

# Coaten van producten uit dunne plaat

Deze publicatie is gemaakt om een overzicht te geven van de mogelijkheden van het toepassen van coatings op dunne metaalplaat. Naast deze publicatie verschijnen in het kader van het project "Nieuwe coatingtechnieken voor het MKB" nog vier andere publicaties die gezamenlijk een, zij het niet volledig, beeld geven van coatingtechnologie in het algemeen en de vele aspecten die daarmee samenhangen.

De andere vier publicaties (te downloaden via <http://www.coating-online.nl>) zijn:  
TI.05.23 "Dunne deklagen",  
TI.05.24 "Dikke deklagen",  
TI.05.25 "Thermisch gespoten aluminiumlagen" en  
TI.05.27 "Kwaliteitsborging van (harde) deklagen".

## Inhoud

1	Inleiding	1
2	Eigenschappen van deklagen toegepast op dunne plaat	2
3	Voorbehandelingen	6
4	Methoden voor het aanbrengen	7
5	Constructieve aspecten	9
6	Onderhoudsaspecten, herstel van deklagen	11
7	Raamwerk voor keuzes bij organische deklagen: milieu, techniek en economie	13
8	Uitgewerkte voorbeelden	13
9	Referenties met internetsites	16
Bijlage A	Normen voor oppervlaktebehandelingen	18
Bijlage B	Verklarende woordenlijst	21

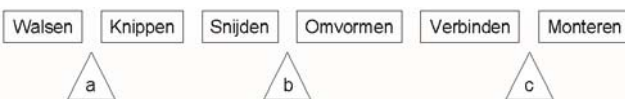
## 1 Inleiding

Een toenemend aantal metalen producten worden uit plaatmateriaal gemaakt: buiten- en binnendelen van auto's, kantoormeubilair, witgoed, machineonderdelen en behuizingen van computers en kopieerapparaten. Als de metaalplaat een dikte heeft tussen de 0,3 tot 3 à 4 mm spreken we van dunne plaat.

Producten en ook producten uit dunne plaat worden van een coating of deklaag voorzien om door middel van deze laag bepaalde eigenschappen van het product aan te passen.

1. Het product wordt beschermd tegen corrosie, tegen beschadiging en tegen weersinvloeden.
2. Het uiterlijk van het product wordt veranderd door de kleur en/of de glans te veranderen met het doel om het visueel te verfraaien of om het product te camoufleren. Ook het aanvoelen van het product kan worden aangepast door structuur- of "soft touch"-lakken.
3. Het product krijgt een herkenningscode voor het aangeven van gevaar en veiligheid of een code zoals bij leidingen en gasflessen.
4. Het product krijgt een laag met een speciale functie zoals geleidbaarheid, isolatie, antislip, smering, anti-alg, reinigbaarheid, enz.

De fabricage van producten uit dunne plaat bestaat veelal uit de onderstaande stappen (figuur 1). Het aanbrengen van de coating of deklaag kan op meerdere momenten in het fabricageproces plaatsvinden. In verreweg de meeste gevallen wordt de deklaag op een compleet halffabrikaat aangebracht. Maar er zijn nog andere mogelijkheden zoals figuur 1 laat zien.



figuur 1 Mogelijke momenten waarop een deklaag kan worden aangebracht in het productieproces

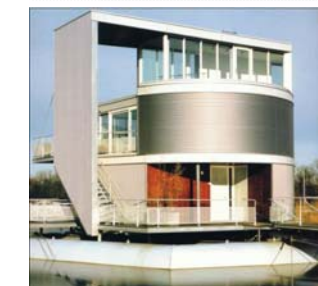
- a. Gecoate of beklede plaat. Voornamelijk staal en aluminium. Na het koudwalsen wordt staal van een

corrosiewerende metallische deklaag en/of een organische deklaag voorzien. Aluminiumplaat is van zichzelf corrosiewerend, een extra metallische laag is daarom overbodig.

- b. De organische deklaag wordt na het snijden aangebracht waardoor ook de snijkanten van de "uitslagen" worden bedekt.
  - c. Het product of halffabrikaat heeft alle benodigde bewerkingen ondergaan en wordt met behulp van één van de in hoofdstuk 3 beschreven methoden van één of meerdere deklagen voorzien.
- a+c. De band wordt van een metallische deklaag en/of van een (puntlasbare) primer voorzien. Na het verbinden worden de producten van een organische deklaag voorzien.

In hoofdstuk 6 worden deze methoden met elkaar vergeleken.

Figuur 2 laat enige voorbeelden zien van gecoate plaatproducten.



figuur 2 Diverse producten van gecoate plaatmateriaal

## 2 Eigenschappen van deklagen toegepast op dunne plaat

Bij oppervlaktebehandelingen (voor dunne plaatmaterialen) maken we onderscheid tussen:

- Organische deklagen;
- Anorganische deklagen;
- Combinaties van verschillende deklagen.

### 2.1 Organische deklagen

Hieronder worden verstaan natlakken en poederlakken, die zijn opgebouwd uit organische componenten.

Deze lagen worden toegepast om diverse redenen:

- Verfraaiing (kleur, glans, strakheid, structuur, ...);
- Bescherming (corrosie, mechanische/chemische weerstand, hittebestendigheid, slijtweerstand, hygiëne, ...);
- Signalering (gevaarsaanduiding, leidingcodering, markering, ...);
- Speciale functies (elektrische geleidbaarheid, isolatie, antislip, reinigbaarheid, aangroeiwering, ...).

Natlak is een vloeibaar product, al dan niet door de aanwezigheid van een oplosmiddel. Een poederlak, de naam zegt het al, is een lak in poedervorm, die geen oplosmiddelen bevat. Door dit onderscheid zijn de applicatietechnieken verschillend. Beide producten vormen na droging en/of uitharding een goed hechtende laklaag (film) op de ondergrond, zijn in vele kleuren, diverse glansgraden, structuren en effecten leverbaar.

#### 2.1.1 Natlakken

Natlak, oftewel verf is in het algemeen opgebouwd uit de volgende bestanddelen:

- Bindmiddel of hars
- Pigmenten
- Vulstoffen, extenders
- Oplos- en verdunningsmiddelen
- Additieven of hulpstoffen

De eigenschappen van organische deklagen zijn afhankelijk van en te beïnvloeden met deze bestanddelen. In § 2.1.1.1 t/m 2.1.1.5 wordt dit nader toegelicht. Natlakken worden aangebracht in laagdiktes van ca. 20 micrometer ( $\mu\text{m}$ ) tot ca. 200  $\mu\text{m}$  per laag. In een compleet verfsysteem kan de totale laagdikte wel oplopen tot 600  $\mu\text{m}$ .

##### 2.1.1.1 Bindmiddelen

Het bindmiddel of hars is de basis van de lak en dient voor de vorming van de film. Het geeft de verflaag mechanische eigenschappen en chemische weerstand en fungeert als drager en bindend materiaal voor de overige bestanddelen. Buitenduurzaamheid en glans worden voor een groot gedeelte bepaald door het bindmiddel (zie het overzicht in § 2.1.5).

Er is een grote verscheidenheid aan bindmiddelen met verschillende uithardingsprocessen:

- Fysische droging/uitharding: De lak droogt door verdamping van de vluchtige bestanddelen (organische oplosmiddelen en/of water), er vindt geen chemische reactie plaats.  
Voorbeelden: chloorrubber verf, vinylak, latexverf en plastisol.
- Chemische droging/uitharding: De lak droogt door verdamping van eventuele oplosmiddelen en er vindt een chemische reactie plaats.  
Voorbeelden: Alkyd-, epoxy- en polyurethaanverven, moffellakken en stralingshardende lakken.

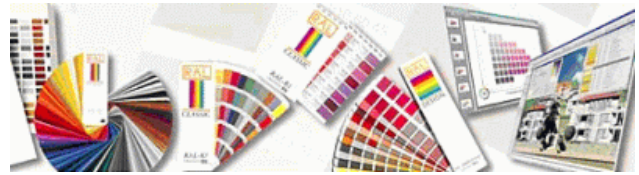
##### 2.1.1.2 Pigmenten

Pigmenten kunnen diverse functies hebben. Afhankelijk van het type geeft pigment kleur, dekkracht, corrosiewering, krasvastheid, lichtvastheid (ook wel UV-besten-

digheid) temperatuursbestendigheid of een combinatie van deze eigenschappen.

Er zijn anorganische, organische en metallische pigmenten. Oplosbare kleurstoffen geven geen dekkracht, maar transparante deklagen.

Omdat kleur een belangrijk aspect is bij het bepalen van een oppervlaktebehandeling van een te ontwerpen product, gaan we er hier iets dieper op in. Kleuren zijn nauwkeurig te definiëren en te meten, maar de waarneming ervan kan van persoon tot persoon verschillen en is ook afhankelijk van de directe (kleur)omgeving. Het aantal kleuren waaruit gekozen kan worden, is enorm en men kan hierbij gebruik maken van kleurenwaaiers en/of -kaarten. Hiervoor zijn gestandaardiseerde systemen beschikbaar. Daarnaast hebben veel verf- en poederfabrikanten eigen systemen met kleurcoderingen. Als voorbeeld laat figuur 3 het alom toegepaste RAL 840 HR systeem zien (RAL staat voor "Reichs-Ausschuss für Lieferbedingungen"), in de wandelgangen aangeduid als de "RAL waaier".



figuur 3 RAL kleurenwaaiers en -kaarten

Een ander gestandaardiseerd systeem is het Natural Colour System®, kortweg de NCS kleurenwaaier. Deze systemen en coderingen vergemakkelijken het aanduiden van kleuren in de gehele keten van ontwerp tot gereed product en kan spraakverwarringen en daardoor ontstane afkeur voorkomen.

##### 2.1.1.3 Vulstoffen

Vulstoffen worden ook wel extenders genoemd. Het zijn poedervormige stoffen (wit of grijs) van veelal natuurlijke oorsprong, zoals krijt, talk en kaolien (chinaklei). Synthetische vulstoffen zijn bijvoorbeeld blanc fixe en geprecipiteerd krijt.

Vulstoffen worden onder meer gebruikt voor het instellen van de glansgraad, de hechting, opslagstabiliteit, schuurbaarheid en vulling van de verf.

##### 2.1.1.4 Oplos- en verdunningsmiddelen

Oplos- en verdunningsmiddelen zijn nodig om verf te maken (oplossen van de bindmiddelen) en voor de applicatie (op de juiste viscositeit brengen). Deze middelen moeten chemisch stabiel zijn, d.w.z. dat zij geen chemische reacties aangaan met de bindmiddelen en andere bestanddelen van de verf.

Uitzondering hierop zijn de zogenaamde reactieve verdunningsmiddelen, die in bepaalde meercomponentige producten juist deelnemen aan het uithardingsproces.

##### 2.1.1.5 Additieven

Additieven of hulpstoffen worden in kleine percentages aan de verf toegevoegd om de eigenschappen van de verf te verbeteren. Dit kan zijn voor de verwerkbaarheid van de verf (antivelmiddelen, siccatieven voor een snellere droging, thixotropeermiddelen om uitzakken van de pigmenten en vulstoffen tegen te gaan), maar ook voor eigenschappen van de droge verffilm (bijv. additieven, die ultraviolette straling absorberen).

##### 2.1.2 Poederlakken

Poederlakken, of poedercoatings zijn opgebouwd uit vrijwel dezelfde componenten met vergelijkbare eigenschappen als natlak. Ze bevatten echter geen oplosmiddelen. De bestanddelen zijn alle vaste stoffen. Deze worden

gemalen, gemengd door middel van extrusie (kneden), afgekoeld, gebroken en vervolgens gemalen tot de eerste korrelgrootte.

Er zijn 2 typen poederlak: thermoplastische- en thermohardende poeders.

*Thermoplastische poeders* vormen na applicatie, smelten en afkoelen een harde laag, die na opwarmen weer zacht worden. Dit heet een reversibel proces.

Voorbeelden van thermoplastische bindmiddelen: Polyamide (bekende handelsnaam "Rilsan"), Polyvinylideendifluoride (PVDF), Polyetheen (PE), Polyvinylchloride (PVC). Deze producten worden o.a. aangebracht op wasdroogrekken en opbergmandjes. Op dunne plaat wordt het niet toegepast.

*Thermohardende poeders* smelten na voldoende opwarming, ondergaan daarbij een chemisch proces tussen de verschillende componenten, waardoor uitharding optreedt. Deze laag blijft ook na opnieuw opwarmen hard. We spreken dan van een irreversibel proces.

Voorbeelden van thermohardende bindmiddelen: Epoxy (EP), Polyester (PES), Epoxy-polyester (EPE), Polyurethaan (PU), Acrylaat (AC).

Deze poeders worden veruit het meest toegepast, o.a. op (kantoor)meubelen, gevelbeplating, hekwerken en zelfs staalconstructies.

De temperaturen, waarbij poedercoatings worden uitgehard variëren van ca. 140 - 240 °C. Afhankelijk van systeem en toepassing worden laagdiktes van ca. 40-100 micrometer per laag aangebracht. In een meergelagen systeem kan de totale laagdikte tussen de 200 en 300 µm bedragen.

### 2.1.3 Elektroforese

Elektroforese lak wordt ook wel elektrodepositielak of elektrocoating genoemd. Het is een speciale uitvoering van het dompelprocédé, waarbij gebruik gemaakt wordt van speciale watergedragen lakken, die onder invloed van een opgelegd spanningsverschil neerslaan op het metalen object.

Zijn verfdeltjes negatief geladen, dan bewegen ze naar de anode en spreken we van "anaforese". Worden de verfdeltjes positief geladen, dan noemen we het proces "kataforese".

Elektroforetisch lakken geeft een uniforme laag, Op de binnenzijde van holle producten is de lakbedekking minder ten gevolge van het "Kooi van Faraday" effect. Deze lakken hebben goede corrosiewerende eigenschappen. De dikte van de lak varieert van 15 - 50 micrometer.

### 2.1.4 Autoforese

Autoforese is het door onderdompeling in waterig milieu afzetten van een gesloten organische coating op staal, door een chemische reactie. De laklaag heeft een gelijkmatige dikte (15 - 20 µm) en wordt overal gevormd waar het oppervlak geraakt/benat wordt (dus ook de binnenzijde van holle constructies). De uitharding vindt plaats bij ca. 105 °C. De door autoforese aangebrachte lak heeft een goede corrosiewering, is hard en kan als eindlaag, maar ook als primer worden toegepast. In tegenstelling tot de hiervoor beschreven organische deklakken zijn autoforese lakken alleen in zwart uitvoerbaar.

### 2.1.5 Toegepaste bindmiddelen

In tabel 1 is een overzicht gegeven van de meest toegepaste bindmiddelen met hun eigenschappen. Deze eigenschappen zijn indicatief. Ze kunnen in meer of mindere mate worden beïnvloed door de keuze van de receptuur (pigmenten, vulstoffen en hulpstoffen) en ook de voorbehandeling (o.a. bij hechting en corrosiewering) kan hierin een rol spelen. Overleg met applicateur en/of fabrikant is dan ook raadzaam om te komen tot een optimaal resultaat.

## 2.2 Anorganische deklagen

De anorganische deklagen zijn onder te verdelen in metallieke deklagen en niet-metallieke deklagen. Bij de eerste categorie is de deklaag een metaal of bevat een zeer hoog percentage metaal, bij de tweede categorie bevat de deklaag geen of zeer weinig metaal.

tabel 1 Overzicht van de meest toegepaste bindmiddelen met hun eigenschappen

Eigenschappen Bindmiddel	Corrosiewering	Stootvastheid	Slijtweerstand	Hardheid	Hechting	Elasticiteit	Chemische resistentie	Temp. bestendigheid *)	Buitenduurzaamheid	UV resistentie	Glansbehoud	Glansmogelijkheden	Kleurmogelijkheden	Wetervastheid	Waterdampdichtheid
	Acrylaatdispersie	+ -	+ -	+ -	+ -	+	+	+ -	-	+	+	+	+	+	+
Alkydhars	+ -	+ -	+	+ -	++	+	-	+ -	+	+	++	++	++	+	+ -
Chloorrubber	++	+ -	+	-	++	++	+	-	+	-	-	-	+	++	++
Polyvinylchloride	+	-	+	-	++	++	+	-	+	+ -	+	+ -	+	++	++
Acrylaathars	+ -	+	+	+	+	+ -	+ -	+ -	++	++	+	+	++	++	++
Epoxyhars	++	++	++	++	++	-	++	+	++	-	+ -	++	++	++	++
Polyurethaanhars	+	++	+	+	++	+ -	++	+	++	+	+	++	++	++	+
Polyesterhars	+	++	+	++	++	+	++	+	++	+	+	+	++	++	++
PVDF	+	+	+	+ -	+ -	+	+	+ -	++	++	++	- -	+	++	++
Alkyd-melamine	+	+	++	+	+	+ -	++	++	+	+	+	+	++	++	++
Polyester-melamine	+	+	++	+	+	+ -	++	++	++	+	++	+	++	++	++

++ zeer goed; + goed; + - redelijk; - matig; - - slecht  
 \* Temperatuur tot circa: ++: 180 °C; +: 150 °C; + -: 120 °C; -: 80 °C; - -: 60 °C (droge belasting)

## 2.2.1 Metallieke deklagen

### 2.2.1.1 Thermische dompelprocessen

Bij thermische dompelprocessen wordt het te behandelen object (voornamelijk staal) in zijn geheel ondergedompeld in een vloeibaar metaal. We bespreken hier de metalen zink en aluminium, waarvan zink het meest gebruikt wordt. Daarnaast zijn er enkele legeringen van deze twee metalen, die kort genoemd worden.

Verzinken wordt uitgevoerd bij (afhankelijk van het proces) temperaturen van ca. 440 - 600 °C. Het staal gaat daarbij een reactie aan met het zink, waarbij zink-ijzer legeringslagen worden gevormd. De bovenste laag bestaat meestal uit vrijwel zuiver zink (de samenstelling hiervan is dezelfde als die van het zinkbad), hetgeen een fraai glanzend uiterlijk heeft. Zink is een onedel metaal (onedeler dan staal), dat gemakkelijk reageert met stoffen in de atmosfeer (bijv. kooldioxide en zwaveldioxide), waardoor zinkzouten op het oppervlak worden gevormd ("witte roest"). Daarbij verdwijnt het glanzende uiterlijk na verloop van tijd. Vanwege het onedele karakter offert zink zich in corrosieve omgeving op en beschermt daarmee onbedekte plekken (beschadigingen, snij- en knipkanten) op het staal tegen corrosie.

De zinklaagdikte is o.a. afhankelijk van de samenstelling van het staal, de verblijftijd in het bad, en de temperatuur en samenstelling van het zinkbad.

Het aluminiseren (onderdompelen in vloeibaar aluminium, waaraan toegevoegd ca. 10% silicium) wordt alleen toegepast op plaat in een continu proces, dat overeenkomt met het Sendzimir verzinken (zie § 4.2.1.3). Hetzelfde geldt voor de bewerking met Alu-zink (ca. 55% zink, ca. 43% aluminium en ca. 1,6% silicium) en Galfan (95% zink en 5% aluminium).

Als sendzimir verzinkte plaat direct na het verzinkproces een warmtebehandeling ondergaat, wordt de zinklaag omgezet in een ijzer/zink legeringslaag, het zogenaamde galvanealing.

In tabel 2 worden de eigenschappen van deze processen met elkaar vergeleken, waarbij ook de in § 2.2.1.2 beschreven elektrolytisch verzinkte plaat ("Zincor") wordt meegenomen.

### 2.2.1.2 Elektrolytische processen

Bij een elektrolytisch proces (ook wel galvanisch proces genoemd) wordt een hechtende metaallaag neergeslagen op een (meestal metalen, maar ook op kunststoffen) voorwerp. Het proces kan met vele metalen en eventueel met speciale toevoegingen worden uitgevoerd (bijvoorbeeld verzinken, vernikkelen, verchromen, verkopen, verzilveren), echter in deze publicatie beperken wij ons tot het verzinken.

Elektrolytische zinklagen worden aangebracht voor corrosiewering in laagdiktes van 5 tot 40 micrometer (afhankelijk van de corrosiviteit van de omgeving). Continu elektrolytisch verzinkte plaat (Zincorplaat) wordt geleverd met een standaard laagdikte van 2,5 µm, maar hogere laagdiktes zijn mogelijk.

Ter bescherming van de zinklaag en/of ter verfraaiing kunnen diverse passieveerlagen worden aangebracht. Vanwege de geringe zinklaagdikte bij Zincorplaat wordt deze meestal gefosfateerd, gevolgd door een chromaat-spoeling. Ook wordt aanbevolen om aansluitend één of meerdere organische deklagen aan te brengen.

### 2.2.1.3 Thermisch spuiten

Onder thermisch spuiten vallen een aantal technieken, waarmee een gesmolten metaal, kunststof, keramiek of combinaties hiervan op een basismateriaal (substraat) wordt gespoten, met het doel om het oppervlak bepaalde eigenschappen mee te geven. De meeste van deze processen worden nauwelijks toegepast op dunne plaatmaterialen. Een uitzondering willen we nader belichten nl. het zinkspuiten.

Zinkspuiten is uitgevonden door dr. M.U. Schoop en wordt daarom ook wel schooperen genoemd. Het zinkspuiten wordt vrijwel altijd toegepast (op staal) vanwege de goede corrosiewerende eigenschap.

tabel 2 Vergelijking van de eigenschappen van een aantal processen

Deklaag	Corrosieweerstand <sup>1)</sup>	Kathodische bescherming <sup>2)</sup>	Laagdikte <sup>3)</sup>	Lasbaarheid	Vervormbaarheid	Witte roest <sup>4)</sup>	Temperatuurbelasting <sup>5)</sup>	Toepassingen
Thermisch verzinkt	+ / + +	+ +	50-150	--	-	ja	180	staalconstructies, hekwerken, stallen, wegmeubilair
Sendzimir	+ / -	+ / -	15-25	-	+	ja	150	automobiellndustrie, luchtbehandelingsinstallaties, huishoudelijke apparatuur
Gealuminiseerde	+ +	-	18-20	--	+	nee	480	uitlaatsystemen voor auto's, ovenbouw, bakblikken
Galfan	+	+	15-25	-	+ +	weinig	180	automobiellndustrie, elektrotechn. industrie, huishoudelijke artikelen, bouwindustrie
Alu-zink	+ / + +	-	15-25	--	+ / -	zeer weinig	350	automobiellndustrie, bouw(industrie)
Galvanealed	+ / -	+ / -	15-25	+ / -	+ / - <sup>6)</sup>	weinig	180	automobiellndustrie
Zincor	--	-	2,5-5	+ / -	+ +	ja	180	automobiellndustrie, witgoedsector

+ + zeer goed; + goed; +- redelijk; - matig; -- slecht  
1) bij de opgegeven laagdikte(s).  
2) kathodische bescherming van onbedekte plakken (snij- en knipkanten).  
3) laagdikte in µm. Bij plaat standaard, aan weerszijden. Op wens afwijkende waarden mogelijk.  
4) in de buitenlucht en/of vochtige omgeving, zonder extra (chromaat)behandeling.  
5) in lucht, temperatuur tot de aangegeven waarde in °C.  
6) bij vervorming neiging tot verpoederen.

Een schoopeerlaag wordt aangebracht in laagdiktes van ca. 25 - 80 µm, is stoot- en slijtvast en enigszins ruw en poreus. Vanwege deze porositeit wordt er meestal aanvullend een organische deklaag aangebracht. De structuur van de schoopeerlaag geeft hiervoor een zeer goede hechting.

In plaats van zink worden, vanwege de hogere weerstand tegen corrosie, ook aluminium en zink-aluminium legeringen toegepast. Hierbij worden meestal hogere laagdiktes (150 µm en meer) aangebracht dan bij het schooperen. Ook deze lagen kunnen aansluitend van een organische deklaag worden voorzien of worden geïmpregneerd.

## 2.2.2 Niet-metallieke deklaagen

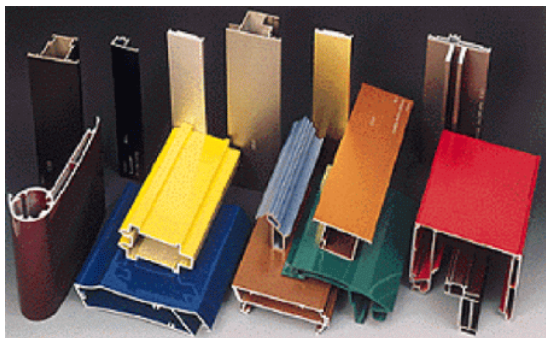
### 2.2.2.1 Anodiseren

Anodiseren is een elektrochemisch proces, dat op verschillende metalen kan worden uitgevoerd, o.a. op aluminium, magnesium, titanium, en zink. Hiervan is aluminium de belangrijkste en van deze metalen de enige, die in deze publicatie wordt behandeld.

Aluminium is een zeer onedel metaal, maar in de buitenlucht blijkt het toch beter corrosiebestendig te zijn dan bijvoorbeeld het minder onedele ijzer. De oorzaak daarvan is, dat aluminium aan de lucht snel een dicht oxidehuidje vormt, dat het onderliggende metaal beschermt tegen verdere aantasting. Dit laagje is slechts ongeveer 0,05 µm "dik". Als de laagdikte groter wordt, neemt ook de corrosieweerstand toe. Met het anodiseren van aluminium (oxidieren aan de anode; de engelse term is: anodising; in het Duits spreekt men van: Anodisieren of Eloxalverfahren - elektrolytisch oxidieren van aluminium) ontstaat een dikkere oxidelaag. De laagdikte van anodiseerlagen varieert van ca. 10 µm voor niet-agressief milieu tot ca. 25 µm in een agressieve omgeving. Een andere reden om te anodiseren is de verfraaiing van het oppervlak.

Eigenschappen van anodiseerlagen:

- ▶ Corrosiewering;
- ▶ Goede bestandheid tegen organische oplosmiddelen;
- ▶ Slechte bestandheid tegen zuren en logen (beton en specie);
- ▶ Slijtvastheid;
- ▶ Hardheid;
- ▶ Isolatie (elektrisch);
- ▶ Transparante laag;
- ▶ De laag is inkleurbaar (zie ook figuur 4).



figuur 4 Voorbeelden van anodiseerkluren

Omdat de eigenschappen van de anodiseerlaag van veel factoren (de zuiverheid van het aluminium ofwel de samenstelling van de aluminiumlegering, de vorm en wanddikte van het te anodiseren voorwerp, badsamenstelling, procesvariabelen, procesbeheersing) kunnen afhangen, verdient het aanbeveling om vooraf te bepalen welke eisen aan het eindproduct moeten worden gesteld. Op die manier kan in overleg met het anodiseerbedrijf de juiste keuze voor materiaal en proces worden gemaakt.

### 2.2.2.2 Email

Emaileren is het opsmelten van een glasachtige deklaag op materialen, waarvan de belangrijkste zijn: plaatstaal, aluminium, gietijzer, roestvast staal, koper en glas. In Engeland heet emaileren "vitreous enamelling", de Amerikanen zeggen "porcelain enamelling", de Fransen noemen het "émaillage" en in Duitsland "Emaillierung".

De Nederlandse norm omschrijft email (en niet emaille) als volgt: "Een door smelten of fritten (deze term wordt uitgelegd in 2.2.2.2.2) ontstane glasachtige massa met een anorganische, in hoofdzaak oxidische samenstelling, die in 1 of meerdere lagen, met verschillende toevoegingen op voorwerpen van metaal of glas is aangebracht en daarna bij temperaturen boven 450 °C kan worden of is gesmolten".

#### 2.2.2.2.1 Eigenschappen

Email

- ▶ is hard;
- ▶ is slijtvast;
- ▶ heeft een goede hechting;
- ▶ is niet stootvast;
- ▶ heeft een hoge chemicaliënresistentie;
- ▶ is zeer corrosievast;
- ▶ is glad en daardoor gemakkelijk te reinigen;
- ▶ is in vele kleuren en structuren aan te brengen;
- ▶ heeft langdurig kleur- en glansbehoud;
- ▶ is hittebestendig (afhankelijk van de verwerkings-temperatuur) tot ca 800 °C (speciale keramische soorten tot ca 1350 °C);
- ▶ is onbrandbaar.

De eigenschappen kunnen door middel van de samenstelling van de frit (zie 2.2.2.2.2) worden ingesteld op de specifieke toepassing van het te emaileren object.

#### 2.2.2.2.2 Samenstelling en bereiding

Voor de bereiding wordt een aantal grondstoffen in een bepaalde verhouding met elkaar gemengd en gesmolten. Vervolgens wordt deze smelt snel afgekoeld door het in water uit te gieten (het zgn. schrikken). De hierdoor ontstane korrelvorm noemt men "frit". Men kan de smelt ook tussen gekoelde, stalen rollen laten lopen. Hierbij ontstaat een brede band, die wordt gebroken in vlokken of flakes. Daarna worden deze korrels of flakes gemalen om ze te kunnen gebruiken voor het aanbrengen van een emailaag.

De stoffen, waaruit email wordt opgebouwd zijn:

- ▶ oxiden (van o.a. silicium, borium, fosfor, kobalt, nikkel, koper);
- ▶ dekkinggevendende verbindingen (fluorhoudende producten, antimoon-, zirkoon- en titaanoxide);
- ▶ pigmenten (voornamelijk onedele metaaloxiden).

### 2.2.2.3 Overige oppervlaktebehandelingen

#### 2.2.2.3.1 Chemisch zwarten

Dit proces wordt uitgevoerd op staal door onderdompelen in een oxiderende, sterk alkalische vloeistof bij 130 à 140 °C. Na in-oliën geeft de laag een geringe corrosiewering. Deze vorm van oppervlaktebehandeling wordt o.a. toegepast op machinedelen. Op dunne plaat komt het vrijwel niet voor.

#### 2.2.2.3.2 Kleuren van metalen

Door verhitting aan de lucht kunnen staal en roestvast staal gekleurd worden. We spreken van aanloopkleuren, die afhankelijk van de temperatuur (bij staal van ca. 225 °C tot 315 °C en bij RVS van ca. 300 °C tot ca. 600 °C) lopen van geel via bruin naar paars en (donker-)blauw. Voor een egale kleur is een zeer gelijkmatige temperatuur vereist. Bij verhitting in een gesmolten zoutbad is dat proces beter in de hand te houden.

## 2.3 Combinaties van deklagen

Het combineren van verschillende typen deklagen wordt regelmatig toegepast. De reden daarvoor kan zijn, dat de eigenschappen van de deklagen elkaar aanvullen (bijv. meer corrosiewering, meer kleurmogelijkheden), maar het wordt ook gedaan voor een efficiëntere en/of milieuvriendelijker procesvoering (bijv. minder organisch oplosmiddelgebruik). Hieronder worden de meest voorkomende combinaties toegelicht.

### 2.3.1 Verzinken + organische dekla(a)g(en)

Deze samenvoeging van deklagen wordt vaak aangeduid met "duplex-systeem". De zinklaag geeft een uitstekende bescherming tegen corrosie, de organische deklaag geeft extra bescherming (het zgn. "synergetisch effect": het zink beschermt de organische laag tegen onderroest en de organische deklaag beschermt de zinklaag tegen atmosferische aantasting) en kan een verfraaiende en/of signalerende functie hebben.

De zinklaag kan thermisch, maar ook elektrolytisch zijn aangebracht, batchgewijs of continu (Sendzimir of Zincorplaat) of door middel van thermisch spuiten. De organische deklagen zijn natlakken of poedercoatings, die na een geschikte voorbehandeling hechten op de zinklaag. Vooral bij hekwerken, leuning en wegmeubilair wordt het duplex-systeem veel toegepast.

### 2.3.2 Natlak + poedercoating

Bij deze combinatie zijn ook diverse mogelijkheden. De eerste laag kan een natlak of moffellak zijn, waarbij wordt afgewerkt met een poederlak. Omgekeerd kan de poederlak als primer dienen en wordt vervolgens een natlak aangebracht. De coatingproducten moeten wel aan speciale eisen voldoen in verband met moffelcondities en onderlinge hechting.

De eigenschappen van het totale systeem zijn vaak een optelsom van die van de afzonderlijke lagen (bijv. de strakheid van een natlak en de taaheid van een poederlak). Voorbeeld een fietsframe, dat eerst in een "natte" primer wordt gezet, daarna wordt bestickerd en vervolgens van een blanke poedercoating wordt voorzien.

### 2.3.3 Elektroforese lakken + poederlakken

De elektroforese lak moet als eerste worden aangebracht, omdat voor het proces elektrische geleiding nodig is. Vanwege de beperking in kleurmogelijkheden, maar ook voor een goede buitenduurzaamheid, wordt deze grondlaag van een poederlak voorzien. De eigenschappen van dit coatingsysteem zijn vergelijkbaar met een systeem van natlak of dat van poederlak. In de automotieve industrie worden veel onderdelen op deze wijze behandeld.

## 3 Voorbehandelingen

Onder voorbehandelen wordt verstaan alle handelingen voorafgaand aan het aanbrengen van deklagen. Het oppervlak moet voldoen aan bepaalde functionele eisen (bijv. ruwheid, hardheid, afrondingen, maatvoering) en er moet worden gezorgd voor een goede hechting van de deklaag. Bij het onderstaande overzicht maken we daarom onderscheid in voorbehandelingen, die de oppervlaktegesteldheid betreffen en voorbehandelingen ten behoeve van het verkrijgen van een goede hechting van deklagen.

De keuze van de voorbehandeling hangt onder meer af van de gewenste deklaag, de vereiste reinheidsgraad, de aard/vorm/dimensionering/seriegrootte van de te behandelen objecten en de gevraagde oppervlaktegesteldheid.

### 3.1 Voorbehandelingen ten behoeve van de oppervlaktegesteldheid van het basismateriaal

Hieronder vallen de volgende bewerkingen:

- ▶ Ontbramen, verwijderen van lasspeters, scherpe randen, enz.;
- ▶ slijpen;
- ▶ borstelen;
- ▶ mechanisch polijsten;
- ▶ chemisch polijsten;
- ▶ elektrolytisch polijsten;
- ▶ thermische behandeling.

### 3.2 Voorbehandelingen ten behoeve van de hechting

Voor het verkrijgen van een goede hechting van de deklaag dienen alle verontreinigingen zoals vet, stof, zand, bewerkingsoliën, tijdelijke conserveringsmiddelen (oliën, shopprimers), merktekens (vetkrijt, verf, stickers) en oxides (roest), walshuid en gloeihuid zorgvuldig van het metaaloppervlak te worden verwijderd. Daarnaast is het voor een aantal deklagen noodzakelijk om na het reinigen en/of ontroesten een chemische voorbehandeling toe te passen. De verschillende methoden worden hieronder besproken in de volgorde, die in de praktijk ook (over het algemeen) het best kan worden gevolgd.

#### 3.2.1 Reinigen en ontvetten

Het verwijderen van vet, smeer, oliën, enz. dient als eerste reiniging te worden uitgevoerd. Ten eerste, omdat deze verontreinigingen direct een slechte hechting veroorzaken en ten tweede kunnen ze volgende processen vervuilen en/of verstoren (bijv. vet vervuult het straal-middel, dat op zijn beurt weer het te stralen oppervlak verontreinigt). Er zijn vele manieren om te ontvetten, waarvan we er hier een aantal noemen:

- ▶ solventreinigen,;
- ▶ dampontvetten;
- ▶ alkalisch reinigen;
- ▶ zuur reinigen;
- ▶ elektrolytisch ontvetten;
- ▶ ultrasoon reinigen;
- ▶ emulsie reinigen.

De uitvoering kan, afhankelijk van het proces, handmatig, met behulp van een (hoge)drukspuit, door middel van sproeien, of in een bad plaatsvinden. Combinaties van deze technieken zijn ook mogelijk. Reinigen en ontvetten is veelal de eerste stap in de totale voorbehandelingsreeks. Factoren die de kwaliteit van de reiniging beïnvloeden zijn: reinigingsmiddel, temperatuur, agitatie (badbeweging) en behandelingsduur.

#### 3.2.2 Mechanische voorbehandelingen

Hieronder vallen bewerkingen als schuren, slijpen, borstelen en stralen. Het metaal wordt ontdaan van oxides, eventuele wals- en gloeihuid en het oppervlak wordt opgeruwd. De reinheidsgraad en de mate van opruwing zijn afhankelijk van de toegepaste methode en materialen. Zo is met stralen een hogere reinheid te verkrijgen dan met schuren, slijpen en borstelen. Stralen wordt veelal gebruikt bij de voorbehandeling van staal. Zink, aluminium en roestvast staal kunnen ook worden gestraald. Dit wordt uitgevoerd met aangepaste druk en met niet-metallische, fijnkorrelige straalmiddelen. Men noemt dit veelal aanstralen.

#### 3.2.3 Chemische voorbehandelingen

Een chemische voorbehandeling is een proces, waarbij het metaaloppervlak (gewenst) wordt aangetast, dit in tegenstelling tot reinigingsprocessen, waarbij het oppervlak niet wordt aangetast. We kunnen onderscheid maken in processen, die het oppervlak ontdoen van oxides, wals- en/of gloeihuid (beitsen), processen die een passiverende werking hebben en processen die met het metaal een conversielaag vormen.

Chemische voorbehandelingen worden uitgevoerd door middel van sproeien (handmatig en/of in een sproeitun-

nel) en in badenreeksen. Zij bestaan vrijwel altijd uit meerdere stappen (bijv. ontvetten - beitsen - aanbrengen conversielaag - passiveren). Tussen de verschillende processtappen wordt gespoeld met water. De laatste spoeling voor het aanbrengen van de deklaag wordt vaak uitgevoerd met gedemineraliseerd water.

### 3.2.3.1 *Beitsen*

Beitsen wordt op staal uitgevoerd met zuur (zwavelzuur, zoutzuur, of fosforzuur). Het verwijderen van roest en walshuid gaat het snelst in zoutzuur of zwavelzuur. Bij deze zuren is goed naspoelen noodzakelijk om naroesten te voorkomen. Door toevoeging van beitsremmers (ook wel inhibitoren genoemd) wordt een te sterke aantasting van het metaal grotendeels voorkomen. Beitsen in fosforzuur is minder gevaarlijk en geeft minder kans op naroesten.

Aluminium en zink zijn amfotere metalen, dat wil zeggen metalen die zowel in zuur- als in alkalisch milieu kunnen worden gebeitst.

Roestvast staal wordt meestal gebeitst in salpeterzuur of in een mengsel van salpeterzuur en waterstoffluoride. Hierbij worden oxidatieproducten en verkleuringen tengevolge van lassen en eventueel andere verontreinigingen (bijv. staaldeeltjes) verwijderd.

### 3.2.3.2 *Conversielaagen*

Onder een conversielaag verstaat men een anorganische deklaag, die op een metaal gevormd wordt door inwerking van chemische stoffen, waarbij het metaal zelf aan de totstandkoming van de laag meewerkt. Als het metaal, dat behandeld moet worden, wordt ondergedompeld in het bad dat de conversielaag moet geven, treden tegelijkertijd twee processen op:

1. Het metaaloppervlak wordt aangeëtt en net als bij beitsen gaat er wat metaal in oplossing.
2. Het opgeloste metaal reageert direct met een ander bestanddeel van het bad (bijv. chromaat of fosfaat) en vormt de conversielaag.

Door deze reacties vindt dus een omzetting van het metaaloppervlak plaats. Het engelse woord "conversion" betekent omzetting of omvorming.

De functie van een conversielaag is tweeledig. De laag verbetert de corrosiewerende eigenschappen en geeft een goede hechting aan organische deklagen.

De dikte van een conversielaag wordt aangeduid in milligrammen of grammen per vierkante meter, omdat de laag meestal te dun is voor het meetbereik van de gangbare laagdiktemeters.

De meest toegepaste processen zijn:

*Op staal:*

- ijzerfosfateren (binnentoepassingen)
- zinkfosfateren (binnen- en buitentoepassingen)

*Op aluminium:*

- geel chromateren
- groen chromateren
- chroomvrije conversielaagen op basis van bijv. zirkoon, titaan of silanen
- zinkfosfateren
- flash-anodising (niet-geseald, zie § 4.2.3)

*Op zink:*

- ijzerfosfateren
- zinkfosfateren
- chroomvrij passiveren
- zeswaardig chromateren

### 3.2.3.3 *Passiveren*

Passiveren is het (chemisch) passief maken van een metaaloppervlak. Dat wil zeggen, dat het niet of zeer langzaam reageert met zuurstof. Met andere woorden, de corrosieweerstand neemt toe. In deze toepassing is de passivering een eindlaag, bijv. kleurpassiveringen

(chromaatlagen) op zink.

De kwaliteit van fosfaatlagen wordt belangrijk verbeterd door te passiveren. Dit gebeurt veelal met chroomvrije passiveringen, bijv. op basis van zirkonium, titaan, silanen of polymeren.

Roestvast staal wordt direct na het beitsen gepassiveerd (meestal met salpeterzuur), waarbij zich de oxidelaag vormt, die het metaal beschermt tegen corrosie.

## 4 *Methoden voor het aanbrengen*

### 4.1 *Organische deklagen*

#### 4.1.1 *Natlakken*

Voor het aanbrengen van natlakken en verven zijn vele methoden beschikbaar.

We kunnen de industriële applicatiewijzen onderscheiden in technieken die de verf vernevelen (4.1.1.1, spuittechnieken) en technieken, die waarbij de verf niet wordt verneveld (4.1.1.2, overige applicatietechnieken; in het kader van deze publicatie worden de kwast en de roller buiten beschouwing gelaten, omdat deze voor dunne plaat producten vrijwel niet worden gebruikt).

Veelal worden deze technieken batchgewijs toegepast, maar een aantal leent zich uitstekend voor automatisering (elektrostatisch "robot" spuiten, gieten, walsen) of is er juist alleen geschikt voor (coilcoaten).

#### 4.1.1.1 *Spuittechnieken*

De verneveling vindt plaats door de verf (met de geschikte viscositeit) onder druk te zetten en te transporteren naar het spuitpistool. Bij het uittreden uit de spuitopening (nozzle) vernevelt de verf.

We kunnen hierbij een 3-tal hoofdvormen onderscheiden:

- *pneumatisch spuiten*: Er is een luchttoevoer en een verftoevoer. Het spuitpatroon kan worden ingesteld door de hoeveelheid lucht te veranderen. Uitvoering met behulp van drukvat, bekerspuit en HVLP apparatuur.
- *airless spuiten*: Er is alleen verftoevoer. De verf wordt onder hoge druk verneveld, spuitpatroon is afhankelijk van de keuze van de nozzle en de druk. Uitvoering met airless spuitapparatuur.
- *elektrostatisch spuiten*: Verspuiten van elektrisch geladen verfdeeltjes (de verf moet hiervoor naast de juiste viscositeit ook een goede elektrische geleidbaarheid hebben). De verf verneveld in een wolk, die wordt bepaald door de spanning, luchttoevoer en/of druk. Uitvoering als met bovengenoemde technieken, maar met een speciaal elektrostatisch spuitpistool en een spanningsbron (voor het opladen van de verfdeeltjes). De te spuiten objecten zijn ten opzichte van de verfdeeltjes tegengesteld geladen.

Er zijn combinaties van deze hoofdvormen mogelijk en ook kan men met verwarmde verf werken, waardoor deze met minder of zelfs zonder toevoeging van verdunningsmiddelen op de juiste spuitviscositeit kan worden gebracht.

#### 4.1.1.2 *Overige applicatietechnieken*

- *dompelen*: De te behandelen producten worden in een bad met verf ondergedompeld, na het uithalen druppelt de overmaat verf af.
- *elektroforese*: Een bijzondere vorm van dompelen, zie § 2.1.3.
- *autoforese*: Eveneens een bijzondere vorm van dompelen, zie § 2.1.4.
- *gieten* (sproeien, flowcoaten): De primer of lak wordt via een gietkop of een slangensysteem met gaatjes over de te behandelen voorwerpen gegoten of gespreid. Het teveel aan verf druppelt eraf, wordt opgevangen in een lekbak en kan opnieuw worden gebruikt.

- ▶ *lakwalsen*: De lak wordt met behulp van een aantal cilinders opgebracht op een plaat of een band. Dat kan zowel een- als tweezijdig. Als de rol glad is, wordt het gehele oppervlak gecoat. Zijn er uitsparingen, dan blijven gedeelten van de band of plaat onbedekt.
- ▶ *lakgordijn*: De lak wordt met behulp van een bak met onderin een (instelbare) spleet of tussen 2 cilinders (met onderling instelbare afstand) uitgegoten, waardoor er een lakgordijn ontstaat. De te behandelen producten worden met een constante snelheid door het gordijn gevoerd.

#### 4.1.2 *Poedercoatings*

Poederlakken kunnen op verschillende manieren worden aangebracht. De meest toegepaste werkwijze is door elektrostatisch spuiten. Andere methoden zijn (elektrostatisch) wervelsinteren, poederdoseerschijven, opstrooien, rotatiesinteren en vlamspuiten. Omdat deze laatste methoden voor dunne plaat producten vrijwel niet worden toegepast, zullen we ons hier beperken tot de spuitapplicatie.

Het principe van het aanbrengen van een poedercoating is als volgt: Het poeder wordt in een voorraadvat zodanig gemengd met lucht, dat het zich gedraagt als een vloeistof. Het poeder wordt met behulp van perslucht getransporteerd naar het spuitpistool, waar het wordt opgeladen. Het opladen kan op een aantal manieren worden uitgevoerd, nl:

- ▶ met een hoogspanningsunit (Corona oplading);
- ▶ door middel van wrijving (Tribo oplading);
- ▶ door een combinatie van wrijving en hoogspanning (Tribo-plus).

In een spuitcabine worden de opgeladen poederdeeltjes naar het object gespoten, dat aan een hangbaan of rek opgehangen is. Het object is geaard ten opzichte van het poeder en door het ladingsverschil bewegen de poederdeeltjes naar het object en blijven daaraan hechten. Een bijkomend voordeel hiervan is, dat de poederdeeltjes om het object heen trekken, waardoor meerdere zijden gemakkelijk worden bedekt. Het afvallende en overtollige poeder wordt opgevangen en kan worden hergebruikt. Na het opbrengen ondergaat het object een warmtebehandeling (moffelen). Het poeder verliest zijn lading en gaat achtereenvolgens smelten, vloeien, geleren en uitharden. Na het afkoelen heeft de laag zijn uiteindelijke eigenschappen.

Het poedercoaten kan batchgewijs worden uitgevoerd met handspuitpistolen en moffelen in een kameroven, maar het proces kan ook zeer goed worden geautomatiseerd.

## 4.2 *Overige deklagen*

### 4.2.1 *Thermisch verzinken*

Er zijn drie verschillende manieren om het thermische verzinkproces uit te voeren:

- ▶ batchgewijs verzinken,
- ▶ centrifugaal- of trommelverzinken en
- ▶ continu- of "Sendzimir" verzinken.

#### 4.2.1.1 *Batchgewijs verzinken*

Deze methode, ook wel loonverzinken genoemd, wordt voor grotere delen toegepast, die aan rekken (traverses) worden gehangen. Hieraan doorlopen ze de badenreeks alkalisch ontvetten, spoelen, beitsen in zoutzuur, spoelen, fluxen (flux is een vloeimiddel, dat de resten oxide op het staaloppervlak verwijdert, de oxidelagen op het zinkbad oplost en het contact tussen het staaloppervlak en het vloeibare zink bevordert en daarmee de reactie tussen staal en zink en vorming van de zink-ijzerlegeringslagen) en het zinkbad.

### 4.2.1.2 *Centrifugaal verzinken of trommelverzinken*

Kleine onderdelen (tot ca. 30 cm) worden in geperforeerde trommels geladen, verzinkt als boven beschreven en vervolgens gecentrifugeerd om overtollig zink te verwijderen. De laagdikte is minder dan bij batchgewijs verzinken.

### 4.2.1.3 *Continu verzinken of Sendzimir verzinken*

Plaat, draad en buis kunnen in een continu proces thermisch verzinkt worden. We geven hier alleen de werkwijze voor plaat. Deze wordt vanaf de rol (coil) door de verschillende processtappen gevoerd. Olie en vet worden verwijderd door een thermische behandeling, beitsen is niet noodzakelijk. Door de snelheid van het verzinken en de keuze van de samenstelling van het zinkbad, ontstaat een vrijwel zuivere zinklaag (slechts een microscopisch dunne zink-ijzer legeringslaag wordt gevormd).

### 4.2.2 *Elektrolytisch verzinken*

Na een voorbehandeling van ontvetten, beitsen en spoelen wordt het te verzinken object als kathode geschakeld in een waterige oplossing van het betreffende metaalzout (in dit geval dus zinkzouten). In het bad is zink ook als anode aanwezig. Tussen de anode en de kathode wordt een gelijkstroom aangelegd. Daardoor worden de zinkionen ontladen en slaan ze neer op het te verzinken object (kathode).

Elektrolytisch verzinken wordt op diverse manieren uitgevoerd. Zeer kleine onderdelen worden verzinkt in trommels, die evenals bij thermisch verzinken geperforeerd zijn (trommelwerk). Grotere delen worden aan rekken gehangen (hangwerk). De producten worden in een trommel, dan wel hangend aan een rek ondergedompeld in de verschillende procesbaden. Het elektrolytische verzinkproces kan evenals bij het thermisch verzinken op verschillende manieren:

- ▶ Batchgewijs: hangwerk, trommelwerk;
- ▶ Continue: plaat, strip, buis.

Hangwerk kan in een handreeks, een takelreeks of automatisch worden verzinkt. Voor draad en band bestaat een continuproces (reel-to-reel automaat).

### 4.2.3 *Anodiseren*

Voor het anodiseren wordt een chemische voorbehandeling toegepast.

Bij het anodiseerproces wordt het aluminium als positieve elektrode (= anode) geschakeld, in een bad met zwavelzuur gehangen (zwavelzuur anodiseren). Door inwerking van gelijkstroom in het bad ontwikkelt zich zuurstof aan het aluminiumoppervlak. Deze zuurstofatomen verbinden zich met het aluminium tot een oxide-laag, die vele malen dikker is dan de oxidehuid die zich aan de lucht vormt. De oxidefilm bevat veel poriën, waardoor inkleuren mogelijk is.

Bij dit proces komt warmte vrij, zodat er moet worden gekoeld om een constante badtemperatuur te behouden. Badtemperatuur, stroomdichtheid, badsamenstelling, tijdsduur van het proces, samenstelling (en homogeniteit) van het aluminium, al deze parameters zijn van invloed op de kwaliteit van de anodiseerlaag.

Het kleuren van de anodiseerlaag kan op diverse manieren, o.a. met organische of anorganische kleurstoffen, elektrolytisch inkleuren of direct op kleur anodiseren. Na het anodiseren (al dan niet in kleur) worden de poriën afgesloten, dit wordt "sealen" genoemd. Dit geeft een verbetering van de corrosieweerstand, voorkomt vuilopname en het uitwassen van kleurstoffen. Het sealen wordt met heet water of met stoom uitgevoerd.

Een speciale manier van anodiseren is het zogenaamde flash-anodiseren (ook wel voor-anodiseren of pré-anodiseren genoemd). Bij dit proces wordt een dunnere oxide-laag aangebracht, als voorbehandeling voor het aanbrengen van organische deklagen. De laag wordt niet geseald. De deklagen moeten wel direct na het flash-anodiseren worden aangebracht (dus in hetzelfde applicatiebedrijf).



#### 4.2.4 *Thermisch metaalspuiten*

Het metaaloppervlak wordt voor een thermische spuitbehandeling ontvet en gestraald om voldoende rein- en ruwheid te verkrijgen.

Schooperen (zie § 2.2.1.3) gebeurt meestal met een autogeen draad- of poederspuitproces, hetgeen wil zeggen, dat het op te spuiten materiaal vanuit een draad- of poedervorm gesmolten wordt met behulp van een brander, zuurstof en (meestal) acetyleneegas, vervolgens verstoffen en door middel van perslucht naar het object getransporteerd wordt. De andere mogelijkheid is het elektrisch vlamboogspuiten. Dit is een duurdere techniek, maar er kunnen veel hogere productiesnelheden worden gehaald.

#### 4.2.5 *Emailleren*

Het emailleren wordt voorafgegaan door een chemische voorbehandeling.

Er zijn twee belangrijke methoden van aanbrengen te onderscheiden:

- ▶ emailleren met grond- en deklaag;
- ▶ direct emailleren.

De keuze hangt af van de hechting van de emailaag op de ondergrond, waarbij de kwaliteit van het basismateriaal een grote rol speelt. Ook de samenstelling van de frit is hierin mede bepalend.

Het opbrengen van het email kan op uiteenlopende manieren, waarvan de meest toegepaste zijn dompelen en (elektrostatisch) spuiten. Dit hangt samen met de bereidingswijze van het email. Bij droog gemalen emails wordt een poeder verkregen, dat elektrostatisch verspoten of gestrooid wordt. Nat gemalen emails vormen een email-slib, dat verspoten wordt, of waarin de objecten kunnen worden gedompeld.

Bij het continu emailleren van dunne plaat wordt de eerste laag aangebracht met een rollencoater en de tweede laag wordt gespoten.

Na het opbrengen van het email moet er worden gedroogd (geldt niet voor poederemail). Dit gebeurt bij een temperatuur van ca. 850 °C.

### 5 *Constructieve aspecten*

Behandeld worden:

- ▶ Algemene aspecten
- ▶ Voorgelakte plaat
- ▶ Metallisch beklede plaat.
- ▶ Natlakken: spuiten en dompelen
- ▶ Poederlakken
- ▶ Metallisch bekleden producten

#### 5.1 *Algemene aspecten*

Hier wordt een aantal relevante proces- en productparameters behandeld die voor de meeste coatingprocessen gelden.

De te realiseren kwaliteit van de deklaag hangt af van de productvorm in combinatie met de gekozen bedekkingmethode.

##### **Ophangen producten**

Producten worden aan haken opgehangen om het aanbrengen van de deklaag zo min mogelijk te belemmeren. Hiervoor moet het product zijn voorzien van ophang-gaten en/of randen. Waar de ophanghaak (dit is de haak waarmee het product wordt opgehangen om bewerkt te worden) het product raakt, komt geen deklaag. Komen deze plaatsen in het zicht, dan betekent dit handmatig bijwerken (kosten) of aanpassen van de constructie. Kunnen niet bedekte delen gaan corroderen, dan is het aan te bevelen om niet voor blanke plaat als basismateriaal te kiezen, maar bijvoorbeeld voor verzinkte staalplaat. Dit kan ook van belang zijn voor het verkrijgen van een goede elektrische aarding.

#### **Metallic lakken**

Metallic lakken zijn "in" en lijken door de automobiel-industrie probleemloos aan te brengen. Het uiterlijk wordt echter erg bepaald door de spuitrichting van het pistool en de conditie van de lak. Plaatwerk en gebeugelde bestemd voor één constructie vereisen bijzondere aandacht ter voorkoming van kleur- en tintverschillen. De beste resultaten worden verkregen als de onderdelen in één charge worden gelakt. Dit vergt een goede logistieke aansturing. Metallic poederlakken kunnen bij het gebruik van het poeder kleurverschillen geven tussen het begin en het einde van de charge, zelfs bij gelijkblijvende spuitcondities.

#### **Ondergrond**

Krassen die je voor het lakken met je nagel voelt, zijn bij glanslakken na het lakken altijd zichtbaar. Ook puntlassen worden door de altijd aanwezige oneffenheid van de laslens geaccentueerd. Hetzelfde geldt voor lasrupsen (zie figuur 5).



figuur 5 Het zichtbaar blijven van lasrupsen na het lakken

Het vermijden van krassen bij het ponsnibbelen kan door het toepassen van borstels in de geleiding in plaats van kogels, goed uitgevlakte gereedschappen en/of door een wijkende ondermatrijs. Een rigoureuze oplossing is het keren van de plaat na het ponsnibbelen (of lasersnijden), waardoor de onderkant van de plaat de binnenzijde van het omgevormde product wordt. Ook de braam komt dan aan de "goede" kant.

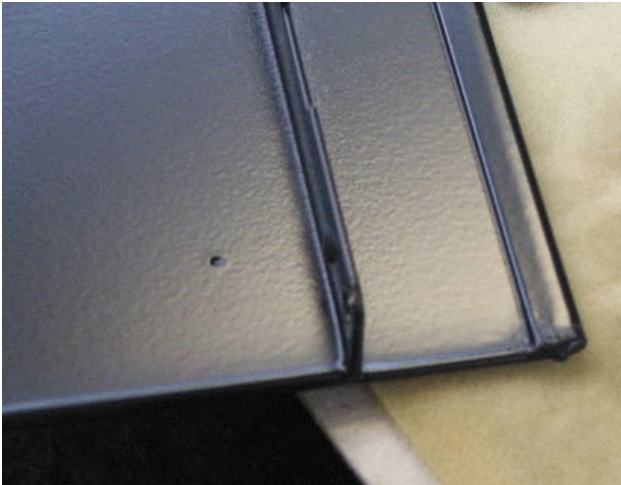
In ieder geval vraagt het kiezen van de juiste snijspleet de nodige aandacht: te grote bramen worden niet of nauwelijks met lak bedekt.

Verder dient de constructeur zich te realiseren dat een geslaagd proefproduct geen volledige garantie is voor een kwalitatief voldoende industrieel lakproces.

Dekkingsgraad bij lichte lakken kan een probleem zijn door de verwijdering van de zware metalen uit bijvoorbeeld geel getinte lakken. Een lichter gekleurde fosfatering zou dit probleem kunnen helpen oplossen. Tweemaal lakken kan natuurlijk ook, maar niet zonder consequenties voor de prijs en mogelijk voor de constructie (compenseren grotere laagdikte van de lak).

#### **Uitkoken uit spleten**

Het "uitkoken" van naden doordat de vloeistoffen van de voorbehandeling tijdens het moffelproces ontsnappen, komt voor bij te nauwe spleetopeningen. De laklaag wordt beschadigd (zie figuur 6)!



figuur 6 Het "uitkoken" van naden

Remedie: Vergroten van de spleten (zie figuur 7 A) of, waar dit niet kan (puntlassen), het raakvlak zo klein mogelijk maken (bijvoorbeeld door de plaat door te drukken ter plaatse van de laslijn). Vergelijkbare effecten kunnen ook optreden bij het metallisch bekleden van dunne plaat producten.

Deze effecten kunnen ook optreden bij gesloten kokerconstructies in producten en gereedschappen (lakhaken). Tenslotte: Het productontwerp is pas af als ook de emballage van de gelakte producten ontworpen is.



figuur 7 Vergroten van de spleten ter voorkoming van "uitkoken"

## 5.2 Voorgelakte plaat

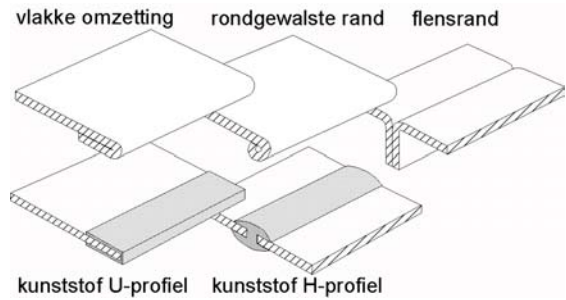
Bij voorgelakte plaat is het van belang dat de gewenste eigenschappen van de plaat tijdens het bewerkingsproces in tact blijven. Dit stelt grenzen aan de toegestane vervormingen en aan de noodzakelijke handeling. Het toepassen van een beschermfolie biedt in veel gevallen de gewenste oplossing, verhoogt eveneens de kosten (aanbrengen materiaal en verwijderen).

De snijkanten dienen te worden weggewerkt, zeker bij hoekconstructies, hiervoor is een constructieaanpassing veelal noodzakelijk (zie figuren 8 en 9).

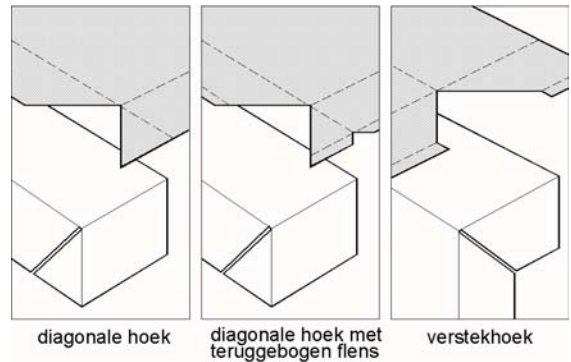
Voorgelakte plaat is niet lasbaar, mechanisch verbinden en/of lijmen bieden veelal goede oplossingen (zie figuur 10).

## 5.3 Metallisch beklede plaat

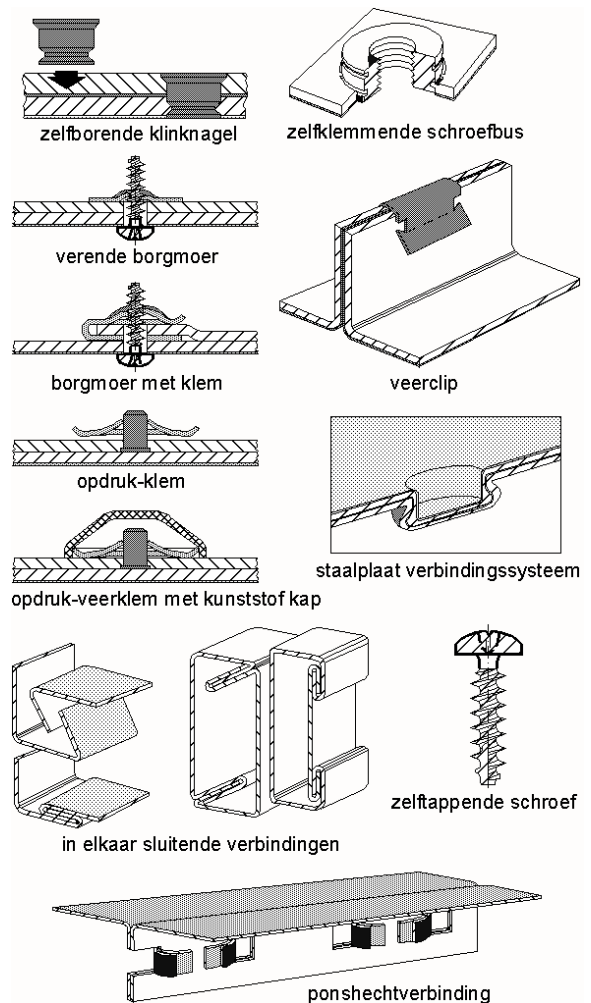
Metallisch beklede plaat kent aanzienlijk minder beperkingen dan voorgelakte plaat, hoewel het verbinden (lassen) speciale aandacht vraagt. Bij het lassen wordt de metallische laag (veelal zink) verbrand. Dit is schadelijk voor de gezondheid (goede afzuiging vereist) en voor de uiteindelijke corrosiewering. In sommige gevallen is nabehandelen met zinkstofverf gewenst en/of lakken van het complete product. Mechanisch verbinden kan een uitstekend alternatief zijn.



figuur 8 Bescherming van de snijranden [18]



figuur 9 Verschillende ontwerp-aanpassingen voor de hoeken van producten uit voorgelakte plaat [18]



figuur 10 Voorbeelden van mechanische verbindingstechnieken voor voorgelakte plaat [18]

## 5.4 Natlakken

### 5.4.1 Lakspuiten

#### *Laagdikte: Toegankelijkheid product*

Op de plaatsen waar het product van lak moet worden voorzien, moet het product toegankelijk zijn voor de spuitmond. In het algemeen zal de buitenkant beter bereikbaar en daardoor beter lakbaar zijn dan de binnenkant. Verder geldt dat hoe gladder en geslotener het oppervlak is, hoe gemakkelijker een egale laklaag kan worden aangebracht.

Om een egale laag te krijgen, moet de spuitmond elk deel van het oppervlak evenveel "zien". Bij opstaande constructie-elementen is dat lastig: er komt door schaduwwerking te weinig lak of er komt te veel lak op de "belendende percelen", omdat geprobeerd wordt om de schaduwwerking zoveel mogelijk op te heffen. In dit soort gevallen moet een lagere laagdikte worden toegestaan of de constructie worden aangepast. Ook de visuele eigenschappen van de lak kunnen hierdoor worden beïnvloed.

Verder dient men zich te realiseren dat de lak door of minstens in een luchtstroom naar het product wordt getransporteerd. Omdat deze luchtstroom op het product terugkaatst (vooral in de hoeken!), zal de laagdikte daar geringer zijn. Dit effect is veruit het sterkst bij luchtsputten en speelt veel minder bij het elektrostatisch spuiten, waar door het aanbrengen van een potentiaalverschil tussen spuitpistool en product de lak naar het product wordt toetrokken.

De zogenaamde "kooi van Faraday"-effecten kunnen hier echter tot vergelijkbare problemen leiden.

Voorgenoemde effecten treden ook op bij U-vormige openingen. als vuistregel kan hier worden gehanteerd dat als een opening een grotere diepte dan breedte heeft, dit gevolgen heeft voor het aanbrengen van de coating (zie figuur 10 B).

### 5.4.2 Dompellakken

#### **Ontluchten en uitdruipen**

Het grote voordeel van dompellakken is dat alle hoeken en gaten van het product met lak bedekt worden als alle aanwezige lucht uit het product kan ontsnappen. Het product moet echter ook voorzien zijn van voldoende druipgaten om de overtollige lak snel te kunnen laten ontsnappen.

#### **Laagdikte**

De laagdikte bij het eenvoudige dompellakken is niet constant. Tengevolge van de zwaartekracht is de laklaag aan de bovenzijde van het product lager dan aan de onderzijde en "zakkers" zijn nauwelijks te voorkomen.

#### **Elektroforese lakken: een bijzonder dompelproces**

Bij het elektroforese proces wordt een potentiaalverschil aangebracht tussen een elektrode in het bad en de in de lak ondergedompelde producten. Daardoor spelen laagdikteverschillen nauwelijks een rol. De lak krijgt hier een elektrische lading waardoor de lak op het product neerslaat (zie ook hoofdstuk 2). Waar de lak is neergeslagen, neemt de isolatiewaarde toe, zodat eerst de nog onbedekte productdelen worden bedekt. Ook nemen de dunneren lagen in dikte toe. De "kantendekking" bij het elektroforese lakproces overtreft die van het poederlakken.

### 5.5 Poederlakken

Het poederlakken geeft een vergelijkbare situatie als het natlakken, met dien verstande dat de terugkaatseffecten van het poeder minimaal zijn. De "kooi van Faraday"-effecten spelen echter een belangrijke rol, waardoor hoeken en gaten moeilijk bereikbaar zijn. Dit komt omdat bij het poederlakken (en bij sommige lakspuitapplicaties) gebruik wordt gemaakt van een potentiaalverschil tussen het spuitpistool en de lak. De hierdoor aangelegde veld-

sterkte neemt af naarmate de constructie meer is afgeschermd. Hierdoor neemt de laagdikte af. De eisen met betrekking tot de laagdikte dienen aan dit verschijnsel te worden aangepast als de constructie door overige functionele en technische eisen vastligt. Komt hierdoor de corrosiewering in het gedrang, dan kan bijvoorbeeld worden gekozen voor metallisch beklede plaat als uitgangsmateriaal. Het poederlakken geeft een betere "kantendekking" dan natlakken. Afhankelijk van de condities kan deze kantendekking tijdens het moffelproces deels teniet worden gedaan.

Metallic laksoorten kunnen bij poederen met terugwinning van het poeder soms kleur- en glansverschillen vertonen bij een toenemend aantal gebruikscycli van het poeder. Hierbij moet bij de keuze van het poeder rekening mee worden gehouden.

## 5.6 Metallisch bekleden

### 5.6.1 Elektrolytisch verzinken

Ook is hier speelt het "kooi van Faraday"-effect een rol, evenals het "uitkoken" of "uitbloeden" van de voorbehandelingzuren en zinkzouten van onder geplette kanten. Zorg voor minimaal 0,5 mm ruimte. Zie hiervoor ook § 5.1 "Algemene aspecten" bij "uitkoken uit spleten".

### 5.6.2 Thermisch verzinken

Thermisch verzinken is minder geschikt voor "dunne" dunne plaat (1 mm en minder) in verband met de thermische belasting.

De vervormingen van het materiaal zijn echter vooral toe te schrijven aan het vrijkomen van de aanwezige of ingebrachte spanningen of aan een ongelijkmatige verwarming van het product voornamelijk bij het neerlaten in het zinkbad.

Voorom vervormingen door:

- ▶ het aanbrengen van voldoende in- en uitvloe- en ontluchttingsgaten. Hierdoor kan het product voldoende snel in het bad worden neergelaten en wordt voorkomen dat vochtige lucht in het product achterblijft, waardoor explosies kunnen ontstaan;
- ▶ symmetrisch te ontwerpen;
- ▶ grote verschillen in staaldikte te voorkomen;
- ▶ een juiste lasvolgorde aan te houden;
- ▶ richtspanningen en spanningen door koudvervormen zo gering mogelijk te houden;
- ▶ constructies van dun plaatstaal zo uit te voeren, dat dit bij het verhitten in het zinkbad gelijkmatig kan uitzetten;
- ▶ Het aanbrengen van *gezette verstevingingen* in het plaatoppervlak.

## 6 Onderhoudsaspecten, herstel van deklagen

In dit hoofdstuk worden onderhoud, reparatie en "overcoatbaarheid" van de in de vorige paragrafen beschreven deklaagsystemen aan de orde gesteld. Deze aspecten kunnen van invloed zijn op de uiteindelijke keuze van het deklaagsysteem.

De praktijk: Een voorwerp is voorzien van een bepaalde oppervlaktebehandeling, maar er zijn defecten of beschadigingen opgetreden of er wordt om welke reden dan ook toch een andere kleur gewenst, opleg/ophangpunten, die zichtbaar blijven, onvoldoende laagdikte en/of hechting van de deklagen direct na de behandeling geconstateerd of na verloop van tijd, al deze zaken maken het noodzakelijk om herstel- dan wel onderhoudswerkzaamheden uit te voeren. De mogelijkheden voor het herstel van deze (kleine) gebreken in de productiefase, alsook de frequentie en de intensiteit van onderhoud bepalen mede de totale kosten van een product.

Defecten kunnen op velerlei wijzen ontstaan, maar zijn over het algemeen toe te schrijven aan een aantal hoofd-

oorzaken:

- ▶ de ondergrond (voorbehandeling, oppervlaktegesteldheid en/of samenstelling van het materiaal);
- ▶ de applicatie (instellingen van apparatuur, temperatuur, badsamenstellingen);
- ▶ droging en uitharding;
- ▶ de laagdikte;
- ▶ fabricage en handling (lassen, verpakken, intern- en extern transport).

Defecten kunnen invloed hebben op de corrosiewering, maar ook op het uiterlijk door verstoring van het oppervlak. De mogelijkheden voor en de wijze van herstel hangt samen met de functionaliteit van de betreffende deklagen.

Periodiek onderhoud aan de deklaag kan noodzakelijk zijn voor het blijven voldoen aan de functionaliteitseisen. Om bijvoorbeeld de corrosiewering te blijven waarborgen, zijn regelmatige inspectie, eventueel schadeherstel en hernieuwde deklagen een vereiste, maar anderzijds zijn er deklagen, die het product, waar ze op aangebracht zijn, vrijwel zonder onderhoud "overleven" (bijvoorbeeld kopieerapparaten en computerkasten). Met andere woorden: de onderhoudsfrequentie is afhankelijk van lokale omstandigheden.

Deze aspecten worden per type oppervlaktebehandeling in de volgorde van de hoofdstukken 2 en 3 behandeld.

## 6.1 *Organische deklagen*

### 6.1.1 *Natlakken*

Defecten, die bij laksystemen kunnen voorkomen zijn o.a. kratertjes, blaasjes, pinholes (gaatjes), kleur-, glans-, structuurverschillen/afwijkingen, slechte hechting, stofinsluitingen, onvoldoende laagdikte, enz. In hoeverre deze defecten aanleiding zijn tot afkeur hangt af van de functionaliteit, maar we gaan er hier vanuit, dat de afwijkingen moeten worden hersteld.

Dit kan technisch gesproken bij laksystemen met goed resultaat worden uitgevoerd. Veelal komt het neer op het plaatselijk of geheel overspuiten van een product, eventueel na fijn schuren van de te herstellen coating. Bij structuurlakken is dit minder eenvoudig, omdat er grotere laagdikteverschillen optreden. De meeste natlakken geven kort na de applicatie een goede hechting van volgende lagen, het verdient echter aanbeveling de leverancier van de lak te raadplegen over de condities voor het overspuiten. Bij het repareren van gemoffelde (natlak)lagen dient men vooraf advies in te winnen bij de fabrikant.

Zijn er beschadigingen tot op de ondergrond en bevindt het product zich in een corrosieve omgeving, dan zal ter plaatse van de beschadiging eerst de corrosiewering moeten worden hersteld (conversie laag, roestwerende primer, enz.) alvorens er geheel of gedeeltelijk (bijvoorbeeld alleen op zichtvlakken) een nieuwe laklaag wordt aangebracht.

Indien de gebruiksomstandigheden al dan niet in combinatie met de esthetische eisen hiertoe aanleiding geven, zal het plegen van onderhoud nodig zijn. Het best kan men vooraf bij de lakfabrikant vragen om een onderhoudsschema. Een schema omvat een advies voor inspecties (bijvoorbeeld om de 1,2 à 3 jaar, afhankelijk van de mechanische en/of chemische belasting van het coatingsysteem), het tussentijds herstellen van kleine beschadigingen, eventueel reinigingsadvies en het geheel overschilderen of spuiten na een nader te bepalen tijdsinterval en applicatievoorwaarden (reinen, ontvetten, schuren, atmosferische omstandigheden, enz.).

### 6.1.2 *Poedercoatings*

Bij poedercoatings kunnen vrijwel dezelfde defecten voorkomen als bij natlaksystemen. In een aantal gevallen kan een poederlak worden bijgewerkt met speciale

natlakken. Gebruikelijk is dan, dat na eventueel fijn schuren, het gehele oppervlak of alleen zichtvlakken worden overgespoten met een geschikte natlak.

In de meeste gevallen is het echter noodzakelijk om de defecte laag geheel te verwijderen en na uitvoering van de oorspronkelijke voorbehandeling opnieuw te coaten. Het plaatselijk en op locatie repareren van beschadigingen wordt meestal uitgevoerd met behulp van speciale lakken in een spuitbus. Het is echter vrijwel niet mogelijk om hiermee hetzelfde uiterlijk te verkrijgen als het gepoedercoate oppervlak. De corrosiewering kan wel goed worden hersteld op vergelijkbare wijze als bij natlakken. Buitenbestendige poederlakken hebben over het algemeen een langdurig glans- en kleurbehoud. Leveranciers adviseren om, afhankelijk van de plaatselijke omstandigheden, één of meerdere malen per jaar het gehele oppervlak te reinigen met geschikte, niet agressieve schoonmaakmiddelen. Deze procedure kan deel uitmaken van de garantie, omdat verontreinigingen de lak kunnen aantasten. De levensduur van de lak zou hierdoor verkort kunnen worden en kleur- en glansbehoud zullen minder zijn.

## 6.2 *Anorganische deklagen*

### 6.2.1 *Thermisch verzinken*

In hoofdstuk 2 is al vermeld, dat bij kleine beschadigingen in de zinklaag vrijwel geen corrosie zal optreden van het staal. Onbedekte plekken of beschadigingen tot ca. 10 cm<sup>2</sup> kunnen/mogen worden bijgewerkt op een aantal manieren:

- ▶ door middel van zinkspuiten (schooperen, zie 2.2.1.3);
- ▶ met een zinkrijke verf (aan te brengen met een kwast);
- ▶ met een zinklegeringsstaaf, waarbij door middel van een vlam de legering op het staal wordt gesmolten (vergelijkbaar met een soldeerproces).

Het uiterlijk van deze herstellmethoden zal enigszins afwijken van het oorspronkelijke zinkoppervlak. Dit effect kan door middel van zink-, zink/aluminium- of aluminium-spray worden verminderd. Ook door de verwerking van de zinklaag (en ook van de herstelde plekken) zal het verschil op den duur nagenoeg niet meer zichtbaar zijn. Indien er teveel en/of te grote beschadigingen zijn, kan men de betreffende delen beter opnieuw verzinken. De bestaande zinklaag wordt dan geheel verwijderd, omdat anders onvoldoende hechting wordt verkregen.

Onder normale atmosferische omstandigheden is in Nederland het thermisch verzinkte oppervlak vrij van onderhoud en heeft een zeer lange levensduur (> 25 jaar). Bij een zwaardere belasting (bijvoorbeeld chemische industrie) kan de zinklaag van een daarvoor geschikt verfsysteem worden voorzien (dit heet duplexsysteem en wordt bijvoorbeeld gedaan bij hoogspanningsmasten). Ook is het mogelijk om onderdelen te ontzinken en opnieuw te verzinken.

### 6.2.2 *Elektrolytisch verzinken*

De elektrolytisch aangebrachte zinklaag heeft een zeer goede hechting en is stootvast. De ondergrond wordt bij kleine beschadigingen beschermd tegen corrosie. Plaatselijk bijwerken van grotere onbedekte plekken is technisch mogelijk, maar in de praktijk zal men eerder kiezen voor ontzinken en opnieuw verzinken.

In niet agressief milieu en bij binnentoepassing behoeft de zinklaag geen onderhoud. Zijn de omstandigheden corrosiever dan verwacht, dan kan men, net als bij thermisch verzinkte delen, na verloop van tijd een geschikt verfsysteem aanbrengen.

### 6.2.3 *Anodiseren*

Een goede anodiseerlaag geeft een jarenlange bescherming en verfraaiing van aluminium delen en constructies. Een nadeel is, dat beschadigingen en vlekken tengevolge van (meestal) alkalische aantasting in de anodiseerlaag

vrijwel onherstelbaar zijn. Producten kunnen wel geanodiseerd en opnieuw geanodiseerd worden, bijvoorbeeld bij afkeur door onvoldoende laagdikte, te grote kleurverschillen en bij hinderlijke vlekvorming. Geanodiseerd aluminium moet dus met grote zorg worden behandeld tijdens bewerkingen, verpakking, transport, montage en andere activiteiten op de bouwplaats.

Om de anodiseerlaag zo lang mogelijk zijn beschermende en verfraaiende functie te laten behouden, is regelmatig onderhoud noodzakelijk. Stoffen, die de anodiseerlaag kunnen aantasten (bijvoorbeeld cement en beton), dienen zo snel mogelijk te worden verwijderd (voorkomen is beter!) door afwassen of spuiten met water. Hierbij mogen geen agressieve reinigingsmiddelen en/of schuur-sponzen worden gebruikt. Verder bestaat het onderhoud uit regelmatig (afhankelijk van de vervuilingsgraad) schoonmaken met water en uitsluitend synthetische reinigingsmiddelen.

#### 6.2.4 *Thermisch gespoten lagen, Schooperen*

Evenals bij thermisch verzinkt staal biedt het zink of de zinklegering van de schooperlaag kathodische bescherming, zodat bij een kleine beschadiging het staal vrijwel niet gaat roesten. Grotere plekken moeten opnieuw worden gestraald en gespoten.

Wanneer de laag te dun is aangebracht kan er, mits nog geen zinkzouten zijn gevormd, een volgende laag worden opgespoten.

Als de schooperlaag is voorzien van een sealerlaag en/of een verfsysteem of poedercoating, dan kunnen beschadigingen worden gerepareerd en onderhoud worden uitgevoerd als beschreven in 6.1.1 of 6.1.2.

#### 6.2.4 *Email*

Naast de vele voordelen van email is er ook een nadeel, het is vrijwel niet te repareren. Incidenteel zal het mogelijk zijn om een beschadigde plek met email te herstellen, maar meestal zal dat technisch niet uitvoerbaar zijn. De juiste keuze van de samenstelling van het email voor een bepaalde toepassing en een goede applicatie staan borg voor een jarenlang functioneren van deze deklaag. Door de grote bestendigheid tegen tal van stoffen is mechanische beschadiging de voornaamste bedreiging voor de levensduur van email. Eigenlijk behoeft email geen ander onderhoud dan eventueel reinigen, wat vanwege de geringe vuil aanhechting gemakkelijk uitvoerbaar is.

### 7 *Raamwerk voor keuzes bij organische deklagen: milieu, techniek en economie*

Wanneer natlakken, wanneer poedercoaten, wanneer voorgelakt, wanneer elektroforese lakken bij gelijkblijvende functionaliteit?

Het natlakken belast het milieu meer dan poederlakken en voorgelakte plaat. Daar staat tegenover dat er veel meer keuze is in kleur en glans en dat de stelkosten lager zijn dan bij poederlakken. Onder stelkosten worden de kosten verstaan, die gemaakt moeten worden voordat met het lakken van een nieuw product of een nieuwe serie van producten kan worden begonnen.

Op een zelfde manier verhoudt zich het poederlakken tot voorgelakte plaat. Dus hoe meer flexibiliteit wordt gevraagd, hoe moeilijker het is om voorgelakte plaat en tot op zekere hoogte poederlakken toe te passen.

Voorgelakte plaat vereist een minimum afnamehoeveelheid en een geschikte constructie. Is het gevraagde aantal kleuren beperkt (1 tot 3) en de afnamehoeveelheid groot genoeg, dan kan het elektroforese lakken goedkoper zijn dan voorgelakte plaat. Voor de vereiste corrosiewering kan van blanke plaat worden uitgegaan, omdat de snijkanten bedekt worden.

De kosten worden ook beïnvloed door de beschikbare productiemiddelen: is er wel of niet een lakinstallatie be-

schikbaar en heeft deze nog overcapaciteit? Dit speelt vooral een rol als men zelf over productiecapaciteit beschikt.

#### Het keuzeproces

Vertrekpunt zijn de technische en logistieke eisen: op basis hiervan kan het natlakken de enige keus zijn.

Is dit niet het geval, dan kunnen alternatieven worden afgewogen. Natlakken en poederlakken zijn uitwisselbare processen. In de meeste gevallen geldt dat ook voor elektroforese lakken.

Het toepassen van voorgelakte plaat vergt bijna altijd kleinere of grotere aanpassingen aan het ontwerp. Is voorgelakte plaat toepasbaar, dan zijn vaak aanzienlijke kostenbesparingen en andere voordelen te behalen door lagere doorlooptijden, lagere voorraden, minder personeelskosten en lagere milieukosten. In tabel 3 is een en ander weergegeven.

tabel 3 Overzicht van de keuzeparameters

	natlakken	poederlakken	voorgelakt	elektroforese
stelkosten	--	+/-	+	++
flexibiliteit	++	+	-*)	--
lakkosten	++	+	+/-	-
milieubelasting	++	+/-	--	-

++ zeer hoog; + hoog; +/- middelmatig; - laag; -- zeer laag.  
\*) Geldt voor niet standaardkleuren

### 8 *Uitgewerkte voorbeelden*

#### 8.1 *Inleiding*

Bij het ontwerpen van een product moet met veel zaken rekening worden gehouden. De functie (gebruiksdoel) is het uitgangspunt.

Randvoorwaarden zijn o.a.:

- ▶ het basismateriaal (in deze publicatie staal, aluminium en/of roestvast staal);
- ▶ de vorm (omgezette kanten, ergonomie, bereikbaarheid, ...);
- ▶ het uiterlijk (kleur, glans, oppervlaktestructuur, ...);
- ▶ de gewenste levensduur (corrosie, weersinvloeden, onderhoud, "mode", ...);
- ▶ productiemogelijkheden (seriegrootte, uitbesteding, ...);
- ▶ mechanische, chemische bestendigheid (degelijkheid, vandalisme, ...);
- ▶ de (kost)prijs (kwaliteit, afzetmogelijkheid, winst, ...).

Elk van deze randvoorwaarden brengt mogelijkheden en beperkingen met zich mee. Voor het kiezen van een oppervlakbehandeling moeten deze tegen elkaar worden afgewogen. Welke belangrijk zijn en welke minder wordt bepaald door de ontwerper, de gebruiker/opdrachtgever en/of de producent. De benodigde kennis voor een goede keuze is gegeven in voorgaande hoofdstukken: welke deklagen zijn er, wat zijn hun eigenschappen, hoe worden ze aangebracht, waar moet bij het ontwerp en constructie op gelet worden. In bijlage A zijn de meest gebruikte normen vermeld en kort beschreven. In dit hoofdstuk geven we aanvullende informatie voor een aantal van de hierboven genoemde randvoorwaarden en een aantal voorbeelden van dunne plaat producten met hun oppervlakbehandeling.

##### 8.1.1 *Basismateriaal*

Aandachtspunten bij de keuze van het basismateriaal zijn o.a. de verwerkbaarheid, de kostprijs en de toe te passen (of juist géén) oppervlakbehandeling. Niet alle besproken deklagen zijn probleemloos of zinvol aan te brengen op de metalen, waartoe deze publicatie zich beperkt.

Bijvoorbeeld: Aluminium is niet thermisch te verzinken, staal kan niet worden geanodiseerd en het heeft weinig nut om een corrosievast materiaal van een simpele corrosiewerende laag te voorzien (RVS elektrolytisch verzinken). Wel kunnen deze basismaterialen allen worden voorzien van een natlak of een poedercoating, zodat er veel kleur- en glansmogelijkheden zijn.

### 8.1.2 Vorm

In hoofdstuk 5 is uitgebreid ingegaan op de constructieve eisen, die afhankelijk van de gekozen oppervlaktebehandeling aan de vorm worden gesteld. Bij een dompelproces is de badafmeting een beperkende factor. Bij het thermisch verzinken bijvoorbeeld is het belangrijk, dat een voorwerp snel gedompeld en uitgehaald kan worden, dus moeten er voldoende grote, en op de juiste plaats gesitueerde in/uitstroom- en ontluchtingsopeningen aanwezig zijn. Als men hier vooraf te weinig rekening mee houdt, kan dat in de uitvoeringsfase betekenen dat de benodigde voorzieningen alsnog moeten worden getroffen, wat vaak tot minder fraaie en duurdere oplossingen leidt, of zelfs tot een minder gewenste oppervlaktebehandeling.

### 8.1.3 Uiterlijk

Als kleur, glans en/of oppervlaktestructuur belangrijke randvoorwaarden zijn, vervallen de metallieke deklagen als mogelijke oppervlaktebehandeling (uitgezonderd duplexsystemen). Aan de andere kant kan men ook juist kiezen voor de "zinkbloemen" van een thermische verzinkt staaloppervlak. Enkele organische deklagen zijn zeer beperkt in kleurkeuze (elektroforese, autoforese). Ze kunnen dan wel als ondergrond dienen voor een natlak of poederlak.

### 8.1.4 Levensduur

De levensduur van een object wordt o.a. bepaald door de kwaliteit en de juiste keuze van de oppervlaktebehandeling. De corrosiewering, kleur- en glansbehoud spelen hierbij een grote rol. In voorgaande hoofdstukken is het begrip corrosiewering meerdere malen gebruikt, maar "hoeveel corrosiewering" heeft een deklaag nu eigenlijk? Deze wordt vaak uitgedrukt in "uren zoutsproeitest" (zie bijlage A, normen voor oppervlaktebehandelingen). Een dergelijke testmethode geeft echter wel een vergelijking van de corrosiewering van verschillende deklagen, maar geen eenduidig inzicht in de levensduur van de deklaag in de gebruiksomstandigheden. Tabel 4 laat zien dat we deze gebruiksomstandigheden kunnen indelen in een aantal "corrosieklassen" (NEN-EN-ISO 12944 "Bescherming van staalconstructies tegen corrosie door verf-systemen", deel 2).

Aan de hand van deze corrosieklassen kunnen we (met de NEN-EN-ISO 12944, deel 5 als leidraad) een overzicht geven (zie tabel 5) van een minimaal aan te brengen deklaagsysteem (dus: geschikte voorbehandeling + deklagen). Het overzicht is niet volledig, maar als vuistregel bedoeld. In veel gevallen zijn meerdere behandelingen mogelijk. Daarnaast kunnen er bijvoorbeeld ook kwaliteitsverschillen in natlak en poederverven zijn, die van invloed zijn op de uiteindelijke levensduur. Overleg met applicateur en/of leverancier, zeker in het geval dat garantie gewenst of vereist is, wordt sterk aanbevolen.

Enkele kanttekeningen:

- Bij buitenexpositie moet, indien kleurbehoud gewenst is, worden gekozen voor een UV-bestendige eindlaag (bij natlak bijvoorbeeld polyurethaan en bij poedercoating bijvoorbeeld polyester).

tabel 4 Indeling naar corrosiecategorieën

Corrosieklasse/-belasting	Voorbeelden van de corrosieklassen	
	buitenexpositie	binnenexpositie
C1, zeer laag	—	Verwarmde ruimten: kantoren, scholen, winkels
C2, laag	Weinig verontreinigde atmosfeer: landelijke, bosrijke omgeving	Onverwarmde ruimten met mogelijke condensvorming: opslaghallen
C3, middelmatig	Stedelijke- en industriële atmosfeer; middelmatige zwaveldioxide verontreiniging. Kuststreken met weinig zoutbelasting	Productieruimten met hoge vochtigheid en enige luchtverontreiniging: voedingsmiddelenfabrieken, wasserijen, brouwerijen
C4, hoog	Industriële gebieden en kustgebieden met middelmatige zoutbelasting	Chemische fabrieken, zwembaden, scheepswerven aan de kust
C5-I, zeer hoog, industrieel	Industriële gebieden met hoge vochtigheid en agressieve atmosfeer	Gebouwen of gebieden met vrijwel permanente condensvorming en een hoge (lucht)verontreiniging
C5-M, zeer hoog, maritiem	Kust- en offshore gebieden met hoge zoutbelasting	Gebouwen of gebieden met vrijwel permanente condensvorming en een hoge (lucht)verontreiniging

tabel 5 Overzicht van een minimaal aan te brengen deklaagsysteem aan de hand van de corrosieklassen (geldt voor staal)

Klasse	Voorbehandeling	Aantal + soort deklagen	Totale laagdikte (µm)
C1	Ontvetten	1 laag (dompel)natlak of poedercoating	40
C1	Beitsen	elektrolytisch verzinken	5
C2	Stralen Sa2,5	2 lagen natlak of 2 lagen poedercoating	120 resp. 100
C2	Beitsen	elektrolytisch verzinken	12
C3	Stralen Sa2,5	2 lagen natlak of 2 lagen poedercoating	160 resp. 120
C3	Beitsen	thermisch verzinken	45 - 70
C4	Stralen Sa2,5	3 lagen natlak	200 - 240
C4	Beitsen	thermisch verzinken + 2 lagen poedercoating	200 - 240
C5-I	Stralen Sa2,5 - 3	3 lagen natlak	240 - 280
C5-I	Zinkfosfatering	2 à 3 lagen poedercoating	180 - 220
C5-M	Stralen Sa2,5 - 3	3 lagen natlak	280 - 320
C5-M	Zinkfosfatering	2 à 3 lagen poedercoating	200 - 240

- ▶ Bij corrosieklasse C4 kan in plaats van thermisch verzinken ook schooperen worden toegepast.
- ▶ De totale laagdikte voor een corrosieklasse kan variëren afhankelijk van de gekozen verftypes en fabrikant (bijvoorbeeld een zinkrijke primer wordt aangebracht in een dikte van ca 40 µm en een zinkfosfaat-epoxyprimer voor een gelijkwaardige corrosiewering in een dikte van ca 80 µm).
- ▶ De corrosiewering van elektrolytisch verzinkte oppervlakken wordt verhoogd door een aanvullende chromaatbehandeling.
- ▶ De benodigde laagdikte van anodiseerlagen op aluminium varieert van ca. 10 µm voor een niet-agressief milieu tot ca. 25 µm in een agressieve omgeving.
- ▶ Indien RVS vanwege een agressief milieu van deklagen moet worden voorzien, gelden vrijwel dezelfde laagdiktes en keuzes voor verf- of poederverftypes als bij gewoon staal.
- ▶ De levensduur wordt ook verlengd door op het goede moment en op de juiste wijze onderhoud te plegen. Dit aspect is in hoofdstuk 6 uitvoerig behandeld.

### 8.1.5 Productiemogelijkheden

De eigen productiemogelijkheden kunnen medebepalend zijn bij het ontwerp van nieuwe producten. Zijn alle benodigde metaalbewerkingsmachines aanwezig, is er een afdeling die een oppervlaktebehandeling kan uitvoeren en zo ja, zijn er beperkingen voor wat betreft de afmetingen, ophangmogelijkheden, apparatuur, is de capaciteit voldoende. Economisch gezien kan het dan interessant zijn om het ontwerp aan te passen aan deze mogelijkheden.

### 8.1.6 Mechanische- en chemische bestendigheid

Als het te ontwerpen product een bepaalde mechanische- en/of chemische bestendigheid moet hebben, zijn de materiaalkeuze in samenhang met een geschikte oppervlaktebehandeling belangrijke randvoorwaarden. In hoofdstuk 2 bij eigenschappen en bijlage A bij de normen is algemene informatie over o.a. hardheid, slijt- en stootvastheid en ook over bestendigheid tegen chemische stoffen gegeven. Voor specifieke waarden van bovengenoemde eigenschappen, al dan niet gerelateerd aan normen, verwijzen we naar de betreffende leveranciers.

### 8.1.7 (Kost)Prijs

Het laatst in deze rij, maar zeker niet de minste, is het kostenaspect van het te ontwerpen product. Eigenlijk is dat met alle andere randvoorwaarden verweven. Omdat voor veel producten geldt, dat er meerdere mogelijke combinaties van basismateriaal en geschikte dekla(a)g(en) zijn, kan de kostprijs van doorslaggevende betekenis zijn voor de uiteindelijke keuze. Een hogere kwaliteit en een daaruit voortvloeiende langere levensduur rechtvaardigt weliswaar een hogere verkoopprijs, maar als het product door een te hoge prijs niet afgenomen wordt .....?! De onderhoudskosten kunnen voor een aanvankelijk goedkoop product in de loop der jaren voor een aanzienlijke financiële tegenvaller zorgen.

## 8.2 Voorbeelden

### Voorbeeld 1: Afvalbakken (figuur 11)



figuur 11 Afvalbakken

De buitenbakken zijn van stevig, thermisch verzinkt staal (goede corrosiewering), dat ter verfraaiing is gepoedercoat (duplex systeem) in een opvallende kleur. De binnenbak is van sendzimir verzinkte staalplaat, hetgeen voor deze toepassing voldoende bescherming biedt en waaraan weinig visuele eisen worden gesteld.

### Voorbeeld 2: Kantoorkasten (figuur 12)



figuur 12 Kantoorkasten

Uitvoering in moffellak of poedercoating. Eventueel kan ook worden gewerkt met voorgelakte plaat. Uiterlijk glad of in fijne structuur, vanwege binnenopstelling zijn UV-resistentie en weerbestendigheid (corrosiewering) niet noodzakelijk.

### Voorbeeld 3: Huishoudelijke artikelen (figuur 13)



figuur 13 Diverse huishoudelijke artikelen

Huishoudelijke artikelen, waarbij de moffellak of poedercoating bestand moet zijn tegen reiniging in water met de gebruikelijke, niet-agressieve afwasmiddelen. Glansbehoud van de lak is hierbij een belangrijke randvoorwaarde. Ook zijn ter verfraaiing verchromde onderdelen verwerkt.

### Voorbeeld 4: Restafvalcontainer (figuur 14)



figuur 14 Restafvalcontainer

De staalplaat is beschermd tegen corrosie door middel van thermisch verzinken. De zinklaag kan tegen een stootje, hetgeen vanwege de functie zeker vereist is. Bij kleine beschadigingen blijft het omringende staal beschermd tegen corrosie vanwege de kathodische be-

scherming van de zinklaag. Bij het ontwerp is rekening gehouden met deze oppervlaktebehandeling, zodat de laag alzijdig op de juiste dikte is aangebracht.

**Voorbeeld 5: Brievenbus** (figuur 15)



figuur 15 Brievenbus

Gedeeltelijk RVS en gedeeltelijk staal, gepoedercoat. Corrosiewering en esthetica, deels door oppervlaktebehandeling (UV-bestendige eindlaag), deels door materiaalkeuze RVS). Goed voor een jarenlange bescherming tegen weer en wind.

**Voorbeeld 6: Voetgangerstunnel** (figuur 16)



figuur 16 Voetgangerstunnel Wilhelminaplein te Rotterdam

Geperforeerde, geëmailleerde stalen panelen sieren de wanden en plafonds. Hoogglanzend wit, bestand tegen agressief milieu, krasvast en onderhoudsarm. De onbrandbaarheid van email is een goede eigenschap voor de toepassing in tunnels.

**Voorbeeld 7: Kantoorgebouw** (zie figuur 17)



figuur 17 Kantoorgebouw in Zoetermeer

De borstwering van de betongevels is uitgevoerd in geanodiseerde aluminium panelen. Een uitstekende corrosiewering, die gemakkelijk te onderhouden is.

**Voorbeeld 8: Kleine onderdelen**



figuur 18 Kleine onderdelen behandeld met verschillende zinklegeringslagen

Onderdelen bijvoorbeeld voor de automobiellindustrie, die behandeld zijn met verschillende zinklegeringen. Deze worden langs elektrolytische weg aangebracht met speciale, veelal gepatenteerde samenstellingen. Naast extra corrosiewerende eigenschappen en diverse kleuren, zijn ook wrijvingsverminderende behandelingen mogelijk.

**9 Referenties**

- [1] Boer, R. de, Handboek Galvanotechniek, uitgave SBG, 1991.
- [2] Eijnsbergen, J.H.F. van, Duplex Systems, Hot-dip galvanising plus Painting, 1994.
- [3] Goldschmidt, A., Streitberger, H.-J., BASF Handbuch Lackiertechnik, 2002.
- [4] Guide for the protection of steel with Thermal Sprayed Coatings of Aluminium and Zinc and their Alloys and Composites, ANSI/AWS C2.18-93 (ISO/TC 107/SC 5 N 100).
- [5] Handboek bedrijfsvoering industrieel coaten, uitgave VOM, 1998.
- [6] Heerings, J.H.A.M., Sipkes, M.P.; LM.94.04 - "Backing en nabehandeling bij het lassen van roestvast staal", uitgave FME, juni 1994.
- [7] Houben, J.M., Torre, D. van der; VM 95 - "Thermisch spuiten", uitgave FME-CWM, november 1992.
- [8] Jongman, R., RAL, een kwestie van kiezen, voordracht, Oppervlaktetechnieken 1, januari 2003.
- [9] Klis, T. van der, Vademecum Oppervlaktetechnieken, zesde uitgave, 2002.
- [10] Machu, W., Elektro-tauchlackierung, 1973.
- [11] MCB Boek, Uitgave Metaalcompagnie "Brabant" B.V. 9e druk, november 1997.
- [12] Nijveld, W.J., Elektroforetisch lakken, uitgave Pieter Schoen, 1966.
- [13] Pietschmann, J., Powder Coating, Failures and Analyses, 2004.
- [14] Stichting Anodiseren; Aluminium en Anodiseren, vijfde uitgave 1997.
- [15] Stichting Doelmatig Verzinken, Informatiebladen Thermisch verzinken, deel 1.2: procesverloop bij het discontinue verzinken.
- [16] Uittenbroek, E., Wat maakt het leven kleurrijk?, Scriptie opleiding Coating Technologie, Oppervlaktetechnieken 1, januari 2003.
- [17] Voogd, J.T., PT Opleidingen: Afwerken, lakken, april 1997.
- [18] Bolt, P.J., Broek, J.G.M. v.d.; VM 109 - "Voorge-lakte staalplaat voor binnengebruik", uitgave FME, november 1995.

**Internet sites**

- www2.nen.nl  
NEN (voormalig Nederlands Normalisatie Instituut)
- www2.din.de  
Deutsches Institut für Normung
- www.bsonline.bsi-global.com  
British Standards
- www.iso.org  
International Standard Organisation
- www.ngo-sbg.nl  
Vereniging van galvanische ondernemingen
- www.sdvonline.nl  
Stichting Doelmatig Verzinken
- www.thermisch-sputten.nl  
Vereniging Thermische Spuittechnieken
- www.visem.nl  
Vereniging van Industriële Spuit- en Moffelbedrijven
- www.galvaonline.com  
Portal für Galvano- und Oberflächentechnik
- www.ral.de  
Reichs-Ausschuss für Lieferbedingungen
- www.coating-online.nl  
Website over coatingtechnieken



[www.fdp.nl](http://www.fdp.nl)  
Federatie Dunne Plaat

[www.vom.nl](http://www.vom.nl)  
Vereniging voor Oppervlaktetechnieken van Materialen

[www.autoforese.pt](http://www.autoforese.pt)  
Autoforese te Portugal

[www.ahrendonline.nl](http://www.ahrendonline.nl)  
Koninklijke Ahrend N.V., Amsterdam

[www.bammens.nl](http://www.bammens.nl)  
Koninklijke Bammens B.V., Maarssen

[www.brabantia.com](http://www.brabantia.com)  
Brabantia Valkenswaard

[www.kampcoating.nl](http://www.kampcoating.nl)  
Kamp Coating Groep, Apeldoorn

[www.mavom.nl](http://www.mavom.nl)  
Mavom B.V., Alphen a/d Rijn

[www.mcb.nl](http://www.mcb.nl)  
MCB Nederland B.V., Valkenswaard

[www.nfb.nl](http://www.nfb.nl)  
NFB Coating/NFB Finishing, Best

[www.syntens.nl](http://www.syntens.nl)  
Syntens Den Haag, Innovatienetwerk voor  
Ondernemers

[www.minkels.nl](http://www.minkels.nl)  
Minkels B.V., Veghel

## BIJLAGE A Normen voor oppervlaktebehandelingen

### Inleiding

Een norm is een afspraak, die op vrijwillige basis tot stand komt, door overeenstemming tussen de belanghebbende partijen. Een norm bevat regels, richtlijnen of kenmerken voor gemeenschappelijk en herhaald gebruik. Het belangrijkste doel van normen is het voorkomen van verwarring en het besparen van tijd, geld en/of materiaal. Dat wordt gedaan door het vastleggen van bijvoorbeeld technische specificaties, standaard afmetingen en kwaliteitsomschrijvingen.

Partijen kunnen ook zonder normen of afwijkend ervan afspraken maken over de te leveren kwaliteit. Bijvoorbeeld visuele aspecten zijn vaak moeilijk vast te leggen in een norm, terwijl deze belangrijk en zelfs essentieel kunnen zijn voor bepaalde producten. Van grote invloed hierop is de oppervlaktestructuur van het grondmateriaal, zodat daar in voorkomend geval ook eisen aan gesteld moeten worden, of men kan er met de materiaalkeuze rekening mee houden. Indien de partijen hierover vooraf overeenstemming bereiken, kan dat teleurstellingen en onnodige kosten achteraf voorkomen.

De normen voor oppervlaktebehandelingen betreffen oppervlaktestructuur, voorbehandelingen, deklagen en keuringsmethoden. In dit hoofdstuk zullen de meest toegepaste normen worden genoemd en wordt er een korte beschrijving gegeven.

De normaanduidingen bestaan uit een afkorting van het betreffende normalisatie-instituut, een nummer, meestal gevolgd door het jaartal van uitgave en veelal een afkorting voor de taal, waarin de norm geschreven is. De afkortingen worden hieronder toegelicht:

NEN: Nederlandse Norm  
 NPR: Nederlandse Praktijk Richtlijn  
 EN: Europese Norm  
 ISO: International Standard Organisation  
 DIN: Deutsches Institut für Normung  
 BS: British Standard  
 en: De norm is in het engels geschreven  
 nl: De norm is in het Nederlands geschreven

Voor de volledige teksten verwijzen we naar het Nederlands Normalisatie Instituut, tegenwoordig "NEN" geheeten, te Delft.

### Oppervlaktestructuur

Norm	Omschrijving
NPR 3634:2002 nl	Aanduiding van oppervlakteruwheidseisen op technische tekeningen voor werkstukoppervlakken.
NPR 3637:1999 nl	Richtlijn voor het verband tussen de functie van een werkstukoppervlak en de ruwheidswaarde.
NPR 3638:1997 nl	Richtlijn voor bereikbare waarden van de ruwheid bij verschillende bewerkingsmethoden.
NEN-EN-ISO 4288:1998 nl	Geometrische productspecificaties. Geeft regels voor vergelijking van gemeten waarden met de tolerantiegrenzen voor oppervlaktegesteldheidsparameters.
NEN-EN-ISO 8503:1995 en	Vorbereiding van oppervlakken van staal voor het aanbrengen van verf en aanverwante producten. Eigenschappen van het gestraalde staaloppervlak Deel 1: Specificaties en definities voor vergelijkingsmonsters voor de ISO-ruwheid voor de beoordeling van gestraalde oppervlakken. Deel 2: Methode voor de bepaling van de ruwheid van gestraalde oppervlakken van staal. Methode met vergelijkingsmonsters. Deel 4: Methode voor de kalibratie van vergelijkingsmonsters voor de ISO-ruwheid en voor de bepaling van de ruwheid. Methode met een taster.

### Voorbehandelingen en conversielagen

Op het gebied van reinigen en ontvetten zijn vrijwel geen normen ontwikkeld. Hoe schoon een oppervlak moet zijn, is o.a. afhankelijk van reinigingsmethode, soort deklaag en de eisen, die daaraan worden gesteld. De mate van reinheid is meestal gebaseerd op ervarings-

gegevens of wordt proefondervindelijk vastgesteld, bijvoorbeeld door middel van hechtingstesten op de deklaag. Uitzondering hierop is de reinheid, die door middel van stralen wordt verkregen (zie onderstaand overzicht). Verder worden hieronder de normen voor conversielagen vermeld.

Norm	Omschrijving
<b>Voorbehandelingen:</b>	
BS 7773:1995 en	Beschrijving van reinigingsprocessen en behandelingsmethoden.
NEN-EN-ISO 12944-4:1998 en	Bescherming van staalconstructies tegen corrosie d.m.v. verfsystemen. Beschrijving van soorten oppervlakken en oppervlaktevoorbehandeling.
NEN-EN-ISO 8504:2001 en	Voorbehandeling van staal voor het aanbrengen van verven en aanverwante producten. Oppervlaktevoorbehandelingsmethoden. Deel 1: Algemene principes Deel 2: Stralen Deel 3: Handmatige- en machinale reiniging
NEN-EN-ISO 8501-1:2001 en	Voorbehandeling van staal voor het aanbrengen van verven en aanverwante producten. Visuele beoordeling van de oppervlaktereinheid. Deel 1: Voorbehandeling voor roest van niet-bekleed staal en van staal na verwijdering van voorgaande deklagen.
NEN-EN-ISO 8501-1:2001/A1:2001 en	Aanvulling op NEN-ISO 8501-1:2001: Representatieve fotografische voorbeelden van de uiterlijke verandering van staal, na gestraalde behandeling met verschillende straalmiddelen.
NEN-EN-ISO 4618-3:1999 nl	Verven en vernissen. Dit deel beschrijft specifieke termen en definities voor de oppervlaktevoorbehandeling en methoden van aanbrengen.
NEN-EN-ISO 13507:2001 en	Thermisch spuiten. Eisen m.b.t. de methoden van voorbehandeling en het resultaat van de voorbehandeling.

Norm	Omschrijving
<b>Conversielagen:</b>	
NEN-EN 12476:2000 en	Fosfaatdeklagen op metalen. Methode om de eisen op te geven.
NEN-EN 2437:2002 en	Luchtvaart serie. Chromaat conversie lagen (geel) op aluminium en aluminium legeringen.
NEN-EN-ISO 3613:2001 en	Chromaatdeklaag op zink, cadmium, aluminium-zinklegeringen en zink-aluminium legeringen. Beproevingmethoden.
NEN-EN-ISO 3892:2001 en	Conversiedeklagen op metallieke materialen. Bepaling van de massa van de deklaag per eenheid van oppervlak. Gravimetrische methoden.
NEN-EN 12487:2000 en	Corrosiebescherming van metalen. Gespoelde en niet-gespoelde chromaatdeklagen op aluminium en aluminiumlegeringen
DIN 50939:1996	Corrosiebescherming. Chromateren van aluminium. Beschrijving van behandelings- en testmethoden.

## Deklagen

Norm	Omschrijving
<b>Organische deklagen:</b>	
NEN-EN-ISO 4618:1999 nl	Verven en vernissen. Definieert speciale termen voor verfkarakteristieken en -eigenschappen, die op het gebied van verfproducten (verven, vernissen en aanverwante producten) worden gebruikt.
NEN-EN 12206:2004 en	Deklagen op aluminium en aluminium legeringen voor architectonische doeleinden. Dit deel behandelt deklagen van poederverf. Voorbehandeling, poedermateriaal, het proces van aanbrengen en het gereed product.
NEN-EN-ISO 12944-5:1998 en	Bescherming van staalconstructies tegen corrosie door middel van verfsystemen. Deel 5 beschrijft begrippen, verschillende verftypes, mogelijke verfsystemen afhankelijk van belastingsklassen (welke worden gegeven in NEN-EN-ISO 12944-2:1998 deel 2). In de bijlage worden een aantal algemene eigenschappen van diverse bindmiddelen genoemd.
NPR 7452:1999 nl	Toelichting op de NEN-EN-ISO 12944:1998, deel 1 t/m 8 (vertaling plus uitleg van de implementatie van de norm, gericht op de Nederlandse situatie).
NEN-EN 1396:1997 nl	Specificaties voor bandgelakte plaat uit aluminium en aluminiumlegeringen in diktes tot 3 mm.
<b>Niet organische deklagen:</b>	
NEN-EN-ISO 1461:1999 nl	Door thermisch verzinken aangebrachte deklagen op ijzeren en stalen voorwerpen. De norm specificeert algemene eigenschappen en methoden voor beproeving van de zinklaag, die niet meer dan 2% andere metalen mag bevatten.
NEN-EN 10326:2004 en	Eisen voor continue gedompelde metaallagen van diverse zink-, aluminium- en zink-aluminium legeringen op staalplaat tot 3 mm dik.
NEN-EN-ISO 12329:2000 nl	Corrosiebescherming van ijzeren en stalen producten door elektrolytisch aangebrachte deklagen van zink met aanvullende (chromaat)behandeling. Beschreven wordt o.a. de zinklaagdikte en de corrosieweerstand.
NEN-EN-ISO 14713:1999 nl	Leidraad voor de bescherming van ijzer en staal in constructies tegen corrosie door zink- en aluminium deklagen. Verschillende methoden van aanbrengen worden beschreven.
NEN 5255:1976 nl	Anodische oxidelagen op aluminium en aluminiumlegeringen, aangebracht volgens een gelijkstroom/zwavelzuur- of gelijkstroom/zwavelzuur/oxaalzuurproces. De norm beschrijft eisen waaraan op deze wijze aangebrachte lagen moeten voldoen en de beoordeling hiervan.
NEN-EN-ISO 2063:2005 en	Corrosiebescherming van ijzer en staal met zink-, aluminium- of aluminiumlegeringslagen, aangebracht door middel van thermisch spuiten. De norm beschrijft eigenschappen en testmethoden.
NEN 2711:1990 nl	Deze norm bevat termen en definities, die gebruikt worden in samenhang met emaildeklagen op metalen en glas.
NEN-EN 10209:1996 nl	Technische leveringsvoorwaarden voor koudgewalste, platte producten van laag koolstofstaal om te emailleren.
NEN-EN 14431:2004 en	Kenmerken van deklagen van email, aangebracht op stalen panelen voor de architectuur. Beschreven worden functionele- en esthetische eigenschappen en weerstand tegen graffiti.
<b>Combinatie van deklagen:</b>	
NEN-5254:2003 nl	Het industrieel aanbrengen van organische deklagen op thermisch verzinkte of geshardiseerde producten (duplex-systeem). De norm regelt de afspraken, die gemaakt moeten worden tussen opdrachtgever, verzinkerij en applicateur van de organische deklaag. Daarnaast bevat deze norm aanvullende kwaliteitseisen voor de zinklaag, de voorbehandeling en de organische deklaag.

## Testmethoden

Norm	Omschrijving
<b>Organische deklagen:</b>	
NEN-EN-ISO 2808:1999 en	Laagdikte. Methoden voor laagdiktemetingen van organische (niet metallieke) coatings op een ondergrond.
NEN-EN-ISO 2178:1995 en	Laagdikte. Meting van de laagdikte van niet-magnetische deklagen op magnetische oppervlakken.
NEN-EN-ISO 2360:2003 en	Laagdikte. Meting van de laagdikte van niet-geleidende deklagen op niet-magnetische, elektrisch geleidende oppervlakken d.m.v. pulsgevoelige wervelstroommethode.
NEN-EN-ISO 2815:2003 en	Hardheid. Meting van de weerstand tegen indrukken volgens de methode van Bucholz.
NEN-EN-ISO 2409:1994 en	Hechtingstest van organische deklagen op harde en zachte ondergronden d.m.v. de zgn. ruitjesproef. De methode geeft geen hechtsterkte aan, maar is bedoeld als goed- of afkeur-criterium. Voor laagdiktes tot 250 µm.
NEN-EN-ISO 6860:1995 en	Buigproef. Deze norm beschrijft een testprocedure voor het vaststellen van de weerstand tegen scheuren en/of onthechten van een coating (bestaande uit 1 of meerdere lagen) d.m.v. buigen van een testpaneel om een conische doorn.
NEN-EN-ISO 1518:2000 en	Krasproef. Bepaling van de indrukking door te krassen met een naald met halfronde top.
NEN-EN-ISO 4623:2002 en	Corrosie. Deel 1: Bepaling van de beschermende werking van een coating op staal tegen filiforme corrosie vanuit een kras. Deel 2: Bepaling van de beschermende werking van een coating op aluminium tegen filiforme corrosie vanuit een kras.
ISO 9227:1990 en	Corrosie. Beschrijving van apparatuur, reagentia en werkwijze van verschillende zoutspreitesten. Voor organische deklagen wordt meestal toegepast de "neutrale zoutspreitest" (NSS)
NEN-ISO 3668:2001 en	Kleuren. Visuele vergelijking van de kleuren van verf (geldt niet voor speciale effect verven zoals metallics).
NEN-EN-ISO 2813:1999 en	Glans. Meting van de glans (spiegelende reflectie) van niet metallieke verflagen onder een hoek van 20°, 60° resp. 85°.
NEN-EN 13523 en	Bandgelakte metalen. De norm bestaat uit 27 delen en beschrijft diverse beproevingsmethoden. We noemen hier een aantal: Deel 0:2001 Algemene introductie en lijst van methoden. Deel 1:2001 Laagdikte. Deel 2:2001 Spiegelglansgraad. Deel 3:2001 Kleurverschil, instrumentele vergelijking Deel 22:2003 Kleurverschil, visuele vergelijking. Deel 6:2002 Hechting na indrukking (indeukproef). Deel 8:2002 Weerstand tegen zoutnevel. Deel 12:2004 Weerstand tegen krassen.
<b>Niet organische deklagen:</b>	
NEN-EN-ISO 2064:2000 en	Laagdikte. Definities en afspraken over de meting van laagdiktes. Betreft metallieke- en andere niet-organische deklagen op elke ondergrond.
NEN-EN-ISO 3882:1994 en	Laagdikte. Overzicht van methoden voor het meten van de laagdikte van metallieke- en andere niet-organische deklagen op metallieke- en niet-metallieke ondergronden.
NEN-EN-ISO 1463:2004 en	Laagdikte. Meting van laagdikte van metaal- en metaaloxidelagen d.m.v. microscopische waarneming op doorsnede van de deklaag (metallieke deklagen, oxidelagen en emails).
NEN-EN-ISO 1461:1999 nl	Thermisch verzinken. Zie beschrijving bij "anorganische deklagen". Meting van laagdiktes en hechting.
NEN-EN-ISO 2819:1994 en	Hechting. De norm beschrijft hechtingsproeven van elektrolytisch en chemisch aangebrachte deklagen op metallieke oppervlakken. Aangegeven wordt welke methode toegepast kan worden op welke deklaag.
NEN-EN-ISO 2063:2005 en	Thermisch spuiten. Testmethoden. Zie beschrijving bij "anorganische deklagen".
NEN-EN 12373 en	Anodiseren van aluminium en aluminiumlegeringen. Deze norm bestaat uit 19 delen, waarvan er hier enkele genoemd worden: Deel 1:2001 Methode voor het specificeren van decoratieve en beschermende anodische oxidelagen op aluminium en aluminiumlegeringen. Deel 3:1998 Bepaling van de dikte van de anodiseerlaag. Deel 5:1998 Beoordeling van de kwaliteit door meting van doorslag. Deel 6:1998 Beoordeling van de kwaliteit door meting van massaverlies. Deel 8:1998 Bepaling van de vergelijkende kleurechtheid van anodiseerlagen. Deel 11:2000 Meting van reflectie en glans van anodiseerlagen.
NEN 5255:1976 nl	Anodiseren van aluminium en aluminiumlegeringen (zie ook bij "niet-organische deklagen"). De norm beschrijft beproevingsmethoden voor het bepalen van de laagdikte, de afsluiting (sealing) en de kleurvastheid.
NEN-ISO 13805:1999 en	Email. Bepaling van de hechting van email op aluminium m.b.v. een elektrolytische oplossing.
NEN 2708:1990 nl	Email. Deze norm beschrijft de hoogspanningsmethode voor het vaststellen en lokaliseren van fouten en/of zwakke plekken in de geëmailleerde producten. Bij fouten of zwakke plekken werkt deze methode destructief.
NEN-EN-ISO 8289:2001 en	Email. Het vaststellen en lokaliseren van fouten en/of zwakke plekken in de emailaag tot op het basismateriaal, d.m.v. een laagspanningsproef. Deze methode is niet-destructief.
NEN-EN-ISO 15695:2001 en	Email. Testmethode voor de bepaling van de krasweerstand van oppervlakken van email.

**BIJLAGE B****Verklarende woordenlijst**

Agitatie	Badbeweging (bijvoorbeeld roeren, luchtdoorblazing)
Alkalisch ontvetten	Ontvetten in water met zeep en/of zeepachtige verbindingen
Benatting/benatten	De mate waarin een vloeistof contact heeft met het (metaal)oppervlak
Dampontvetten	Ontvetten in de damp van organische oplosmiddelen
Elektrolytisch ontvetten	Ontvetten in een alkalische reiniging, waarin een gelijkstroomkring is opgenomen
Emulsie	Mengsel van water met oliën en/of vetten
Gedemineraliseerd water	Water waaruit (metaal)zouten zijn verwijderd
HVLP	High Volume Low Pressure = hoog volume lage druk (hoogrendement)sputapparatuur
Kathodische bescherming	Het onedeler metaal oxideert ten gunste van het te beschermen metaal, waar het mee in (elektrisch) contact staat
Kooi van Faraday-effect	Het verschijnsel dat door metalen omsloten ruimtes geen of nauwelijks elektrische velden bezitten. Hierdoor worden coatingsprocessen die van elektrische velden gebruik maken, verstoord.
Metallieke deklaag	Deklaag, die voornamelijk uit metaal bestaat
Micrometer (µm)	Eénderuitendste deel van een millimeter
Nozzle	Sputopening (uitgedrukt in mm's of inches)
pH	Logaritmische waarde van de concentratie van waterstofionen in waterige oplossingen (zuurgraad). De waarden lopen van 0 tot 14, waarbij 7 neutraal is, <7 zuur en >7 basisch (alkalisch)
Oppervlaktegesteldheid	De chemische (oxidatie)- en mechanische (structuur, ongewenste vervormingen) toestand van een (metaal)oppervlak
Oppervlaktestructuur	De vorm van een (metaal)oppervlak in de doorsnede bezien
Organisch	Koolstof bevattend
Oxide	Verbinding van een metaal met zuurstof
Polijssten	Het glanzend maken van een metaaloppervlak d.m.v. een gladdrukkende bewerking
Solventreinigen	Reinigen m.b.v. organische oplosmiddelen
Structuurlakken	Lakken die aan het oppervlak een bepaalde vorm geven
Ultrasoon reinigen	Ontvetten in oplosmiddelen of in waterig milieu, waarbij agitatie plaatsvindt door ultrageluidsgolven
Vernevelen	Het in lucht zeer fijn verdelen van een vloeistof (bijvoorbeeld verf)





## Auteurs

Deze voorlichtingspublicatie is opgesteld in opdracht van het NIMR in het kader van het project 'Nieuwe coating-technieken voor het MKB. Hierbij waren de volgende organisaties betrokken:

Federatie Dunne Plaat (FDP), Industrieel Technologie Centrum (ITC), Nederlands Instituut voor Lastechniek (NIL), Netherlands Institute for Metals Research (NIMR), Syntens en Vereniging FME-CWM.

De auteurs, H. Raaijmakers (Federatie Dunne Plaat) en J. Bosveld (VOM) werden ondersteund door een begeleidingsgroep bestaande uit: J. van de Put (Syntens), G. Vaessen (GVA), P. Boers (FME-CWM), R. Hagemans (Ahrend Productiebedrijf), G. van Wijngaarden (MCB Nederland B.V.), N. van der Pas (Minkels B.V.), H. Koelewijn (Mavom B.V.), G. Schmittmann (Stichting Doelmatig Verzinken), T. Termate (Kamp Coating B.V.), G. Neggers (NFB Coatings B.V.).

Tevens met dank aan de volgende firma's in verband met hun bijdrage: Koninklijke Bammens B.V., Koninklijke Ahrend B.V. en Brabantia B.V.

## Technische informatie:

Voor technisch inhoudelijke informatie over de in deze voorlichtingspublicatie behandelde onderwerpen kunt u zich richten tot de auteurs H. Raaijmakers (tel.: 030-6000005, e-mail: raaijmakers@fdp.nl) en J. Bosveld (tel.: 030-6300390, e-mail: bosveld@vom.nl).

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

### Vereniging FME-CWM / Industrieel Technologie Centrum (ITC)

Bezoekadres: Boerhaavelaan 40,  
2713 HX ZOETERMEER  
Correspondentie-adres: Postbus 190,  
2700 AD ZOETERMEER  
Telefoon: (079) 353 11 00/353 13 41  
Fax: (079) 353 13 65  
E-mail: pbo@fme.nl  
Internet: www.fme-cwm.nl

### Nederlands Instituut voor Lastechniek (NIL)

Adres: Krimkade 20,  
2251 KA VOORSCHOTEN  
Telefoon: (071) 560 10 70  
Fax: (071) 561 14 26  
E-mail: info@nil.nl  
Internet: www.nil.nl



Netherlands Institute  
for Metals Research



Federatie  
dunne plaat



SenterNovem



FME CWM

ahrend



MAVOM  
CHEMICAL SOLUTIONS



MINKELS  
BASICALLY TO HOUSE ELECTRONICS



NFB  
COATINGS BV  
INDUSTRIËLE LAK EN POEDERCOATING

© Vereniging FME-CWM/september 2005

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

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

Vereniging FME-CWM  
afdeling Technische Bedrijfskunde  
Postbus 190, 2700 AD Zoetermeer  
telefoon 079 - 353 11 00  
telefax 079 - 353 13 65  
e-mail: pbo@fme.nl  
internet: www.fme-cwm.nl