindingen en algemeen aangeduid als verf, lak of coating, kun je

### **EISEN AAN VERDUURZAMING**

De eisen die aan de technische levensduurverlenging worden gesteld zijn drieledig: materiaaltechnisch, economisch en ecologisch. De bescherming moet op haar taak berekend zijn, plat gezegd ook voor eerlijke mensen betaalbaar zijn, en raar-maar-waar: ook verduurzaming moet duurzaam gebeuren. Dus niet ten koste van toekomstige generaties. Maar installaties bouwen die gaan lekken en ontploffen is geen fijne nalatenschap. Met tal van beproevingen kunnen bovengaande kwaliteiten bepaald worden. Het overzichtsartikel “Instinct voor instinkers” in deze Oppervlaktewijzer geeft er een beeld van.

## EISEN AAN VERFRAAIING

De eisen die aan de verfraaiing worden gesteld zijn driedelig: technisch (dus geleverd volgens specificatie), economisch en esthetisch. Dat laatste punt kan lastig uitpakken: er kan in een richtlijn staan dat vanaf vijf meter geen storende effecten zichtbaar zijn met het blote oog (eventueel bril of contactlenzen, bedoeld is dat geen vergrootglas en dergelijke gebruikt worden). Maar wat is storend? Met tal van beproevingen kunnen bovenstaande kwaliteiten bepaald worden. Het overzichtsartikel "Instinct voor instinkers" in deze Oppervlaktewijzer geeft er een beeld van.

denken aan de hechtsterkte en flexibiliteit. Als die nog goed zijn, ziet het er voor de toekomst beter uit dan wanneer de coating al losgedrukt begint te worden of niet meer mee wil geven met bijvoorbeeld uitzetting en krimp van het onderliggende staal. Een organische coating heeft zelden een volledige barrièrewerking voor damp. Interessante ontwikkelingen zijn zelfherstellende coatings, zeker als het degradatiemechanisme zelf het herstelproces in gang zet. Basisprincipe is dat er een soort "lijmbolletjes" van reparatievloeistof in de coating verwerkt zijn die als katalysator werken bij een niet al te brede inkrassing. Tal van varianten zijn ontwikkeld, waarbij in gedachten gehouden moet worden dat de coating in eerste instantie minder goede eigenschappen kan hebben doordat deze eigenschap nu eenmaal ook ruimte inneemt. Nederland is al enkele jaren koploper op dit fascinerende vakgebied, met het grootste samenhangend-onderzoeksprogramma, namelijk het Innovatiegerichte Onderzoeksprogramma Self Healing Materials. Het jaarlijkse najaarscongres werd door de jaren heen in Gouda gehouden, in 2013 was er een groot meerdaags congres te Gent. Overigens is 'zelfherstellend' een bekende eigenschap in de oppervlaktetechniek: de om arbo-redenen teruggedrongen chromaatconversielagen zijn zelfherstellend, en een gemetalliseerde sluisdeur die een aanvaring heeft gehad, herstelt van nature zijn

aluminiumoxidehuid weer, zoals roestvast staal dat met zijn chroomoxidehuid doet. Althans, als voldoende chroom voorhanden is, vandaar dat lassen dus nabehandeld worden met een chemische beits. Ook voor doorgaans niet te coaten metalen geldt dus vaak: Op & top oppervlaktetechniek!

## Verfraaiing: op en top oppervlaktetechniek

Het uiterlijk van een object wordt mede bepaald door zijn oppervlak. De schepping is zo ontworpen dat wij oog hebben voor schoonheid. En smaken verschillen. Maar kleur is selectieve reflectie van licht, dus het mengsel aan golf lengtes dat op een oppervlak valt, zoals daglicht, TL-licht, of LED-licht, bepaalt mede welk mengsel er weer terugkomt, bijvoorbeeld geel of rood. Als de ene spuitrij de stijlen en lijsten gespoten heeft en de andere het plaatwerk, en het is bij montage bijna identiek, dan vloeken de kleuren juist enorm. Als beide binnen de voorgeschreven bandbreedte zijn gebleven maar in verschillende richtingen, wie heeft het dan niet goed gedaan? En over de kosten gesproken: als dus de ene spuitrij de hoeklijntjes en de andere het plaatwerk mocht doen, omdat dat prijstechnisch het beste uitkwam, wie draait dan op voor de afkeur en de herstellkosten? Valt er wel wat af te keuren? ▶

*Materiaaloppervlakken worden met illustraties gecategoriseerd in normdocumentatie.*



*De instandhouding van technische systemen vertegenwoordigt een enorme economische waarde. Lekkages en onverwachte uitval ten gevolge van materiaaldegradatie moeten te allen tijde voorkomen worden.*



► Kleuren zijn uit te drukken in cijfers, door ze in een 'kleurenruimte' voor te stellen: een assenstelsel met kleurrichtingen en helderheid. Op objecten zijn kleuren vast te stellen met kleurmeters. Gelijk hebben is nog geen gelijk krijgen, en uiteindelijk gaat het om de kleurbeleving en niet om de getalsmatige uitdrukking van de kleur... maar er is dus meer over te zeggen dan "de kleur staat me niet aan". En de kleurbeleving wordt mede beïnvloed door de glans... en die wordt mede beïnvloed door de oppervlakruwheid... en die kan weer het gevolg zijn van het uitgangsmateriaal en/of de mechanische voorbewerking. Hoe dan ook: de omgeving zou er een stuk saaier en rommeliger uitzien als er

geen kleuren aangebracht zouden worden. Waarbij we meteen weer bij een oppervlaktetechnisch vraagstuk belanden: hoe krijg je een kunststof en een metaal in dezelfde kleur, met blijvend gelijke kleurkracht, ook na vele jaren blootstelling aan zonlicht?

### **Functionalisering: op en top oppervlaktetechniek**

De functie van een materiaal wordt mede bepaald door zijn oppervlak. De schepping is zo ontworpen dat materiaal en omgeving op elkaar in kunnen werken. Een kameleon kan zijn omgevingskleur aannemen, een temperaturomslagverf kan ►

# VOORSPELLEN VAN CORROSIE

Diverse cabaretiers hebben er al op gewezen: voorspellen is moeilijk, zeker als het de toekomst betreft. Aan corrosietesten zijn moeilijk levensduurverwachtingen te koppelen, omdat versnelde testen het corrosiemechanisme beïnvloeden en dus niet de natuurlijke omstandigheden exact nabootsen. Het verhogen van temperatuur, vochtigheid en zoutbelasting zijn manieren om te zien of een coating het uithoudt, maar deze methoden lenen zich er meer voor om coatingsystemen te vergelijken dan om er een levensduurvoorspelling van een afzonderlijk systeem op te baseren. Een goede poging werd ruim tien jaar geleden door TNO gepresenteerd op de vakbeurs European Subcontracting and Engineering Fair te Utrecht: door het verhogen van de luchtdruk is een versnelde corrosie te verkrijgen zonder onrealistisch veel vocht en zout te gebruiken. Ook hier worden echter de natuurlijke omstandigheden aangepast, want de zuurstofinwerking van lucht bij natuurlijke druk is natuurlijk anders.

## Barrièrewerking metallische deklagen

Bij de Vereniging Thermisch Spuiten (VTS; [www.thermisch-spuiten.nl](http://www.thermisch-spuiten.nl)) werd in juni 2013 een presentatie gehouden door corrosiespecialist ir. Guus Coolegem van C-Cube ([www.C-Cube-International.com](http://www.C-Cube-International.com)), die zich aan levensduurvoorspellingen waagt met de EPQ-test. Het thema is volop actueel bij bijvoorbeeld cilinderstangen van boorinrichtingen en waterkeringen. Proefstukken geven vaak in een paar uur al een idee van de te verwachten corrosie over zes jaar. In samenwerking met Rijkswaterstaat heeft Coolegem de basis gelegd voor de huidige NBD 10300 (2010) Eisen Technische Deklagen, die met elektrochemische metingen vaststelt hoe lang een deklaag ondoordringbaar blijft voor water. Sommige deklagen oxideren zichzelf verder dicht, andere zijn permeabel (door vloeistof doordringbaar) en worden juist ondermijnd of losgedrukt door corrosieproducten aan het substraatoppervlak. Het leverde een tabel op met welke metallische of keramische deklagen in welke toepassingen hoe lang standhouden, voor toepassingen zoals



*Vakverenigingen combineren hun ledendagen vaak met technische lezingen ter verdere versterking van de eigen klantgerichtheid. Opdrachtgevers vallen vaak terug op de uitvoerende oppervlaktebehandelaar om tot een goed eindresultaat te komen.*

bijvoorbeeld cilinderstangen. Het gaf een vrij goed beeld van wat welke standtijd heeft en welke effecten een rol kunnen spelen. Er leeft ook een idee een norm neer te zetten, als uitbreiding van de NBD 10300 van Rijkswaterstaat, die dan elke vijf jaar vernieuwd zou kunnen worden. Benadrukt moet worden dat je niet zomaar een corrosiesnelheid met bijvoorbeeld exact een factor tien kunt versnellen. De gebruikscondities zijn doorgaans grillig en moeten in een dergelijke extrapolatie worden meegerekend – denk aan wisselbelastingen van het technisch systeem door bijvoorbeeld golfslag en tijtjever verschillen. Dit wordt gedaan door ervaringen met standtijden in bekende omstandigheden, zoals de stormvloedkeringen of baggerschepen. Voor een goede beoordeling wordt eerst de Endurance Test van 1.000 uur op een proefstuk uitgevoerd, gevolgd door de Electrochemical Product Qualification op de werkstukken. De EPQ-test is niet-destructief voor lagen die aan de eisen voldoen, en wordt in 24 uur op locatie uitgevoerd. Hierin wordt de permeabiliteit voor water gemeten (ECP-test) en wordt de activiteit van de coating gemeten.

► waarschuwen voor een scheurtje in de leiding doordat hete vloeistof iets dichters aan het oppervlak komt. Zo is er ook een camouflage lak die waarschuwt voor een aanval met biologische of chemische wapens. Vele functionele coatings worden afgekeken van de natuur, bijvoorbeeld coatings met een dubbele oppervlaktestructuur om waterdruppels als ronde bolletjes te laten afrollen met meeneming van vuil: het zelfreinigende lotus-effect. En zeeschepen kunnen tegenwoordig voorzien worden van een haaienhuidcoating, die brandstof bespaart en bio-invasie van gebiedvreemde soorten tegengaat doordat het aangroei voorkomt. Een fraai voorbeeld van functioneel oppervlak dat tegelijk optische eigenschappen en een hoge technische duurzaamheid moet hebben, vinden we bij zonnespiegelcentrales. De spiegels moeten natuurlijk een hoge reflectie geven en niet dof worden door krasjes, terwijl de receiverbuis waar de vloeistof doorheen loopt om de geconcentreerde zonnewarmte af te voeren naar de stoomturbine juist een donkere coating op zijn centrale as heeft voor maximaal rendement.

### **Kwalificaties voor verduurzaming, verfraaiing en functionalisering**

Wie mogen deze technieken nu voorschrijven, toepassen en keuren? Opmerkelijk genoeg mag iedereen ze voorschrijven die niet eens weet dat ze bestaan. Dan krijg je dus bestekken die variëren

#### **EISEN AAN FUNCTIETOEVOEING**

De eisen die aan de functietoevoeging worden gesteld zijn driedig: functietechnisch, economisch en wederom ecologisch. Vroeger werden antifouling met tributyltin onder schepen gebruikt. Werkte uitstekend, een beetje té goed zelfs. Het functiebehoud is ook een thema: een zonnespiegel die dof wordt door krasjes zal minder energierendement opleveren.

Met tal van beproevingen kunnen bovengaande kwaliteiten bepaald worden. Het overzichtsartikel "Instinct voor instinkers" in deze Oppervlaktewijzer geeft er een beeld van.



*Bij een seminar van de Nederlandse Kleurenschool ([www.Kleurenschool.nl](http://www.Kleurenschool.nl)) werd een speelse toepassing van een kleuromslagverf gedemonstreerd.*

van "conform vorige levering" en "alleen moffelen" (dan is er dus geen coating aangebracht en wordt alleen het metaal verwarmd en weer afgekoeld) tot "eerst stralen tot ruwheid SA 2,5" (maar SA is een reinheidsschaal, overigens een oude maar alom gangbare benaming).

Goed gekwalificeerd werk wordt gedaan door gekwalificeerde vakkrachten. Dit geldt voor ontwerpers, makers, verduurzamers, inspecteurs, opdrachtgevers, kortom, voor de hele materiaal-technische waardeketen. Gelukkig wordt de vak-kennis door enkele organisaties bijgehouden en ter beschikking gesteld, in de vorm van seminars, colleges, optimalisatieworkshops, inspectierapporten enzovoort. Recente ontwikkelingen op dit vlak zijn de oprichting van het platform Materialenkunde door de Nederlandse Vereniging voor Doelmatig Onderhoud NVDO, de samenwerking van kennis-overdrachtbureau Coating Kennis Transfer met het Instituut voor Oppervlaktetechniek te Culemborg, en de pilot voor online colleges bij de Hogeschool Utrecht, die voor het vakgebied Corrosie uitgevoerd zal worden. ◀

*drs. ing. E.J.D. Uittenbroek, Coating Kennis Transfer*