

# Kwaliteitsborging van (harde) deklagen

Deze publicatie is gemaakt om inzicht te geven in de kwaliteitsaspecten die bij het vervaardigen van (harde) deklagen aan de orde komen. Naast deze publicatie verschijnen in het kader van het project "Nieuwe coating-technieken 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.05.26 "Coaten van producten uit dunne plaat".

## Inhoud

1	Inleiding	1
2	Kwaliteitseisen vaststellen: functionaliteit van een deklaag/ondergrond combinatie	2
3	Formulieren van kwaliteitseisen tijdens het ontwerp	3
4	Documenteren en overdragen van kwaliteitseisen tussen partijen: het instrument van de procesbeschrijving	5
4.1	Algemene opzet	5
4.2	Stappen	5
4.3	Versnelde generieke procedure	6
5	Kwaliteit, hoe en waarom	6
6	Model Procesbeschrijving	7
Bijlage 1	Voorbeeld van beschrijving van een te bedekken product	8
Bijlage 2	Checklist	9
Bijlage 3	Model Procesbeschrijving	11
Bijlage 4	Technische zwaarte	18
Bijlage 5	Overzicht tests en bijbehorende proefstukvormen	19
Bijlage 6	Niet-Destructief Onderzoek (NDO) aan deklagen	21
Bijlage 7	Eisen voor de inhoud van testdocumenten	22
Bijlage 8	Kwaliteitscontrole in detail	23
	Literatuur en referenties	27

## 1 Inleiding

In de metaalverwerkende industrie, en zeker in de maritieme sector, de procesindustrie en de energietechnologie, is de behoefte aan hoogwaardige - harde<sup>1</sup> - deklagen de laatste jaren sterk toegenomen. Verbetering van betrouwbaarheid, rendement en levensduur van producten en apparatuur staan hierbij vaak voorop, evenals de te bereiken vermindering van de milieubelasting. Kwaliteitsborging en afnamecontrole spelen daarbij een belangrijke rol.

Wij onderscheiden in deze publicatie twee partijen:

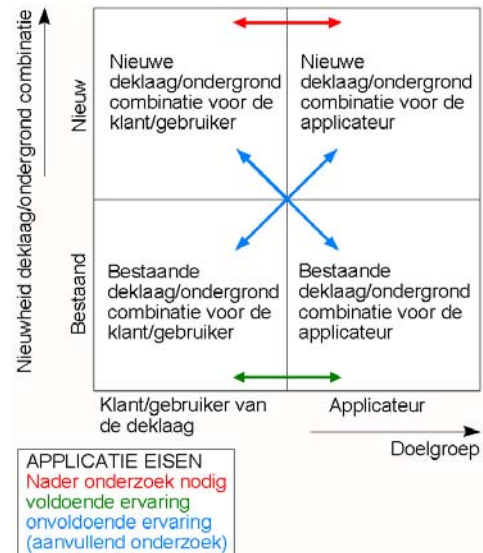
- ▶ *De klant.* Producent of bedenker van producten die een deklaag nodig heeft.
- ▶ *De applicateur.* Bedrijf dat in opdracht van de klant een deklaag aanbrengt.

Bij kwaliteitsborging van een (harde) deklaag op een ondergrond zijn er vier verschillende mogelijke situaties: de eerste twee worden bepaald door het feit of de deklaag/ondergrond combinatie reeds eerder is toegepast, of dat er sprake is van een nieuwe toepassing.

Mogelijkheid drie is kwaliteitsborging vanuit het perspectief van de klant, mogelijkheid vier vanuit het perspectief van de applicateur. Dit wordt in figuur 1 geïllustreerd.

Deze publicatie is er vooral op gericht om de ontwerper /constructeur bij de klant van de deklaag (of wie dan ook het initiatief neemt om een deklaag op een ondergrond toe te passen) te informeren over kwaliteitsborging - en in het verlengde daarvan - afnamecontrole.

In figuur 1 betekent dit dus dat het vooral om de twee linker kwadranten gaat.



figuur 1 De vier situaties waarin kwaliteitsborging kan plaatsvinden

Het proces van kwaliteitsborging bestaat in wezen uit drie stappen:

- 1) Door de klant vaststellen van de functionele eisen waaraan de deklaag/ondergrond combinatie moet voldoen;
- 2) Communicatie tussen klant en applicateur over deze eisen;
- 3) Het vastleggen van afspraken tussen de klant en de applicateur met betrekking tot kwaliteitsborging en hoe deze te controleren bij levering.

Het toepassen van een procedure voor kwaliteitsborging draagt ertoe bij dat bij een klant/toepasser van een deklaag op een ondergrond (het uiteindelijke product) het vertrouwen toeneemt dat de deklaag tegemoet komt aan de eisen die er vanuit de toepassing aan worden gesteld.

Afhankelijk van het productontwerp bieden verschillende deklaagtechnieken verschillende mogelijkheden. Mogelijk kan een deklaag met slechts een beperkt aantal technieken op een ondergrond worden aangebracht en moet hiermee in het ontwerp rekening worden gehouden (zie voor meer informatie over verschillende deklaagtechnieken de volgende FME publicaties: 1) Dikke deklagen; 2) Dunne lagen; 3) Coaten van producten uit dunne plaat; en 4) Thermisch gespoten aluminium lagen. Deze vier publicaties zijn op de website [www.coating-online.nl](http://www.coating-online.nl) gratis te downloaden).

Deze publicatie richt zich op kwaliteitsborging bij alle harde deklagen. De beschreven procedure is afkomstig uit de praktijk van het thermisch spuiten, maar in principe bruikbaar voor alle harde deklagen.

1) Met 'harde deklagen' zijn hier bedoeld (niet-organische) metallische, keramische deklagen of composieten (Cermets) daarvan

## 2 **Kwaliteitseisen vaststellen: functionaliteit van een deklaag/ondergrond combinatie**

Wat is eigenlijk kwaliteit? In tegenstelling tot wat velen denken heeft kwaliteit weinig te maken met "het beste". Kwaliteit is volgens NEN EN ISO 8402: "Een geheel van kenmerken van een entiteit dat betrekking heeft op het vermogen van die entiteit om kenbaar gemaakte en vanzelfsprekende behoeften te bevredigen". Dat klinkt nogal ingewikkeld. Gelukkig is er ook een in veel gevallen goed bruikbare, meer praktische definitie: "*Voldoen aan de verwachtingen van de klant*".

Het zal duidelijk zijn dat dit twee kanten heeft. De 'klant' moet de applicateur duidelijk maken wat het te bedekken product moet kunnen en de applicateur moet de klant overtuigen dat de deklaag/ondergrond combinatie daar in voldoende mate in voorziet. Dit uiteraard binnen de afgesproken kosten.

Kwaliteitseisen worden overeengekomen tussen klant en applicateur met het doel om afspraken te maken over waar een product aan moet voldoen. Dat geldt ook voor een product bestaande uit een deklaag/ondergrond combinatie. Vaak worden deze kwaliteitseisen geformuleerd in de vorm van functionele eisen van de deklaag/ondergrond combinatie.

Het is dan ook van groot belang dat reeds tijdens de ontwerpfase van een product bestaande uit een deklaag/ondergrond combinatie aandacht wordt besteed aan de gewenste functionaliteit van de deklaag in combinatie met de ondergrond. Daarom moeten we eerst aangeven wat onder functionaliteit wordt verstaan. In deze publicatie wordt onder functionaliteit van een deklaag verstaan: "*De mogelijkheid om aan een gedefinieerd productoppervlak zodanig eigenschappen te geven dat het product onder vastgelegde gebruikscondities gedurende een bepaalde termijn naar wens kan functioneren*".

Uit deze definitie volgen de volgende relaties:

- ▶ De gevraagde functionaliteit van een deklaag is een functionaliteit van het oppervlak.
- ▶ De gevraagde functionaliteit moet goed en juist omschreven zijn.
- ▶ De gebruikscondities moeten goed omschreven zijn.
- ▶ Er moet duidelijkheid bestaan over de verwachte levensduur/gebruikstermijn.

### ***Waarom is het zo moeilijk om eisen te formuleren die tot de gewenste functionaliteit leiden?***

Dit komt vooral omdat het niet eenvoudig is om de eisen waaraan een deklaag moet voldoen kwantitatief te formuleren. Verder is het een kwestie van dezelfde taal spreken en voldoende ingevoerd zijn in het jargon van de klant enerzijds of de applicateur anderzijds. Het is dus vooral ook een kwestie van communicatie, en afspreken wie wat doet.

### ***Waarom moet het (voor)product in een deklaagvriendelijke 'toestand' worden aangeboden en hoe kun je die toestand definiëren?***

Om een deklaag optimaal te laten functioneren is het essentieel dat de ondergrond optimaal geschikt is om de laag op te bouwen. Dit lijkt vanzelfsprekend, in de praktijk is echter maar al te vaak gebleken dat de ondergrond niet in een optimale conditie is. Ook hier is communicatie voordat de laag wordt aangebracht noodzakelijk.

Een deklaag op een ondergrond vormt met deze ondergrond een systeem. Het systeem bepaalt of dit product onder de gebruikscondities voldoende functioneel is en de gevraagde levensduur bezit. Dit geeft dus al direct aan dat de interactie tussen deklaag en ondergrond zo-

wel door de applicateur van de deklaag als door de klant goed begrepen moet worden. Niet alleen de deklaag heeft beperkingen. Ook de ondergrond die de deklaag gaat dragen moet bepaalde eigenschappen bezitten (zie ook TI.05.24 "Dikke deklagen" op [www.coating-online.nl](http://www.coating-online.nl)).

De relaties hierboven geven aan dat eerdere ervaring een belangrijke brug vormt tussen de eigenschappen van een deklaag/ondergrond combinatie en de gewenste functionaliteit van het uiteindelijke product dat door deze combinatie wordt gevormd. Of simpel gezegd: de deklaag heeft zich voor een dergelijk product onder (soort)gelijke omstandigheden in de praktijk bewezen (de groene pijl in figuur 1).

Is er sprake van een nieuw product in de vorm van een deklaag op een ondergrond, dan is het niet altijd mogelijk om op eerdere ervaring terug te vallen. Bijvoorbeeld wanneer het gaat om een deklaag op een duur speciaal gereedschap. In dat geval worden vaak eerst eenvoudiger componenten voorzien van een deklaag om de eigenschappen en het gedrag in de (gesimuleerde) omgeving vast te stellen. De applicateur zal meestal een voorstel doen welke tests hiervoor geschikt zijn (de rode pijl in figuur 1). Een korte beschrijving van enkele testen is te vinden in Bijlagen 5 en 6.

Is er echter sprake van een bestaand product, enkelvoudig of een serie, dan hangt het ervan af of dit ook bij de applicateur bekend is. Zo ja, dan mag erop worden vertrouwd dat er voldoende ervaring is (groene pijl in figuur 1), anders zullen testen of aanvullend onderzoek de relatie moeten bevestigen (blauwe pijlen). Ook als de toepassing voor de klant nieuw is, maar voor de applicateur niet, kan aanvullend onderzoek nodig zijn als de applicateur het vertrouwen van de klant niet weet te winnen (blauwe pijlen).

Afhankelijk van de situatie is het niet altijd nodig het onderzoek vooraf te doen. Als het afbreukrisico laag is, kan het acceptabel zijn de eerste daadwerkelijke toepassing als test te gebruiken, mits zowel applicateur als klant zich hier nadrukkelijk van bewust zijn: zij moeten elkaar dus durven uitdagen tot het leveren van bewijs voor de aanwezigheid van relevante ervaring. Een garantstelling<sup>2</sup> kan als een ultieme vorm hiervan worden gezien. Immers zelfs als de applicateur van de laag niet over de noodzakelijke ervaring beschikt, zal deze in een dergelijke situatie tot uitvoering van testen gedwongen zijn om zijn risico's aanvaardbaar te maken. De ervaring leert dan ook dat bij toepassingen met groot afbreukrisico het accepteren van een garantstelling zonder onderbouwing onverstandig is.

Als een bestaand product een deklaag krijgt, ontstaat er in feite een totaal nieuw product, waarvoor het bedrijf dat de deklaag aanbrengt beslist niet alleen verantwoordelijkheid draagt. Juist de gezamenlijke verantwoordelijkheid, het samen dragen van risico en het vastleggen van afspraken hierover op een geschikt moment moet centraal blijven staan.

Dit alles staat los van de testen tijdens en na productie om de kwaliteit te kunnen borgen. Hoewel deze gewoonlijk vooral op inzicht en ervaring van de applicateur worden gekozen, is het verstandig als de klant vanuit de eigen kwaliteitsverantwoordelijkheid vraagt om onderbouwing van de waarde van de voorgestelde testen. Daarnaast kan de ontwerper van de klant behoefte hebben aan specifieke testen, bijvoorbeeld om onzekerheden in zijn ontwerpuitgangspunten af te dekken. Soms wil een applicateur zelf bepaalde dingen zekerstellen, ook als een klant er niet om vraagt.

2) door het garanderen van de laag drukt de applicateur uit dat hij zijn product kent en er (on)voorwaardelijk in gelooft dat de deklaag de klant tevreden zal stellen

### 3 *Formulieren van kwaliteitseisen tijdens het ontwerp*

Goede kwaliteit is voldoen aan de door de klant gestelde eisen tegen minimale kosten.

Een juiste interpretatie van de definities voor kwaliteit en functionaliteit zorgt voor een juiste balans met de kosten.

De klant die een product ontwerpt waarin een deklaag/ondergrond combinatie is opgenomen, zal bij het formuleren van kwaliteitseisen vooral rekening moeten houden met de volgende aspecten die altijd van belang zijn bij het toepassen van een deklaag:

- ▶ maatvoering;
- ▶ keuze van het ondergrondmateriaal;
- ▶ de toestand waarin de ondergrond verkeert wanneer deze aan de applicateur wordt aangeboden, de gekozen voorbewerking (voor het aanbrengen van de deklaag) en de manier van tussentijdse opslag.

#### **Maatvoering**

Aangezien door het aanbrengen van een laag altijd de maatvoering verandert, zijn betrouwbare gegevens over de maten vóór aanbrengen van een laag essentieel. Het verzamelen ervan is een onderdeel van de ingangscntrole bij de applicateur. Niet alleen moet er duidelijkheid bestaan over de te bereiken maten en toleranties van het eindproduct, maar ook ten aanzien van de maten waarmee de ondergrond (het voorproduct) wordt aangeleverd (zie ook de eerder genoemde brochures op [www.coating-online.nl](http://www.coating-online.nl)). Het kan ook zijn dat het bedrijf dat de deklaag aanbrengt de verantwoordelijkheid heeft voor het vervaardigen van het voorproduct. Ook dan zijn gegevens over de door de klant gewenste maatvoering noodzakelijk.

Elke voorbewerking, maar ook de tijd en de omstandigheden in opslag vóór en na het aanbrengen van een deklaag, kunnen invloed hebben op de inwendige spanningen van een product en daarmee op de maatvoering. Dit geldt ook voor een eventuele warmtebehandeling en nabewerking na het aanbrengen van de laag. De maatvoering kan dus, nadat het voorproduct van de klant werd ontvangen, veranderen. Het moet vooraf voor beide partijen duidelijk zijn welke vormverandering kan worden verwacht (zie voor meer informatie de publicaties op [www.coating-online.nl](http://www.coating-online.nl)) en wat hiervan kan worden geaccepteerd vanuit de gewenste functionaliteit van het product en de prestaties. Als de noodzakelijke duidelijkheid tussen partijen op dit punt niet kan worden bereikt, moet het op zijn minst voor beide partijen helder zijn wat de reden daarvan is, wat de gevolgen (kunnen) zijn, en wie nu waarvoor verantwoordelijkheid neemt. Dit kan voor een belangrijk deel worden bereikt door tussen partijen een afmetingenrapport op te (laten) stellen, waarin alle belangrijke maten van het te behandelen product zijn vastgelegd en betrokken op tekening-eisen. Zeker als het om eenmalige applicaties gaat (bijvoorbeeld reparaties), is het verstandig de geometrie vóór het aanbrengen van een laag goed vast te leggen. In de procesbeschrijving (zie hoofdstuk 4) kan worden aangegeven wie dit doet en hoe. Het moet in dit verband voor beide partijen duidelijk zijn wat de applicateur moet doen, om na eventuele voorbewerkingen (zoals bijvoorbeeld gritstralen en/of reinigen) van de aangeleverde ondergrond een deklaag met de gewenste eigenschappen te realiseren. De eindtoestand van de voorbewerking(en) wordt vastgelegd in een afmetingenrapport, waarmee de overdracht naar de productiestap van het aanbrengen van de laag eenduidig wordt.

#### **Ondergrondmateriaal**

Ook de keuze van het ondergrondmateriaal is een onderwerp dat vooraf tussen klant en applicateur moet

worden besproken. Een bij de klant veel gebruikt materiaal is niet per se het meest geschikte om een deklaag op aan te brengen.

#### **Conditie van het ondergrondmateriaal**

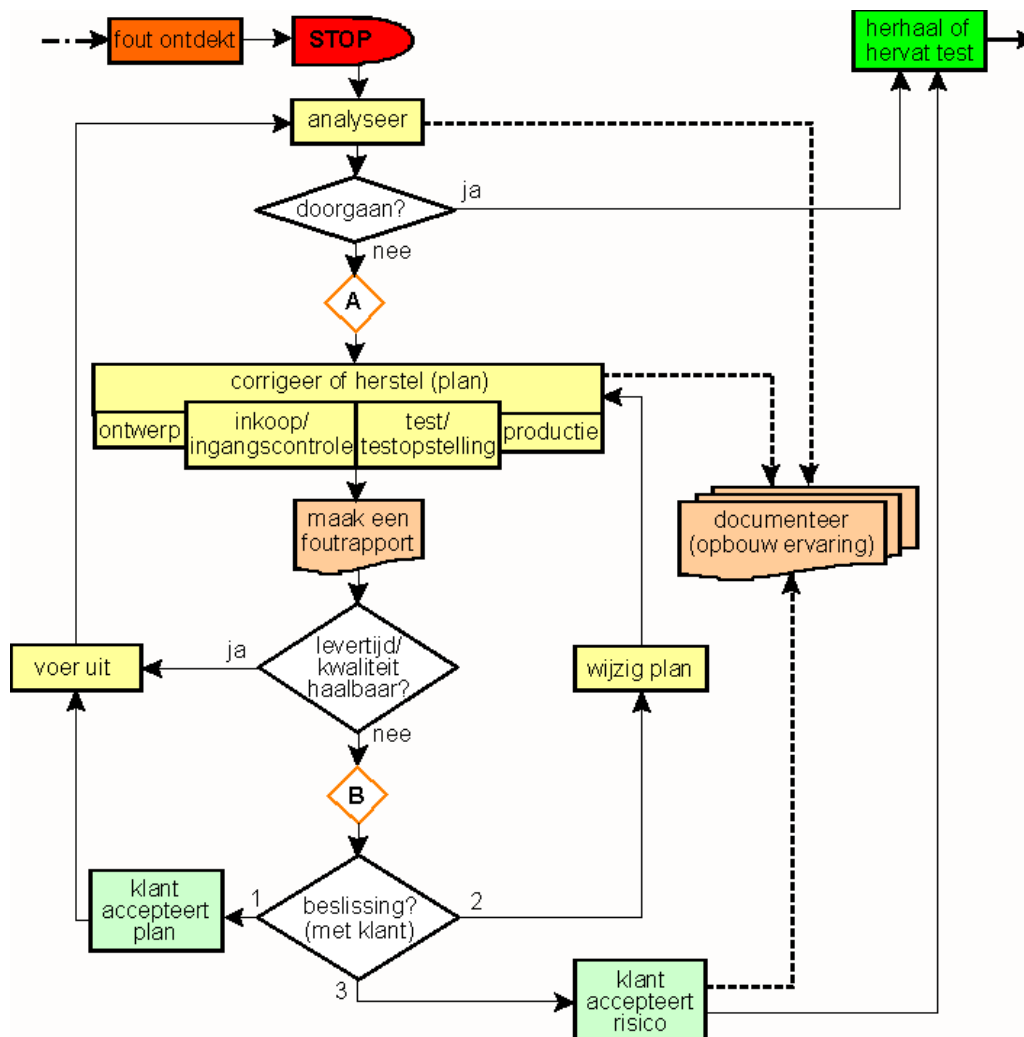
De toestand waarin de ondergrond verkeert wanneer deze aan de applicateur wordt aangeboden, is natuurlijk ook essentieel. Een van olie voorzien oppervlak of een geoxideerd oppervlak is meestal niet geschikt om er direct een deklaag op aan te brengen. Een applicateur zal daarom altijd willen vertrouwen op zijn eigen ingangscntrole en is gebaat bij zoveel mogelijk gegevens over het te bedekken materiaal vanuit de klant, indien deze dit materiaal levert.

Producten met harde deklaagen kunnen, ook al worden ze met grote aandacht en zorg geproduceerd, tijdens de uiteindelijke toepassing voor onverwachte problemen zorgen. De oorzaak moet dan meestal worden gezocht in onvolledige afspraken of onvoldoende duidelijke afspraken tussen applicateur en klant inzake de functionele eisen.

Onderstaande '10-geboden' kunnen helpen om problemen te voorkomen. Figuur 2 geeft aan wat er valt te doen als er fouten of afwijkingen worden gevonden.

#### **10 geboden lijst bij het ontwerpen van producten voorzien van een deklaag en bij de afspraken tussen klant en applicateur ten aanzien van de gewenste kwaliteit:**

1. Wees duidelijk ten aanzien van:
  - ▶ gevraagde functionele eigenschappen ↔ laaigeigenschappen
  - ▶ gebruiksomstandigheden ↔ criteria voor gebruik
  - ▶ keuze ondergrondmateriaal, maatvoering en de toestand waarin het ondergrondmateriaal wordt aangeleverd.
2. Bespreek de haalbaarheid van eisen en maak duidelijke afspraken over de bewijsvoering, indien relevant. De klant dient zich tijdens het ontwerpen op de hoogte te stellen van de mogelijkheden van deklaagen, de technieken om deze aan te brengen, gevolgen voor maatvoering, kostenaspecten en dergelijke.
3. Kijk of een test nodig is en kies samen met de applicateur voor de best passende test.
4. Kies simpele testen en voer deze uit onder gestandaardiseerde condities. Dit geldt ook voor genormeerde testen. Niet alles wordt in de norm geregeld. De eigenschappen die worden gevonden voor deklaagen zijn vaak sterk afhankelijk van de monstervoorbereiding. Uiteraard moeten monsters representatief zijn voor de gewenste eigenschappen. (Zie ook § 4.3.5. van VM Publicatie 108 van de FME (op [www.coating-online.nl](http://www.coating-online.nl))).
5. Ken de waarde van de test in de productie en eventueel de relevantie voor de applicatie. De relaties tussen testresultaat en productie en/of het praktisch gedrag moeten kunnen worden beschreven, of anderszins (veld)onderzoek worden achterhaald.
6. Ken de invloed van de laaigeigenschappen op het testresultaat, met andere woorden het moet mogelijk zijn de resultaten van een test voor 'goede' en 'slechte' deklaagen te voorspellen.
7. Voor de applicateur geldt: gebruik zo mogelijk 'design-of-experiment' technieken bij nieuwe applicaties om de voor het gegeven product(type) optimale productieparameters te vinden. Kan dit niet, gebruik of ontwikkel dan de procesparameters naar het juiste type:
  - ▶ ervaring, d.w.z. op basis van eigen inzicht (het gebruik vergt vertrouwen en/of veel inzicht bij de klant en legt daardoor nadrukkelijk veel verantwoordelijkheid bij de applicateur);



figuur 2 Acties na het constateren van een fout tijdens of na de test

- ▶ standaard, d.w.z. de applicateur kan aantonen dat hij dergelijke lagen op (soort)gelijke producten eerder heeft gemaakt en maakt daarmee de klant medeverantwoordelijk;
- ▶ geoptimaliseerd, d.w.z. klant en applicateur doen samen onderzoek bijvoorbeeld op basis van "trial-and-error" om de juiste instellingen te vinden (omdat dit meestal gepaard gaat met praktijktesten duurt dit lang en wordt de verantwoordelijkheid gedeeld).

Dit helpt enerzijds de invloed van afwijkingen in het productieproces op de deklaageigenschappen te bepalen en anderzijds de procesparameters te optimaliseren voor de applicatie en de toevoegmaterialen (compensatie voor batchvariabiliteit). Adviesparameters van applicateurs zijn bedoeld als startpunt en dienen naar eigen inzicht te worden 'doorontwikkeld'. Met 'design-of-experiment' vindt men in principe geoptimaliseerde parameters. Als er geen tijd is, zoals bij reparaties, zal de verdeling van de verantwoordelijkheid altijd onduidelijk zijn.

8. Anticipeer op de gevolgen van een falende deklaag. Een hoog risico verlangt een zorgvuldige, door onderzoek ondersteunde, voorbereiding. Onderzoek mag alles worden verstaan dat is gericht op het opvullen van lacunes in de kennis en/of ervaring bij opdrachtgever en bedrijf dat de deklaag aanbrengt (dus ook literatuuronderzoek, navraag bij relaties, leveranciers, enz.).

*Als er een fout of afwijking wordt gevonden bij een test, wordt de test gestopt en een analyse gestart*

*(zie figuur 2), waarbij vanaf punt A, en op zijn laatst vanaf punt B, de klant ook van de situatie op de hoogte moet zijn. Vanaf punt B moet de klant ook kunnen meebeslissen. Dit kan leiden tot één van drie mogelijke beslissingen, afhankelijk van hoe de klant zijn positie tussen het halen van de levertijd en het risiconiveau kiest:*

1. De klant accepteert de voorgestelde wijzigingen en de gevolgen voor levertijd/kwaliteit.
2. De klant accepteert de voorgestelde wijzigingen NIET en het plan wordt gewijzigd.
3. De klant accepteert de voorgestelde wijzigingen NIET, het plan wordt NIET gewijzigd en de klant accepteert het risico.

*Het resultaat kan variëren tussen het simpel 'resetten' van een apparaat, tot reparatie of zelfs modificatie van de testopstelling. Alles wordt gedocumenteerd. Het resultaat van de analyse draagt dus sterk bij aan de opbouw van ervaring. Gedocumenteerde ervaring kan naar believen aan de klant en 'auditors' worden getoond en kan van grote waarde zijn bij het maken van afspraken en voor de kwaliteitszorg. Als de fout is opgeheven of de situatie in andere zin weer wordt beheerst, kan de test worden voortgezet of wordt overgedaan.*

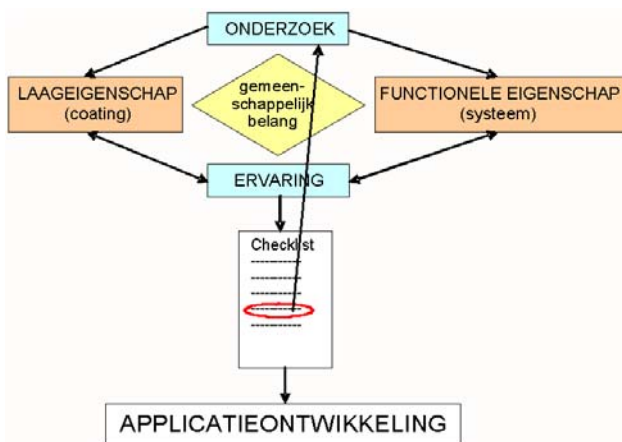
9. Bespreek bewijzen voor maakbaarheid en reproduceerbaarheid (kennis- en ervaringsniveau/kwaliteitszorg bij zowel klant als applicateur adequaat?
10. Leg alle afspraken en testresultaten altijd herleidbaar vast (zie Bijlagen 7 en 8).

In het voorgaande wordt voorbijgegaan aan het feit dat de klant mogelijk kan kiezen uit meer dan één mogelijke deklaag, en per deklaag uit meer dan één mogelijke applicatietechniek. In het kader van deze publicatie wordt hieraan geen expliciete aandacht besteed. Wij verwijzen voor meer informatie over de verschillende aanbrengetechnieken en mogelijkheden voor toepassing naar de eerder genoemde FME publicaties (zie [www.coating-online.nl](http://www.coating-online.nl)).

## 4 Documenteren en overdragen van kwaliteitseisen tussen partijen: het instrument van de procesbeschrijving

### 4.1 Algemene opzet

Om inzicht te krijgen in de belangrijkste randvoorwaarden en beperkingen voor een gegeven toepassing is vóór het aanbrengen van een deklaag een analyse aan de hand van de relatie zoals in figuur 3 weergegeven van groot belang.



figuur 3 Schematische weergave van de ontwikkeling van een deklaag, door een discussie tussen klant en applicateur

De klant draagt zorg voor informatie over de gewenste functionele eigenschappen, de applicateur voor informatie over laageigenschappen (zie figuur 3). In een afweegproces dat uitgaat van gemeenschappelijk belang, wordt met behulp van een Checklist (zie bijlage 2) gepeild of de beschikbare kennis en ervaring in voldoende mate kan voorzien in een succesvolle toepassing van een deklaag (zie ook het 8e gebod). Zo niet, dan wordt gezamenlijk besloten of en hoe in de lacunes zal worden voorzien. Niets doen kan, maar betekent voor beide partijen extra risico. Wel iets doen kost tijd en geld. Deze analyse vormt daarmee een eerste en eigenlijk belangrijkste stap in het vinden van een balans tussen kosten en risico en het eventueel opstellen van een procesbeschrijving die de applicateur ondersteunt bij het succesvol aanbrengen van een deklaag.

### Wat is een procesbeschrijving?

Een procesbeschrijving is een document waarin voor een gegeven product of serie producten met een deklaag/ondergrond combinatie kwaliteitseisen en afspraken zijn vastgelegd. Alles wat tussen klant en applicateur belangrijk wordt gevonden staat erin. Omdat het daarmee een feitelijke overeenkomst betreft, wordt een procesbeschrijving dan ook door beide partijen ondertekend. Dit betekent daarmee ook dat wordt getekend voor informatie die, al dan niet bewust, er NIET in wordt vermeld.

Dus - naast de eisen - ook alle details over voorproduct, voorbereiding, aanbrengen van de deklaag, nabewerking, producttesten, afnametesten, omvang van de levering enz., voor zover in de analyse relevant bevonden tussen klant en applicateur. De relevantie van dingen wordt bepaald aan de hand van een checklist (zie bijlage 2).

Een model voor een procesbeschrijving is opgenomen in bijlage 3. Dit model bevat een rubriek "Doel/toepassing" waar een op deze ervaring gebaseerde samenvatting van de gebruiksomstandigheden (toepassingsgebied) kan worden ingevuld. De teksten van het model zijn tot stand gekomen aan de hand van de resultaten, inzichten en ervaringen verworven met een vijftal rollenspellen<sup>3</sup>, die elk tot een andere vorm van procesbeschrijving hebben geleid. De teksten moeten dan ook gezien worden als een richtlijn, met als eerste opzet de bedoeling duidelijk te maken.

Het opstellen van een procesbeschrijving is een relatief tijdrovend proces en niet voor alle te coaten producten noodzakelijk. De 'technische zwaarte' en/of het 'risico van falen' (voor uitleg van deze begrippen wordt verwezen naar bijlage 4) moeten voldoende zijn om het opstellen van een procesbeschrijving te rechtvaardigen. Deze begrippen bepalen ook de omvang en de diepgang van een procesbeschrijving. Een grotere technische zwaarte of een hoger risico betekent dat er meer zaken in meer detail tussen applicateur en klant moeten worden geregeld en gecontroleerd. De Model Procesbeschrijving van bijlage 3 voorziet in een 'zware' applicatie. Voor een gemiddelde applicatie kan dus met een eenvoudiger uitvoering worden volstaan. De applicateur wordt, om in het offertestadium tijd te sparen, aangeraden reeds in een vroeg stadium met deze modelbeschrijving 'blanco' procesbeschrijvingen<sup>4</sup> te maken voor de in het eigen bedrijf veel voorkomende applicaties. Het verdient de voorkeur om de 'blanco' procesbeschrijvingen onder te brengen in of te koppelen aan een intern systeem voor kwaliteitsborging bij de applicateur.

De Model Procesbeschrijving (bijlage 3) volgt de Checklist (bijlage 2).

Middels de Checklist kan worden bekeken wat er voor 'lichtere' applicaties kan worden 'geschraapt'. Checklist en Model Procesbeschrijving beogen het proces van analyse, beslissingen en afspraken tussen klant en applicateur te stroomlijnen door het doen van voorstellen en het aanbieden van structuur met formulieren voor het vastleggen van testresultaten, herleidbaar documenteren van relevante onderdelen van het fabricageproces en het eindresultaat ("de levering").

### 4.2 Stappen

Een procesbeschrijving wordt in stappen tussen applicateur en klant tot stand gebracht. In de eerste stap wordt de Model Procesbeschrijving omgewerkt naar een 'blanco' procesbeschrijving. Gedurende de overige stappen wordt de 'blanco' procesbeschrijving verder ingevuld en eindigt als de Procesbeschrijving na bekrachtiging door applicateur en klant als bindend plan voor de realisatie van de toepassing geldt. Als de toepassing de inspanningen voor een procesbeschrijving niet rechtvaardigt, dan kan een document volgens bijlage 1 uitkomst bieden. Het is het belang van beide partijen dat minimaal altijd de belangrijkste uitgangspunten en gegevens eenduidig zijn vastgelegd.

#### De volgende stappen worden onderscheiden:

A. Een oriënterend gesprek tussen applicateur en klant

3) Onderdeel van een tussen 1998 en 2002 uitgevoerd nationaal onderzoeksproject met als titel: "Procesbeheersing bij Thermisch Spuiten met HVOF - TS98"

4) Hier wordt mee bedoeld een document waaruit de overbodige teksten zijn verwijderd en de rest waar nodig is aangepast aan de specifieke applicatie, maar waar eisen en details van afspraken nog moeten worden ingevuld. Voor terugkerende applicaties kan een 'blanco' procesbeschrijving een generiek document zijn, waarin wel al (een deel) van de relevante zaken is opgenomen

aan de hand van de Checklist van bijlage 2 met een analyse van de mogelijkheden en beperkingen. Daarna vult de applicateur hoofdstuk 1 en 2 van de model procesbeschrijving (bijlage 3) voor zover mogelijk in. De rest van het document wordt vervolgens aan de hand van de checklist en de verdere analyse gescreend om vast te stellen, welke zaken uit de model procesbeschrijving kunnen worden weggelaten, dan wel specifieke dingen ontbreken. Dit document is nu de 'blanco' procesbeschrijving.

- B. Na zorgvuldige afweging van technische zwaarte en risico van falen geeft de applicateur een richtprijs af, op basis waarvan een tweede gesprek al dan niet tot stand komt. Komt er een vervolgesprek, dan wordt daarbij hoofdstuk 1 van de procesbeschrijving gecompleteerd en hoofdstuk 2 verder ingevuld. Voor de nog openstaande zaken wordt nu per telefoon/fax/e-mail door de applicateur noodzakelijk geachte informatie verzameld voor de hoofdstukken 2 t/m 7.
- C. De applicateur vult nu zelf de hoofdstukken 2 t/m 7 in en stuurt dit als voorstel naar de klant.
- D. De klant start zo nodig een discussie per telefoon/fax/e-mail voor aanpassingen. Zo nodig volgen nog enkele bezoeken over en weer.
- E. De applicateur maakt nu hoofdstukken 1 t/m 7 definitief en nodigt de klant uit voor een derde gesprek (eventueel te vervangen door overleg per e-mail, fax en/of telefoon).
- F. Applicateur en klant vullen samen hoofdstuk 8 in, maken afspraken over de documentatie tijdens de uitvoering en bij levering en bespreken nadere details van de prijsstelling.
- G. De applicateur verwerkt alle informatie en stuurt nu de volledig ingevulde en door hem ondertekende procesbeschrijving met zijn definitieve offerte op ter ondertekening naar de klant of maakt een afspraak voor ondertekening ter plaatse.
- H. De applicateur voert bij akkoord van de klant de opdracht conform de procesbeschrijving uit.

De Model Procesbeschrijving en de Checklist bevatten de volgende rubrieken, die in het Document TN 02-96 (J.E. Buter - FME-CWM 2003, ook in te zien op [www.coating-online.nl](http://www.coating-online.nl)) verder worden toegelicht:

1. Doel/toepassing.
2. Specificatie van de deklaag.
3. Ingangscntrole toevoegmaterialen.
4. Afmetingenrapport.
5. Aanbrengen van de deklaag.
6. Nabewerken.
7. Afnamecontrole (beschrijving en eisen overeengekomen testen, ...).
8. Levering (documentatie en omvang van de levering).
9. Formulieren.
10. Procedures.
11. Certificaten.

### 4.3 *Versnelde generieke procedure*

Is er een grote tijdsdruk, dan kan er een 'versnelde procedure' worden toegepast. Deze komt neer op het gebruiken van generieke parameterinstellingen die per materiaal vastliggen. In veel gevallen zal het gedrag van de apparatuur en de materialen die worden gebruikt voldoende bekend zijn om buiten alle procedures een redelijke deklaag ergens op te kunnen krijgen. Omdat de parameters niet voor de toepassing kunnen worden geoptimaliseerd, mogen er geen eisen aan de coating worden gesteld. Vaak kan hier toch enigszins aan worden tegemoet gekomen, door eerst enkele proefstukjes te maken, die vervolgens aan eenvoudige testjes worden blootgesteld. Veel gebruikt worden een buigproef, een hardheidsmeting of een krastest en microscopisch onderzoek. Het komt ook wel voor dat extra proefstukjes worden

achtergehouden voor uitgebreider onderzoek, nadat het product al weer in bedrijf is genomen. Als de resultaten van de test goed zijn, wordt het vertrouwen in de 'snelle oplossing' bevestigd. Zo niet, dan kan er tijdig op het te verwachten falen van het product worden geanticipeerd. Een en ander kan worden vastgelegd in de Procesbeschrijving.

Hier zij nog vermeld dat op het gebied van versnelde testmethoden voor corrosie in opdracht van IOP Oppervlaktetechnologie een overzicht is gemaakt [13].

## 5 *Kwaliteit, hoe en waarom*

Uiteindelijk leiden alle inspanningen op papier tot één stuk papier dat onomwonden duidelijk maakt dat aan alle gestelde eisen is voldaan: het kwaliteitscertificaat of de leveranciersverklaring. De waarde van dit document wordt dus in hoge mate bepaald door wat er aan vooraf is gegaan. De kosten van kwaliteit kunnen flink oplopen en de vraag is dus gerechtvaardigd hoe beide partijen hiermee om moeten gaan. In ieder geval mag duidelijk zijn, dat alleen documenten die voldoen aan bepaalde eisen KWALITEITSDOCUMENTEN kunnen zijn. Het ontbreken van de noodzakelijke data of waarmerken geeft zo veel vrijheid aan de 'uitgever' dat de overtuigingskracht te gering is (zelfs nihil in de rechtszaal!). Zie verder § 5 in bijlage 8.

De leidende gedachte moet hier heel nadrukkelijk zijn: wat wil de klant (zie hoofdstuk 2). Of een klant 'voor een dubbeltje op de eerste rij' wil, valt snel te peilen door al in een vroeg stadium van de onderhandelingen een globale kostenschatting op tafel te leggen (zie § 4.2). Een kwaliteitsbewuste applicateur zal in zo'n geval de klant proberen te overtuigen om toch iets op het papier te zetten. In dat geval zal de vraag blijven wat nu de omvang van de papierwinkel moet bepalen.

Er kan worden gekozen uit een aantal invalshoeken:

1. *De technische zwaarte en de omvang van het afbreukrisico.*

Naarmate de gevolgen van falen de kwaliteitskosten overstijgen, zal er meer ruimte zijn voor het maken van goede afspraken, onderzoek en het vastleggen ervan. Vindt de klant dit niet van belang dan bepaalt in feite de applicateur zelf hoe ver hij wil gaan met het onderbouwen van zijn certificaat of verklaring. Hij draagt immers zelf alle kosten en kan doorgaans zijn eigen risico overzien.

2. *De 'witte vlekken' die herkenbaar zijn na het doorlopen van de Checklist.*

Zijn ze er niet of nauwelijks, dan betekent dit dat er weinig uitvoeringsrisico is en er dus zonder problemen kan worden volstaan met de voor de applicateur gebruikelijke controles. Zijn er vele of ontbreekt er essentiële informatie dan moet er òf extra risico worden geaccepteerd, òf onderzoek worden gedaan. Extra risico maakt het voor beide partijen noodzakelijk alles wat er gebeurt vóór, tijdens en na productie van de deklaag goed vast te leggen en op te bergen, m.a.w. besparen op onderzoek VERHOOGT de kwaliteitskosten (de klant die noch voor het ene noch voor het andere wil betalen kwam hierboven al aan de orde). Als er wel tot onderzoek wordt besloten, maakt dit het kwaliteitsonderzoek niet overbodig. De resultaten zijn belangrijk voor het opbouwen van de ervaring en de verdeling van de kosten is een punt van onderhandeling.

3. *De klant beschikt wel of niet over een eigen systeem voor kwaliteitsborging.*

Als de klant over zo'n systeem beschikt, is het voordeel hiervan dat de door de klant gewenste controles duidelijk omschreven zijn en de noodzakelijke formulieren meestal direct beschikbaar. Nadeel is natuurlijk dat dit waarschijnlijk niet goed past in

de voor de applicateur gebruikelijke werkmethoden. Het is dan ook zaak aan de hand van alles wat hiervoor is beschreven gezamenlijk alleen die elementen toe te passen die werkelijk bijdragen aan het borgen van de BELANGRIJKSTE functionele eigenschappen.

4. *De applicateur beschikt al dan niet over een eigen systeem voor kwaliteitsborging.*

Het belangrijkste verschil met het vorige is, dat wat de applicateur doet niet noodzakelijk door de klant herkend zal worden als nuttig. Veel hangt er onder andere van af, of de applicateur werkt met gecertificeerd personeel en/of beschikt over een kwaliteitshandboek. De applicateur zal zijn klant ervan moeten overtuigen, dat zijn systeem in voldoende mate voorziet in de onderbouwing van zijn certificaat/verklaring.

**Samenvattend:**

De noodzaak voor meer kwaliteitsonderzoek en de daarbij horende documenten neemt af met toenemende:

- ▶ mate van vertrouwen over en weer,
- ▶ beschikbare kennis en ervaring over en weer,
- ▶ beschikbaarheid van standaard fabricage-, test- en rapportageprocedures,
- ▶ beschikbaarheid van gecertificeerd personeel en gecertificeerde deklaagprocessen,

en neemt toe met hoger(e):

- ▶ technische zwaarte,
- ▶ afbreukrisico,
- ▶ risico van falen,
- ▶ onzekerheid over het risico van falen.

Voor kwaliteitsbewuste klanten en applicateurs doet dit alles niets af aan de noodzaak een Procesbeschrijving op te stellen. Alleen de omvang en de diepgang zijn nog vrijheidsgraden.

## **6 Model Procesbeschrijving**

Omdat het Model moet passen bij verschillende deklaagtechnieken is het bewust vrij abstract gehouden. Voor thermisch spuiten is op [www.coating-online.nl](http://www.coating-online.nl) een gedetailleerd model (document TN 02-98) te vinden met een ingevuld voorbeeld (document TN 02-101). Hierin zijn ook voorbeeldformulieren opgenomen, die vrij kunnen worden gebruikt en naar behoefte aangepast of vervangen door in het eigen bedrijf reeds gebruikelijke formulieren, mits kan worden voldaan aan de in § 5 van bijlage 8 gestelde eisen.

## ***Bijlage 1 Voorbeeld van beschrijving van een te bedekken product***

Onderstaand formulier kan worden gebruikt door de klant om de applicateur van een eerste beschrijving van het te bedekken product te voorzien. NA het overleg tussen beide partijen met de checklist in bijlage 2, kan het document nog naar wens worden aangevuld en worden voorzien van de nodige datums en handtekeningen (zie § 5 van bijlage 8).

---

### **a) Klant**

Naam, adres, verdere gegevens:

Verwachte datum dat te bedekken product wordt aangeleverd:

Verwachte datum voor oplevering bedekt product:

### **b) Gegevens coating**

Onbedekt product     Opnieuw te bedekken product

Gewenste methode om coating aan te brengen:

PVD     CVD     Thermisch Spuiten     Andere, te weten: . . . . .     Onbekend

### **c) Gegevens te bedekken product**

Tekening nummer:

Ondergrond (geef materiaalbeschrijving):

Indien warmtebehandeling heeft plaatsgevonden:

Welke warmtebehandeling?

Hoe vaak ontlaten? . . . . . maal                      Bij welke temperatuur? . . . . . °C

Hardheid na warmtebehandeling:

Oppervlaktebehandeling / oppervlaktetoestand (van het te coaten oppervlak)

gefreesd (1)

gedraaid (2)

geslepen (3)

gepolijst (4)

gezandstraald (5)

overig, namelijk: . . . . . (bijv. thermisch, chemisch, thermomechanisch, thermochemisch behandeld, plasmareiniging toegepast, geboreerd, genitreerd, ..) (6)

reeds aanwezige deklaag, namelijk: . . . . .

Corrosiebescherming, namelijk: . . . . .

Indien meerdere van de hiervoor genoemde behandelingen, in welke volgorde hebben deze plaatsgevonden (bijv. 3-4-1): .....

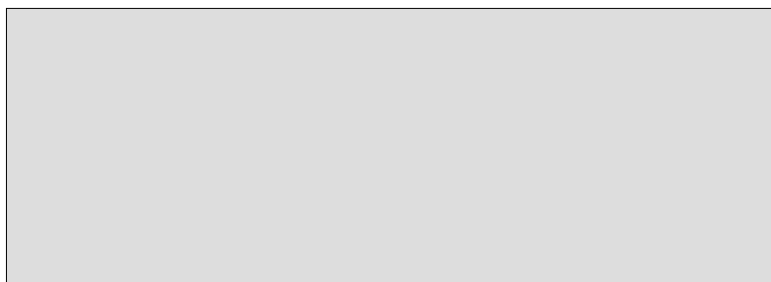
Verdere bijzonderheden:

gesoldeerd met . . . . .

gelast met . . . . .

Zijn er plaatsen waar lijm heeft gezeten?     ja     nee

Tekening en uitleg  
waar de deklaag moet  
worden aangebracht:



Beschrijving van de te coaten component waar het om gaat, eventueel van het product waarin de component is opgenomen:

Functie van de component:

Afmetingen (voorzover niet in de tekening aangegeven):

Gewenst materiaal voor de deklaag:

Geef in de tekening het oppervlak aan dat bedekt moet worden en op een andere manier het oppervlak dat niet bedekt moet worden.

Overige van belang zijnde informatie:

DATUM:

ONDERTEKENING:



## Bijlage 2 Checklist

Onderstaande checklist is bedoeld voor de applicateur om samen met de klant snel vast te kunnen stellen wat wel en niet van toepassing is, of er voldoende gegevens zijn, of de noodzakelijk geachte punten naar behoren zijn af te werken, welke testen nodig zijn en of deze naar behoren kunnen worden uitgevoerd. Aan de hand hiervan wordt de omvang en diepgang van de procesbeschrijving bepaald, waarmee de applicateur van de laag de blanco procesbeschrijving kan afleiden van de model procesbeschrijving. Bij elk hoofdonderdeel wordt in cursief een korte toelichting gegeven. Meer informatie is te vinden in voorgaande.

Op de lijnen kan de betreffende vraag met JA of NEE worden beantwoord. De details dienen elders te worden vastgelegd (eerst conceptteksten - uiteindelijk definitief in de procesbeschrijving).

### 1 DOEL/TOEPASSING

*Korte aanduiding van het te coaten product, de aan te brengen deklaag, kader van het beoogde gebruik en de hoofdzaken voor de procesvoering.*

	JA	NEE
1.1 Korte beschrijving van het product beschikbaar?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.2 Is er al een (type) deklaag gekozen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.3 Is de toepassing/omgeving bekend?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.4 Is het gebruik van het (gecoate) product bekend?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.5 Is bekend hoe de deklaag zal worden aangebracht?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.6 Zijn alle relevante documenten beschikbaar/bekend?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.7 Is de technische zwaarte gedefinieerd?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.8 Zijn de gevolgen van falen besproken?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.9 Procedures en certificaten besproken?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### 2 SPECIFICATIE VAN DE DEKLAAG

*Datasheets of andere gedetailleerde overzichten, waarin het toepassingsgebied en de eigenschappen van het aan te brengen deklaagsysteem staan beschreven.*

	JA	NEE
2.1 Deklaag naar tevredenheid van beiden gespecificeerd?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### 3 STANDAARD TESTRUNS VOOR INGANGSCONTROLE TOEVOEGMATERIALEN

*Uitvoeringsprocedures voor de ingangsccontroles. Zolang het niet goed mogelijk is producten te kwalificeren, is dit onderdeel het meest belangrijke onderdeel voor het beheersen van het fabricageproces. Het wezen van de testrun is, om onder genormeerde condities het gedrag van het deklaaguitgangsmateriaal te leren kennen. Het uitgangspunt hierbij is, dat zolang dit binnen een bepaalde marge als 'normaal' wordt ervaren, de toevoegmaterialen als variabele voor de kwaliteit kunnen worden uitgesloten. Het is echter wel zaak goed in de gaten te houden of de condities die worden gebruikt in de testruns, niet onacceptabel veel afwijken van de condities die nodig zijn om het product te spuiten.*

	JA	NEE
3.1 Vereist de technische zwaarte een test run?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.1.1 Zo ja, specificatie(s) toevoegmaterialen nodig/beschikbaar?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.1.2 Hechtsterktemeting nodig?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.1.2.1 Zo ja, doel duidelijk?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.1.2.2 Uitvoering besproken en afspraken gemaakt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.1.2.3 Rapportagevorm afgesproken?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.1.3 Buigtest nodig?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.1.3.1 Zo ja, doel duidelijk?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.1.3.2 Uitvoering besproken en afspraken gemaakt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.1.3.3 Rapportagevorm afgesproken?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.1.4 Metallografisch onderzoek nodig?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.1.4.1 Zo ja, doel duidelijk?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.1.4.2 Uitvoering besproken en afspraken gemaakt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.1.4.3 Rapportagevorm afgesproken?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.1.5 Testrun vervangen door bedekken en bewerken van een standaard proefstuk?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### 4 AFMETINGENRAPPORT

*Procedure voor de manier waarop de uitgangsmaten van het te bedekken product zijn vastgelegd en door wie de voorbereiding wordt gedaan, referentie naar tekeningen, enz. als onderdeel van de ingangsccontrole.*

	JA	NEE
4.1 Afmetingenrapport gebruiken en zo ja, functie voor beiden duidelijk?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### 5 AANBRENGEN VAN DE DEKLAAG

*Uitvoeringsprocedures voor het ontwikkelen c.q. optimaliseren van de procesparameters, eventueel stralen, reinigen, het aanbrengen van de deklaag en de controle op het aanbrengen.*

	JA	NEE
5.1 Parameterontwikkeling nodig?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.1.1 Adviesparameters van toepassing?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.1.2 Ervaringsparameters van toepassing?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.1.3 Standaardparameters van toepassing?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.1.4 Geoptimaliseerde parameters van toepassing?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.2 Uitvoering voorbehandeling (gritstralen) specificeren?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.3 Uitvoering reinigen en maskeren specificeren?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.4 Aanbrengen deklaag specificeren?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 6 NABEWERKEN

Beschrijving van de uitvoering en controles ter verzekering van het juiste oppervlak.

- |   | JA                       | NEE                      |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 6.1 Wordt er nabewerkt?                                     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6.2 Zo ja, is alles doorgenomen en voor beiden duidelijk?   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6.3 Zo ja, resultaat te koppelen aan het afmetingenrapport? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

## 7 AFNAMECONTROLE (zoals gebruikelijk voor thermisch spuiten)

Opsomming van de testen en procedures die zullen worden gebruikt om de klant ervan te overtuigen dat voldaan is aan alle eisen en afspraken. Denk erom, dat onderstaande punten alleen als afgewerkt kunnen worden beschouwd, als of het antwoord NEE is, of wanneer ook de EISEN BEKEND ZIJN.

- |  | JA                       | NEE                      |
|--|--------------------------|--------------------------|
| 7.1 Hechtingstest uitvoeren?                                 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7.2 Buigtest(en) uitvoeren?                                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7.3 Slijtagetest uitvoeren?                                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7.4 Corrosietest uitvoeren?                                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7.5 Metallografisch onderzoek uitvoeren?                     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7.6 Laagdikte en bedekking bepalen?                          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7.7 Maatvoering en oppervlakteconditie bepalen?              | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7.8 Andere testen (zo ja hieronder korte aanduiding)?        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7.8.1 .....  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| .....  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7.9 Richtingstolerantie nodig?                               | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7.10 Afspraken gemaakt over representativiteit proefstukken? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7.11 Afspraken nodig over bewijs functionaliteit?            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7.11.1 Liggen de afspraken naar beider tevredenheid vast?    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7.12 Wordt er een onafhankelijke keurmeester ingeschakeld?   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7.13 Alle relevante afspraken gemaakt?                       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

## 8 LEVERING

Het product en de bijbehorende proefstukken moeten in bedekte toestand eenduidig identificeerbaar zijn aan de hand van een uniek kenmerk en alle kwaliteitsdocumenten moet op dit unieke kenmerk herleid kunnen worden. Eén samenvattend document moet naar alle andere geldende documenten en proefstukken kunnen verwijzen. Ook hier geldt dat een item pas afgedaan is als het antwoord NEE is, of wanneer voor het specifieke punt EISEN zijn opgesteld, dan wel een BINDENDE AFSPRAAK is gemaakt.

- |   | JA                       | NEE                      |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 8.1 Garantietermijn van toepassing?   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 8.2 Moet er een levensduurverwachting worden vastgelegd?  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 8.3 Clausule dat de laag aan alle overeengekomen laageigenschappen voldoet?   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 8.4 Clausule dat testen zijn uitgevoerd volgens plan en de geldende normen?   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 8.5 Clausule deklaagproces- en bewerkingparameters zijn uitgevoerd volgens de vooraf opgestelde procesbeschrijving?   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 8.6 Keuringseenheid en type beschrijven?  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 8.7 Aangeven waar de keuringseenheid voor staat?  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 8.8 Vermelden dat applicateur de in de procesbeschrijving beschreven testen en procedures correct heeft uitgevoerd en dat de klant dit heeft gecontroleerd en geaccepteerd? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 8.9 Inhoud van elk bij de levering horend testdocument regelen?   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

## 9 VOORBEELD FORMULIEREN

Het kan noodzakelijk zijn in de procesbeschrijving een set voorbeeldformulieren op te nemen, om zowel met de applicateur als de klant van tevoren goed af te kunnen stemmen over wat en hoe zaken worden vastgelegd. Er moet ook geregeld worden wie welk formulier krijgt.

- |   | JA                       | NEE                      |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 9.1 Voorbeelden in procesbeschrijving opnemen?                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 9.1.1 Zo ja, overeenstemming over welke dit zijn?             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 9.2 Zijn de overeengekomen formulieren beschikbaar?           | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 9.3 Duidelijk wie de ingevulde formulieren krijgen?           | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 9.4 Duidelijk waar en hoe lang de formulieren worden bewaard? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

## 10 PROCEDURES

In de procesbeschrijving kan worden verwezen naar andere uitvoeringsprocedures. Er moet dan worden vastgelegd hoe hiermee wordt omgegaan.

- |  | JA                       | NEE                      |
|--|--------------------------|--------------------------|
| 10.1 Procedurebeschrijvingen noodzakelijk?                               | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 10.1.1 Zo ja, overeenstemming over welke dit zijn?                       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 10.2 Zijn alle overeengekomen procedures beschikbaar?                    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 10.2.1 Zo nee, moet de applicateur de ontbrekende zelf (doen) opstellen? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

## 11 CERTIFICATEN

Bij de levering kan een certificaat worden geëist en moet er worden geregeld wat hier wel en niet op moet staan. Denk ook aan certificering van personeel en apparatuur, die nodig kan zijn in het kader van het kwaliteitsborgingssysteem van de klant.

- |  | JA                       | NEE                      |
|--|--------------------------|--------------------------|
| 11.1 Certificering noodzakelijk?                             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 11.2 Duidelijk welke dit zijn en waar ze aan moeten voldoen? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

## Bijlage 3 Model Procesbeschrijving

Het staat de gebruikers vrij om dit document naar behoeven aan te vullen of te wijzigen. De samenhang met deze brochure dient echter, in verband met de daarin opgenomen uitleg, te blijven. Waarschijnlijk is het beter alleen één of meer blanco procesbeschrijvingen te maken. Onderzoek met thermisch spuiten heeft laten zien dat verschillende applicaties tot verschillende vormen van procesbeschrijvingen kunnen leiden, die allen met betrekkelijk weinig inspanning uit hetzelfde Model Procesbeschrijving waren af te leiden. De procedure voor het maken van een blanco procesbeschrijving staat in paragraaf 4.2 van deze publicatie. In de tekst hieronder zijn de hoofdstukken en rubrieken van een procesbeschrijving vermeld met in cursief aanwijzingen voor het invullen.

### 0 INLEIDING

*In dit hoofdstuk worden de relevante NAW gegevens van partijen opgenomen*

Deze procesbeschrijving is tot stand gekomen tussen:

-----  
Hierna te noemen: klant

en

-----  
Hierna te noemen: applicateur

*De procesbeschrijving fungeert voor het aanbrengen van de deklaag als een plan en bereikt, nadat alle tussen klant en applicateur noodzakelijk gevonden formulieren zijn ingevuld, bij de levering de status van kwaliteitsdocument en is daarmee een vast deel van de levering. De beide hierboven genoemde partijen in het spel beschikken over een vorm van kwaliteitsbeheer waar dit document bij uitvoering zou kunnen worden ingepast.*

### 1 DOEL/TOEPASSING

In dit hoofdstuk is door partijen noodzakelijk geachte informatie over het product vastgelegd. Door niets in te vullen geven beide partijen door ondertekening aan de gevraagde informatie NIET RELEVANT te achten.

*Sommige rubrieken worden afgesloten met een stelling. Deze zijn bedoeld om de discussie aan te scherpen. Door ze te verwijderen verliest de Procesbeschrijving nadrukkelijk aan zeggingskracht!*

#### Probleemstelling (facultatief)

*Hier kan een globale omschrijving worden gegeven van de reden waarom een deklaag wordt gezocht.*

(a) Naam en nummer van het product en de samenstellingstekening, bijzondere kenmerken en/of beperkingen.

*Hier moet vooral worden uitgezocht of het product wel geschikt is voor het met de voorgenomen techniek aanbrengen van een deklaag op de gewenste plaats(en). Vooral de ervaring is hier bepalend. Van de applicateur wordt verwacht dat deze de beperkingen van zijn eigen processen kent en de klant op tijd adviseert om als dit in zijn ogen nodig is een product beter geschikt te maken. Bij twijfel volgen zo nodig proefruns aan afgekeurde producten, dummy's of andere representatieve proefstukken.*

(b) Type deklaag.

*Welke materialen en (fabricage)processen moeten worden gebruikt? Het aantal beschikbare materialen en processen is groot. De applicateur zal doorgaans voldoende ervaring hebben om voorstellen te kunnen doen. Het kan ook zijn dat de functionaliteit een specifiek type deklaag verlangt en dat de klant deze al kent. Belangrijk is dat beide partijen hun ervaring delen en dat wanneer een partij voor de gegeven applicatie geen ervaring heeft dit ook zonder meer kenbaar durft te maken.*

(c) Beschrijving van de omgeving waarin het product zal worden gebruikt.

*De mate van detail is bepalend voor het risico dat zowel klant als de applicateur moeten nemen. Een betrouwbare, gedetailleerde weergave verkleint voor beide het risico. Het risico van falen wordt hier overigens niet door afgedekt. Dit wordt bepaald door de keuze van de deklaag en de methode van aanbrengen. Formeel kiest de klant. De applicateur adviseert. De applicateur zal nooit de verantwoordelijkheid voor de toepassing kunnen nemen (zie ook verder), tenzij dit nadrukkelijk tussen applicateur en klant wordt overeengekomen. Een dergelijke beslissing wordt dan in dit hoofdstuk duidelijk en **met reden** vastgelegd. Als de tekening materialen voorschrijft die niet in Nederland voorradig of te krijgen zijn zal de applicateur op overtuigende wijze alternatieven aan de klant moeten voorstellen. In de procesbeschrijving moet dan met nadruk worden aangegeven dat materiaal Y als vervanger voor materiaal X door de klant is geaccepteerd.*

(d) Korte beschrijving van de manier waarop het product zal worden gebruikt.

*De relatie met rubriek (c) zal duidelijk zijn. Op mogelijk verkeerd gebruik moet zo goed mogelijk worden geanticipeerd, bijvoorbeeld door de beperkingen van de deklaag duidelijk aan te geven. Als de omgeving, zoals hiervoor is aangegeven, naar tevredenheid van klant en spuitspecialist is beschreven, krijgt de in deze rubriek opgenomen stelling een bijzondere draagkracht:*

***"De deklaag is alleen geschikt voor dit beoogde gebruik".***

(e) Korte beschrijving van eventuele knelpunten in het ontwerp die de kwaliteit van de dekla(a)g(en) in negatieve zin kunnen beïnvloeden.

*Mede gezien de onderstaande stelling is het van groot belang hier duidelijk te maken of en welke grenzen niet mogen worden overschreden, bijvoorbeeld in verband met mogelijke oververhitting van het substraat, of het te*

bedekken oppervlak mag binnen het apparaat niet buiten gebieden komen, moet in een lijn 'van zicht' liggen, effecten van te dunne, te dikke of onregelmatige lagen, kritisch dunne te bedekken wanden, moeilijk haalbare (3-D)hoeken en/of randen, enz.

**"Onder inachtnaam van het vorenstaande, is de vormgeving (geometrie) van het product geschikt voor het aanbrengen van de laag op de daartoe bestemde plaatsen. Deze uitspraak is gebaseerd op ervaring van de applicateur/de klant/beide partijen, maar moet nog worden bekrachtigd door het hieronder aangegeven onderzoek".**

(f) Korte beschrijving van de manier waarop de deklaag wordt aangebracht.

*De bedoeling is om in korte bewoordingen aan te geven hoe en door wie de relevante fabricageprocessen worden uitgevoerd en of (nauwkeurige) procesoptimalisatie noodzakelijk zal zijn. Het is ook zinvol hier te vermelden voor welke stappen gekwalificeerd personeel zal worden ingezet. Mocht tot de inzet van gekwalificeerd personeel worden besloten, dan moet de applicateur ten genoegen van de klant laten zien hoe deze de kwalificatie van zijn personeel heeft geregeld of denkt te regelen. Bijvoorbeeld op basis van het bezit van een persoonlijk vaardigheidscertificaat. Verder moet nadrukkelijk worden aangegeven of het handmatig aanbrengen van de deklaag voor de toepassing acceptabel is. Bedenk wel dat door het toestaan van handmatig aanbrengen de procesmarges groter zullen worden en dat de eisen die aan de procesbeheersing mogen worden gesteld hierop afgestemd moeten zijn. Ook de reproduceerbaarheid kan in het geding komen. Deze eisen zullen zwaarder doorwerken als er kans is op herhaling van de applicatie. De reproduceerbaarheid van het fabricageproces moet dan met nadruk geborgd kunnen worden. Indien deze rubriek en ook rubriek (a) goed zijn uitgewerkt, krijgt de afsluitende stelling voldoende gewicht. Alleen het deel tot @ is verplicht. Het maakt wel uit wie de stelling voor zijn rekening neemt (dus weghalen wat niet aan de orde is).*

(g) Opsomming van alle relevante documenten zoals tekeningen, specificaties, inkooporders.

*Afnemer en applicateur bepalen samen welke documenten nodig zijn om het product en het proces in voldoende mate te beschrijven. Voldoende betekent in dit geval dat:*

- ▶ *het eindresultaat voorspelbare eigenschappen heeft;*
- ▶ *afwijkingen tijdig kunnen worden herkend;*
- ▶ *afwijkingen zijn te herleiden op belangrijke processtappen, maar ook ingekochte materialen en bewerkingen;*
- ▶ *het te bedekken product eenduidig is gedefinieerd;*
- ▶ *het bedekte product eenduidig is gedefinieerd;*
- ▶ *er is geanticipeerd op afwijkingen en conflicten;*
- ▶ *bij conflicterende documenten vooraf is aangegeven welke de maatgevende documenten zijn.*

*Anticipeer op de bewijsvoering die de klant later verwacht voor laageigenschappen, functionele eigenschappen, kwaliteit, levensduur, enz. door ten minste te eisen dat ook de uitgangstoestand eenduidig is vastgelegd.*

(h) Opmerkingen (o.a. verwijzingen naar voorgaand onderzoek en overige achtergrondinformatie).

*Ruimte voor alle relevante zaken die nog niet aan de orde zijn geweest. De totale opsomming wordt bekrachtigd door onderstaande stelling:*

**Deze procesbeschrijving mag nadat deze door beide partijen is goedgekeurd en ondertekend niet meer worden gewijzigd tenzij de klant hier nadrukkelijk in toestemt.**

## 2 SPECIFICATIE VAN DE DEKLAAG

*Naast een redelijke beschrijving van het product wordt nu definitief vastgelegd welke lagen men kiest en waarom en met welk proces deze worden aangebracht. Dit gebeurt bij voorkeur gerubriceerd onder kopjes zoals:*

- ▶ **Karakteristieken**  
*Het definitief gekozen deklaagproces, de kenmerkende laageigenschap of een typeaanduiding van het gekozen deklaagsysteem, het product waar de deklaag op moet, of er wel of niet nog moet worden voorbereid, gereinigd, enz. en hoe, een verwijzing naar het eindresultaat.*
- ▶ **Toepassingsgebied**  
*Een definitieve afbakening van het geschikte werkgebied van de deklaag, de installatie/procesomgeving waar de laag zal worden gebruikt.*
- ▶ **Functionele eigenschappen/gewenste laageigenschappen**  
*Op deze plaats wordt het in hoofdstuk 1 van de Procesbeschrijving bedoelde deklaagsysteem beschreven in de volgende rubrieken:*
  - **KARAKTERISTIEKEN** (proces, belangrijkste eigenschap - bijv. slijtvast, met steekwoorden aangeduide toepassing en de soort nabewerking met een verwijzing naar de tekening);
  - **TOEPASSINGSGEBIED** (aanduiding van het product dat met de deklaag het deklaagsysteem vormt, met een voor klant en applicateur duidelijke omschrijving van het gebruik; een aanduiding van de aan te brengen dekla(a)g(en) - indien gewenst met merknaam; het basismateriaal en de eventuele verplichting precies hetzelfde basismateriaal voor de proefstukken te gebruiken, of een ander - meestal soortgelijk of van dezelfde klasse)
  - **FUNCTIONELE EIGENSCHAPPEN/GEWENSTE LAAGEIGENSCHAPPEN** (tabel met **alle** relevante eigenschappen, bij voorkeur zodanig **gekwantificeerd** dat de eigenschappen (bij afspraak) door meting kunnen worden vastgesteld). Deze opsomming wordt dus sterk bepaald door de toepassing. Eventueel kan worden volstaan met een verwijzing naar de opmerkingen die in de hierna volgende paragraaf "Opmerkingen" kunnen worden opgenomen, of een eisenstellend document zoals een specificatie, bestek of norm.
- ▶ **Normen**  
*Lijst(je) van alle voor het deklaagsysteem maatgevende normen.*
- ▶ **Opmerkingen**  
*Alle opmerkingen waar in hoofdstuk 2 van de Procesbeschrijving naar wordt verwezen. Vooral bedoeld om de context van de eigenschappen voor partijen duidelijk te maken. Er kan ook worden verwezen naar literatuur ter onderbouwing van de eisen. In de lijst van eisen wordt ook aangegeven welke er bij levering moeten worden aangetoond. In hoofdstuk 7 van deze Procesbeschrijving (afname controle) moet zijn geregeld hoe dit wordt aangetoond.*

*Aan het eind van deze exercitie dienen alle afspraken te zijn vastgelegd, zowel over de wijze waarop het fabricageproces wordt uitgevoerd als de manier waarop dit zal worden gecontroleerd. Verder moet op dit moment ook zijn*

geregeld òf en hoe de klant inzage krijgt in de parameters en de procesbeheersing. Het moet nu definitief bekend zijn wat er van het behandelde product wordt verwacht en hoe en waar het product wordt gebruikt. Klant en applicateur dienen elkaar vooral in deze stap **uit te dagen tot volledigheid**. Voor het inzicht in de laaigenschappen moeten bij voorkeur datasheets of specificaties van relevante materiaalapplicateurs of van de applicateur zelf op tafel worden gebracht. Zie ook de lijst van leveringen in hoofdstuk 8 van deze Procesbeschrijving. De specifieke gegevens van het deklaagmateriaal kunnen hier worden overgenomen, een karakteristieke beschrijving van de laag-eigenschappen en de gevraagde functionele eigenschappen. Voor het gemak kunnen ook kopieën van relevante documenten worden ingevoegd.

### 3 INGANGSCONTROLE TOEVOEGMATERIALEN

In dit hoofdstuk dient duidelijk te worden hoe de applicateur zijn inkoop beheerst. De kwaliteit van de toevoegmaterialen kan in grote mate de kwaliteit van het eindproduct bepalen, zoals bijvoorbeeld de poeders bij het thermisch spuiten. Ook als een uitgebreide ingangscntrole niet mogelijk, gewenst of zinvol is, zal de applicateur in eigen beheer en onder standaard condities (procesparameters) voor het gegeven materiaal vaak wel een proefbedekking maken op een standaard proefstuk. Hij verkrijgt daarmee snel inzicht in hoeverre een toevoegmateriaal zich 'normaal' gedraagt. De resultaten van een dergelijke test dragen in hoge mate bij aan het vertrouwen van de klant in de kundigheid en inzicht van de applicateur. In de standaardtest komen tenminste aan de orde:

- de specificatie van het toevoegmateriaal.
- de voorbereiding van het proefstuk(je), bijvoorbeeld d.m.v. reinigen en/of stralen.
- een (kwalitatieve) bepaling van de hechtsterkte en scheurgevoeligheid (vaak op basis van een eenvoudige buigproef).
- metallografisch onderzoek, hardheidsmeting of een krastest.
- een vorm van nabewerking (geeft aan of de sterkte (kwetsbaarheid) van de deklaag normaal is en of de korrelgrootte van poeders in het verwachte gebied ligt (af te leiden uit de oppervlakteruwheid na bewerken).
- het resultaat en de vrijgave dan wel afkeur voor de productie c.q. de specifieke toepassing.

De rapportage gebeurt in principe op een formulier zoals dit voor de applicateur gebruikelijk is, maar de klant kan verzoeken daar van af te wijken. Het moge ook duidelijk zijn dat het standaard proefstuk niet noodzakelijk een directe relatie met het te bedekken product zal hebben. Er kunnen echter dwingende redenen zijn om voor de ingangscntrole wel representatieve proefstukken te gebruiken. Afspraken hiervoor dienen in dit hoofdstuk eenduidig te zijn vastgelegd.

### 4 AFMETINGENRAPPORT (ALS ONTVANGEN, NA VOORBEWERKING EN AFNAME)

In dit hoofdstuk wordt geregeld hoe het voorproduct (werkstuk), als dit binnenkomt bij de applicateur, wordt geregistreerd, gedocumenteerd en gemarkeerd. Verder wordt vastgelegd welke bewerkingen de applicateur noodzakelijk moet doen om het voorproduct geschikt te maken voor de deklaag. De 'als ontvangen' toestand en de eindtoestand van de voorbereiding(en) worden vastgelegd in een afmetingenrapport dat hierna als referentie fungeert voor productie en afname. Dit is van groot belang voor eventueel later onderzoek naar de oorzaak van geometrisch afwijkingen.

### 5 AANBRENGEN VAN DE DEKLAAG

In dit hoofdstuk wordt allereerst geregeld welke productiestappen worden begeleid door kwaliteitsonderzoeken, hoe de resultaten worden vastgelegd en of ze aan de klant worden gerapporteerd. Het verdient aanbeveling het doorlopen van de processtappen bij te houden op een formulier dat altijd bij het product blijft (werkplaats routing formulier).

Bij de meeste deklaagprocessen zijn de volgende fabricagestappen te onderscheiden:

- parameterontwikkeling.
- maskeren (indien nodig) en reinigen.
- stralen (na de voorbereiding indien nodig).
- aanbrengen van een hechtlaag (indien nodig).
- aanbrengen van de toplaag.

#### 5.1 Parameterontwikkeling

Afhankelijk van de toepassing zal het al dan niet nodig zijn voor het specifieke product aangepaste procesparameters te ontwikkelen. In het kader van procesbeschrijvingen kunnen er vier soorten procesparameters worden onderscheiden:

<b>adviesparameters</b>	(aangeleverd door de applicateur)
algemeen bruikbaar voor een gegeven type toevoegmateriaal van één applicateur t.b.v. niet kritische toepassingen in alle procesfaciliteiten en door alle operators van de applicateur	
<b>ervaringsparameters</b>	(adviesparameters + algemene ervaring specifiek voor de applicateur)
algemeen bruikbaar voor een gegeven type toevoegmateriaal van meerdere applicateurs t.b.v. niet kritische toepassingen in alle procesfaciliteiten en door alle operators van de applicateur	
<b>standaardparameters</b>	(adviesparameters + algemene ervaring + ervaring specifiek voor het toevoegmateriaal en de toepassing)
algemeen bruikbaar voor een gegeven type toevoegmateriaal van één applicateur t.b.v. kritische toepassingen in één procesfaciliteit en door alle operators van de applicateur	
<b>geoptimaliseerde parameters</b>	(advies-, standaard of ervaringsparameters + resultaat van optimalisatie onderzoek specifiek voor de toepassing met inbegrip van de productmanipulatie, de productiefaciliteit en het personeel van het applicateur)
alleen bruikbaar voor één lot/batch toevoegmateriaal van één applicateur t.b.v. zeer kritische toepassingen in één procesfaciliteit door hiervoor gekwalificeerde operators van de applicateur	

De soorten kennen onderling een hiërarchie. Welke soort wordt toegepast zal ook worden beïnvloed door de ervaring die men heeft met een specifiek toevoegmateriaal. Vooral in reparatiesituaties zal de applicateur daarom snel geneigd zijn het voorgeschreven toevoegmateriaal te vervangen door een voor hem meer gebruikelijk. Partijen zullen **samen** moeten evalueren of de procesvoordelen en de tijdwinst dan opwegen tegen het risico van een mogelijk niet optimale materiaalkeuze. De feitelijke keuze zal ook gevolgen hebben voor de mate van detail waarin zowel de ontwikkeling als het gebruik in de productie van de parameters worden vastgelegd. Het is niet noodzakelijk de klant alle details

van de ontwikkeling beschikbaar te stellen. Bij fouten zal de applicateur echter wel in staat moeten zijn de klant aan te tonen, dat er afgesproken instellingen zijn gebruikt.

Het is ook belangrijk goed vast te leggen op basis van welk type parameters testresultaten werden verkregen. Resultaten op basis van geoptimaliseerde parameters zijn bruikbaar voor standaardparameters (als deze binnen de door de applicateur gehanteerde ranges vallen), maar omgekeerd zal dit zelden het geval zijn. Mogelijk zijn gemiddelden van statistisch bewerkte resultaten verkregen met standaardparameters wel bruikbaar als referentie (of mogelijk zelfs eis) voor het werken met geoptimaliseerde parameters.

## 5.2 Stralen (facultatief)

Vóór het stralen moet eenduidig zijn vastgelegd in hoeverre de te bedekken oppervlakken nog overeenkomen met wat er in het afmetingenrapport staat. Ná het stralen wordt het oppervlak ten minste visueel beoordeeld op gelijkmatigheid. Als er een kwantitatieve maatstaf wordt aangelegd dient men hier te vermelden hoe de controle wordt uitgevoerd en gerapporteerd. Ook wordt vastgelegd of en hoe grit wordt gecontroleerd op scherpheid en zuiverheid, hoe er met de vers gestraalde oppervlakken wordt omgegaan en wat er wordt gedaan bij afwijkingen (bijv. vingerafdrukken).

## 5.3 Reinigen en maskeren

De reinheid van het te bedekken oppervlak heeft een grote invloed op het eindresultaat. Helaas is in veel gevallen het begrip 'reinheid' niet kwantitatief te benaderen. Daarom is het erg belangrijk de wijze van reinigen middels uitvoeringsprocedures te regelen en het resultaat van de reiniging **steeds op dezelfde manier** te evalueren en vast te leggen. Overigens moet de procedure zeker aandacht geven aan de toelaatbare omvang van 'rusttijden' tussen en tijdens fabricagestappen.

Bij maskeren is het belangrijk in deze paragraaf aan te geven welk type middel wordt gebruikt, of en hoe dit het onbedekte oppervlak eventueel beïnvloedt en of er na het verwijderen moet worden gereinigd.

## 5.4 Aanbrengen hechtlaag (facultatief)

Om een eventuele hechtlaag aan te kunnen brengen moet het oppervlak van het voorproduct in de juiste conditie zijn gebracht. Hier wordt aangegeven op welk tijdstip dit wordt gecontroleerd en hoe (er kan (te) veel tijd zijn verlopen sinds de voorgaande handelingen). Verder wordt vastgelegd met welke referentieparameters wordt gewerkt, hoe de belangrijkste parameters worden gemeten en gerapporteerd. Vaak heeft de applicateur hiervoor één samenvattend formulier beschikbaar. Ook moet duidelijk zijn vastgelegd of er proefstukken meelopen en zo ja, welke dit zijn, waar en hoe ze zijn aangebracht, gemarkeerd enz. (zie ook hoofdstuk 7 van deze Procesbeschrijving)  
Als er grenzen gelden voor de werkstuktemperatuur tijdens de behandeling, dan wordt dit eveneens meegenomen. Let er wel op, dat bij sommige processen te lange wachttijden tussen opeenvolgende lagen van de deklaag de kwaliteit nadelig beïnvloeden.

## 5.5 Aanbrengen (top)laag

Als de (top)laag binnen een bepaalde tijd na de vorige handeling (bijvoorbeeld de hechtlaag) moet zijn aangebracht, wordt dat hier vermeld en ook hoe dit wordt vastgesteld en gerapporteerd. Ook nu geldt dat eerst moet worden bevestigd dat de ondergrond in orde is. In veel gevallen zullen de handelings- en tijdmarkeringen op een werkplaats routing formulier voldoende zijn. Ook hier weer aangeven welke testen er meelopen, enz.

## 5.6 Productietesten

Op deze plaats wordt een gedetailleerd testprotocol opgenomen of een verwijzing naar een separaat testplan. Het protocol dient ten minste referenties te bevatten naar alle uitvoerings- en rapportageprocedures (zie ook hoofdstuk 10 van deze Procesbeschrijving), maar in veel gevallen zal onder deze paragraaf iets worden opgenomen dat de relatie tussen fabricage-eenheid en keuringseenheid laat zien. Figuur 7.1 geeft een voorbeeld van een willekeurig buisachtig product uit het vakgebied thermisch spuiten. De hechtlaag en de toplaat kunnen apart worden getest. De type 3 proefstukjes zijn niet representatief, maar worden hier gebruikt voor het kwalificeren van het proces. Andere combinaties van proefstukken zijn ook mogelijk. Op de plaatsen van vetgedrukte zaken tussen < > moet iets worden ingevuld.

## 6 NABEWERKEN

Hier òf een verwijzing naar standaard uitvoeringsspecificaties vastleggen (zie hoofdstuk 10 van deze Procesbeschrijving) òf hoe de nabewerking wordt gedaan, gecontroleerd en gerapporteerd. Het zal nuttig zijn hier op nemen in hoeverre het resultaat van de nabewerking is terug te voeren op het afmetingenrapport. Als het product gereed is, zal er het nodige aan fabricage- en opslagmarkeringen moeten worden verwijderd. Hier wordt ook vastgelegd of en hoe dit gebeurt.

## 7 AFNAMECONTROLE

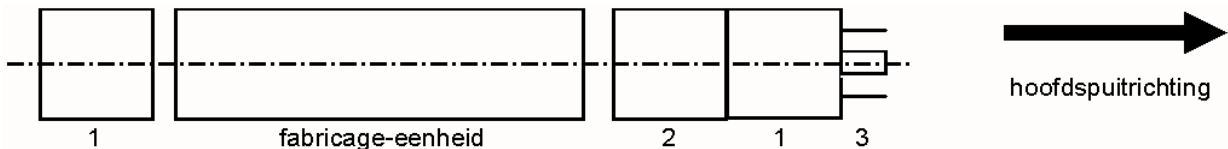
Er zijn veel verschillende afnamesituaties, reden waarom de beschrijving hier wordt beperkt tot enkele kernzaken. Belangrijk is wel dat **beide** partijen zich verbinden aan wat in dit hoofdstuk wordt opgenomen en dat er wordt **geanticipeerd op afwijkingen** en tegenvallende testresultaten. De ervaring leert dat er vaak onnodige problemen ontstaan als er geen rekening mee wordt gehouden dat een test doet waar hij voor bedoeld is, namelijk het signaleren van afwijkingen. Budget en tijd dienen dus enige ruimte te laten voor het herhalen van testen (zie de 10-geboden!). Voor eenvoudige situaties kan worden volstaan met een enkele verklaring, bijvoorbeeld:

"Het ..... (product) wordt afgenomen op basis van de volgende ingevulde en gewaarmerkte documenten:

- (a) .....
- (b) .....
- (c) **enzovoorts.**

De basis van de afname is ..... (verwijzing naar norm/voorschrift/maatgevend onderzoek)"

Voorbeeld van een schets die de relatie tussen fabricage-eenheid en keuringseenheid laat zien:



1. zijn proefstukken met dezelfde diameter en wanddikte als het werkstuk en een lengte van <getal> mm, die <uitwendig/inwendig> alleen worden voorzien van <hechtlaag>. Beide proefstukken worden verwijderd vóór het aanbrengen van de toplaag.
2. is eenzelfde type proefstuk waarop ook de <toplaag> wordt aangebracht en geldt als kwalificatieproefstuk.
3. bestaat uit een viertal vlakke proefplaatjes van ca. 100 lang en 5 mm dik, die op de posities 3 uur, 6 uur, 9 uur en 12 uur worden aangebouwd aan proefstuk 1.

Op de keuringseenheid zijn de volgende onderzoeken voorzien (gemarkeerd met x):

proefstuk	1	werkstuk	2	3	opmerkingen
<hechtlaag>					
visueel	x	x	x	x	
.....					
<toplaag>					
visueel	x	x	x	x	
ECP test	x		x		
topografie		x			
hardheid HV	x			x	
buigtest				x	
microscopisch	zo nodig		x	x	

figuur 7.1 Voorbeeld van een willekeurig buisachtig product uit het vakgebied thermisch spuiten

De afname wordt in dit geval beperkt tot een of enkele dominante eigenschappen of kenmerken, waarvoor een voor beide partijen eenduidige grondslag beschikbaar is. Dit zijn bijvoorbeeld de resultaten van het kwaliteitsonderzoek tijdens de fabricage. In dat geval is het des te belangrijker dat de rapportages aan de eisen van herleidbaarheid voldoen.

Voor een meer gedetailleerde afname kunnen zaken worden geregeld als:

### 7.1 Maatvoering en oppervlakteconditie

Het product zal minimaal moeten voldoen aan de tekeningeseisen. Verder komt het afmetingenrapport hier weer terug als referentie. Er wordt aangegeven hoe wordt gecontroleerd op scheuren en andere onregelmatigheden, de oppervlakteruwheid met verwijzing naar de te gebruiken formulieren en de eisen.

### 7.2 Laagdikte en bedekking

Het gaat hier niet alleen om de wijze van controleren maar ook om te anticiperen op toelaatbare verschillen in de laagdikte als de laagdikte zelf niet zo kritisch is. Verder moet het vooraf absoluut duidelijk zijn hoe de relatie is tussen wat er aan proefstukken wordt gemeten en de werkelijke laagdikte op het werkstuk. Soms zal het nodig zijn voor het deklaagsysteem specifieke ijkstukken te (laten) maken. Onderzoek naar laagdikte kan gebeuren op een enkele specifieke positie dan wel over het gehele deklaagoppervlak. Bij meervoudige metingen is dan ook een criterium nodig voor toelaatbare laagdiktevariaties. Hierbij mag de eis alleen gelden voor **kritische** plekken (waarbij voor een gegeven toepassing het gehele oppervlak natuurlijk wel als kritisch kan worden aangemerkt). Minder belangrijke plekken worden normaal alleen beoordeeld op bedekking. Verder kan niet bij alle deklagen worden volstaan met alleen een minimum laagdikte en zijn bij alle deklaagprocessen grotere of kleinere verschillen te verwachten. Omdat de metingen vaak gemakkelijk lijken en snel zijn uit te voeren, wordt er wel aan een proefstuk en aan het product gemeten, maar omwille van de duidelijkheid mag slechts **één van beide maatgevend zijn voor de afname!**

Het controleren of de laag wel overal in voldoende mate aanwezig is, kan ook een belangrijk criterium voor afname zijn. Het moet **vooraf** voor beide partijen duidelijk zijn, wat kritieke plekken zijn en hoe groot de marges zijn ten behoeve van minder belangrijke plekken.

### 7.3 Hechting

Hechting is een sleuteleigenschap maar moeilijk kwantitatief te bepalen. Let op representativiteit en in de meeste gevallen zijn de resultaten van proefstukken bepalend. Als er achteraf ook aan het werkstuk wordt gemeten kan blijken dat de waarden afwijken. Dit wil absoluut niet zeggen dat er iets niet klopt. De aan het product gevonden waarden zijn om diverse redenen vaak lager. Het valt echter buiten de grenzen van dit document om hier dieper op in te gaan. Als de hechting kritisch is moet aan het product of een werkelijk representatief proefstuk worden gemeten. Is dit niet goed uit te voeren, dan dient de eis voor het proefstuk in voldoende marge te voorzien.

Visueel onderzoek naar kleurgelijmatigheid, bladders, bobbels, scheurtjes, enz. is voor de afname vaak zinvol gebleken. Het voorkomt discussies achteraf over het tijdstip en de omstandigheden waaronder ze zijn ontstaan.

#### 7.4 Buiging

Een buigtest is vaak zeer geschikt om de hechting en de sterkte (kwetsbaarheid) van een deklaag vast te stellen. Kwantitatieve metingen zijn doorgaans alleen mogelijk bij dikkere lagen. Er zijn veel manieren en proefstukuitvoeringen. Onderzoek heeft aangetoond dat zelfs een ogenschijnlijk simpele buigproef al veel invloedsgrootheden kent. Onderling vergelijken van resultaten is daardoor lastig. Partijen moeten daarom altijd **vooraf** duidelijkheid hebben over de uitvoering, de rapportage en de omgang met afwijkingen.

#### 7.5 Slijtagebestendigheid

Wat over de buigtest werd gezegd, geldt ook voor het meten van de slijtagebestendigheid. Het is een systeem-eigenschap met vele gezichten. De VM108 geeft inzicht in de verschillende vormen van slijtage. Bedenk dat zelfs als testen genormeerd zijn dit nog wil zeggen dat hun resultaten toepasbaar zijn voor de onderhavige applicatie. Het tijdig raadplegen van een specialist is vaak veel goedkoper dan achteraf ruzie maken over de interpretatie en bruikbaarheid van een slijtagetest (zie ook 7.6).

#### 7.6 Corrosiebestendigheid

Ook corrosie is een systeemeigenschap waar bij het testen dezelfde beperkingen gelden als voor slijtage, met als complicerende factor dat het simuleren van de omgeving (milieu) lastig is en dat standaard testomgevingen alleen iets zeggen als **vooraf** duidelijk is hoe deze zich verhouden tot de werkelijke omgeving. Kort gezegd: standaardtesten zeggen over het algemeen weinig tot niets over de werkelijke corrosiebestendigheid van een deklaag, wel over de dichtheid in de eerste 10-1000 levensuren. Het al dan niet maatgevend laten zijn van een corrosietest voor de afname vereist een grote zorgvuldigheid en veel kennis.

#### 7.7 Metallografie

Microscopisch onderzoek moet worden uitgevoerd volgens vaste procedures als de resultaten bruikbaar moeten zijn voor afname. Het meten van de microhardheid wordt doorgaans meegenomen in deze rubriek, omdat voor het meten en de monstervoorbereiding microscopische technieken nodig zijn. Bij hardheidsmetingen altijd goed letten op de beperkingen die de dikte van de deklaag met zich mee kan brengen. Bij een dunne laag kan altijd wel **systeemhardheid** worden gemeten, maar dit is een totaal ander begrip, omdat de ondergrond in een bepaalde mate bijdraagt aan het resultaat. Zonder inzicht in de beperkingen wordt het toepassen van dit type onderzoek afgeraden. Daar staat echter tegenover dat, als partijen voldoende achtergrondkennis hebben, dit feitelijk de enige vorm van onderzoek is die werkelijk iets zegt van de deklaag. Het type onderzoek, met uitzondering van de hardheidsmeting, leent zich niet zo goed voor standaardrapportage, anders dan het presenteren van kenmerkende microfoto's.

#### 7.8 Procesbeperkingen

Als het proces beperkingen heeft die de kwaliteit van het deklaagsysteem negatief kan beïnvloeden, hoort in deze paragraaf te worden aangegeven hoe dat wordt afgedekt. Zo kan de deklaag net kritisch liggen ten opzichte van een proceslijn of -hoek. Vaak zijn afwijkingen in de deklaag kenmerkend en dus terug te voeren op dergelijke beperkingen. Het moet beide partijen **vooraf** goed duidelijk zijn, dat wordt gewerkt in een voor het proces kritisch gebied en hoe eventuele afwijkingen herkend, gecorrigeerd en desnoods gerepareerd kunnen worden.

### 8 LEVERING

Allereerst dient in dit hoofdstuk geregeld te worden hoe producten en bijbehorende documenten eenduidig met elkaar zijn verbonden (unieke kenmerken op labels, formulieren, rapporten, monsters, werkorders, enz.).

Een levering omvat minimaal:

- ▶ Het aantal in de opdracht omschreven producten (fabricage-eenheid).
- ▶ Basisdocumentatie bestaande uit:
  - Kopie(en) van de relevante specificaties van grondstoffen en toevoegmaterialen.
  - Een samenvattend document met verwijzingen naar alle relevante kwaliteitsdocumenten, ook naar documenten die voor de klant alleen ter inzage zijn.

Daarbij komen nog bij, alle documenten die als gevolg van in voorgaande hoofdstukken vastgelegde afspraken aan de klant dienen te worden geleverd.

#### 8.1 Documentatie

Het is verder noodzakelijk dat **testdocumenten** minimaal zijn voorzien van de juiste gegevens volgens Bijlage 7.

Bedenk hierbij dat het samenvattend document van de levering de basis is voor de herleiding van alle documenten naar de bestelling/opdracht en (delen van) de fabricage-eenheid. Voor de klant moet het hiermee mogelijk zijn alle bij de opdracht horende documenten te toetsen op juiste datering, de aanwezigheid van waarmerken en zo nodig ook de bevindingen.

#### 8.2 Ondertekening

Partijen verklaren het vorenstaande overeen te zijn gekomen.

namens applicateur:

namens klant:

Naam:

\_\_\_\_\_

Functie:

\_\_\_\_\_

Datum:

\_\_\_\_\_

Met de ondertekening maken partijen naar elkaar duidelijk dat de opdracht is begrepen en naar beste kunnen zal worden uitgevoerd en beoordeeld.



## 9 VOORBEELD FORMULIEREN

*In dit hoofdstuk worden blanco formulieren opgenomen die bij de uitvoering van de opdracht zullen worden gebruikt. Bij elke fabricagehandeling of onderzoek kan worden verwezen naar een specifiek formulier. Een blanco formulier moet een uniek kenmerk bezitten, waaruit ook de versie valt af te leiden (formuliernummer met versienummer en/of versiedatum). Het is niet noodzakelijk dat de applicateur in de formulieren voorziet. Formulieren van de klant of derden zijn evengoed bruikbaar, mits aan alle in hoofdstuk 7 vermelde eisen wordt voldaan. Mochten beide partijen van mening zijn er op ondergeschikte onderdelen mag worden vereenvoudigd, dan dient dit in paragraaf 8.1 te worden vermeld (dus **boven** de handtekeningen). Het verdient aanbeveling de diverse formulieren te rubriceren naar de diverse fabricagestappen.*

*Voorbeelden van formulieren en rubrieken zijn te vinden in document TN 98-98 (zie website [www.coating-online.nl](http://www.coating-online.nl)).*

## 10 PROCEDURES

*In dit hoofdstuk kunnen ter informatie afschriften van of verwijzingen naar specifieke kwaliteitsprocedures worden opgenomen. Procedures die bepalend zijn voor de kwaliteit moeten verbindend zijn en moeten daarom worden vermeld in de hoofdstukken 2 t/m 7. Ook kan in dit hoofdstuk worden aangegeven of er nog procedures moeten worden ontwikkeld vóórdat tot uitvoering van de opdracht kan worden overgegaan. In dit hoofdstuk wordt dan aangegeven wat er precies in de procedure(s) moet worden geregeld en eventueel hoe. Er dient dan tevens boven de ondertekening van paragraaf 8.2 een daartoe strekkende verwijzing naar dit hoofdstuk te worden opgenomen.*

## 11 CERTIFICATEN

*In dit hoofdstuk worden minimaal verwijzingen opgenomen naar alle relevante vakbekwaamheids- en procescertificaten. Dit is vooral van belang als er gekozen wordt voor het gebruik van geoptimaliseerde procesparameters. Waar zinvol kunnen ook kopieën van de certificaten worden opgenomen, of alleen een verwijzing naar het Kwaliteitshandboek van de applicateur.*

*Certificaten hebben een beperkte geldigheidsduur. Als het te verwachten is dat hier vermelde certificaten gedurende de looptijd van de opdracht zullen verlopen, wordt hier ten behoeve van de klant aangegeven hoe daarin wordt voorzien. Dit kan uiteraard achterwege blijven als elders in de Procesbeschrijving het Kwaliteitshandboek van de applicateur al bindend is verklaard.*

## ***Bijlage 4 Technische zwaarte***

Technische zwaarte is geen vast omljnd begrip, maar is bedoeld om aan te geven dat producten een verschillende waarde kunnen vertegenwoordigen. Naarmate de toegevoegde waarde van de deklaag ten opzichte van de totale productkosten lager is, neemt de technische zwaarte toe. De deklaag vertegenwoordigt dan immers zelf een lage waarde, maar falen kan tot falen van dure producten leiden. Ook zaken als een grotere technische complexiteit of een exclusievere deklaag, waardoor de deklaag moeilijker is te realiseren, vergroten de technische zwaarte. Een seriematige productie kan de technische zwaarte zowel verlagen als verhogen, omdat er enerzijds door de herhaling ervaring wordt opgebouwd en anderzijds de marges waarbinnen de producteigenschappen moeten reproduceren smal kunnen zijn. De technische zwaarte houdt geen rekening met gevolgschade. Deze wordt bepaald door het risico van falen. De technische zwaarte heeft grote invloed op de **ruimte** waarbinnen kwaliteitsonderzoek financieel kan worden verantwoord.

## ***Bijlage 5 Overzicht tests en bijbehorende proefstukvormen***

### **A) Thermisch Spuiten**

Hieronder volgt een opsomming van proeven waarmee binnen het samenwerkingsproject "Procesbeheersing door Thermische Spuiten met HVOF - TS98" (zie Referentie 10) ervaring is opgedaan, aangevuld met de ervaringen van deelnemende applicateurs en (eind)gebruikers van thermisch gespoten lagen. Een deel van de test is binnen het project ontwikkeld of onderzocht. De nummers achter de namen verwijzen naar documenten waarin de testen in detail beschreven staan.

#### **a. Buigproef (TN 02-97, TS-98)<sup>5</sup>**

De binnen het project ontwikkelde buigproef maakt gebruik van een zogenaamde evolvente buigdoorn. Dit is een doorn met een voortdurend veranderende radius. Het monster is een rechthoekige, eenzijdig gecoate strip, die wordt aangelegd bij de grootste radius. Vervolgens wordt het monster onder geleiding van een verende rol verder over de doorn gedwongen tot de laag scheurt. De hoek waarbij de eerste scheuren optreden kan worden herleid op de lokale radius en daarmee op de aldaar heersende rek in de uiterste vezel. Deze (opgelegde) rek die net niet meer wordt verdragen is een maat voor de kwaliteit. Daarnaast is het scheurpatroon van belang, dat zich ontwikkelt als het monster verder over de doorn wordt gedwongen. Met name de paralleliteit en de afstand tussen de scheuren en het al dan niet losspringen van de laag zijn van belang.

#### **b. ECP test (TN 02-90, TS-98)<sup>5</sup>**

Deze test is binnen TS-98 ontwikkeld voor het snel meten van doorgaande poreusheid of andere tot het substraat doorlopende fouten zoals scheuren. De basis is het evalueren van de zogenaamde mengpotentialia die ontstaat als een deklaag aan het oppervlak wordt blootgesteld aan een standaard medium, doorgaans kunstmatig zeewater volgens ASTM D1141-86. De potentiaal wordt gemeten in een direct op het oppervlak gelijkde meetcel met een referentie-elektrode (Ag/AgCl). Het substraat fungeert als werkelektrode. De ontwikkeling in de tijd van de zichzelf instellende potentiaal tussen werkelektrode en referentie is een maat voor de kwaliteit. Enige kennis van de corrosie-theorie is een vereiste. Een variant van dezelfde test, waarbij ook de corrosiestroom wordt gemeten, stelt in staat versneld levensduuronderzoek te doen. Deze test moet worden uitgevoerd en geïnterpreteerd door specialisten. Zonder stroommeting wordt wel een kwalitatieve indicatie van het lange termijn gedrag verkregen, waarmee het mogelijk is verschillende deklagen onderling te rangschikken.

#### **c. Ferroxytest (ASTM A 380, NEN 2170, VM108)**

Deze test geeft een snelle indicatie van doorlopende poreusheid of scheuren. Alhoewel de test in zijn uitvoering zeer eenvoudig is, is de interpretatie van de testresultaten niet vrij van problemen. De test is zeer gevoelig voor de aanwezigheid van ijzerstof, dat uit de omgeving of spoelwater mogelijk neerslaat op het gespoten oppervlak, wat een onterechte foutindicatie veroorzaakt. De ASTM geeft nadrukkelijk aan dat de test alleen mag worden uitgevoerd door personeel dat vertrouwd is met deze beperkingen. Bij de interpretatie moet er rekening mee worden gehouden dat veel spuitpoeders van nature ijzerdeeltjes bevatten. De classificatie is niet eenduidig. De NEN hanteert een maximum van 50 indicaties/dm<sup>2</sup> waarboven als resultaat 'ontelbaar' wordt vermeld. De test wordt direct aan het oppervlak van het werkstuk of een proefstuk uitgevoerd.

#### **d. Pin on disc test (ASTM G 99, VM108)**

Deze test is algemeen toepasbaar voor slijtageonderzoek, met name adhesieve slijtage. Een schijf die het te onderzoeken monster bevat draait met standaardcondities onder een belaste pen van een standaard materiaal. De pen wordt horizontaal en vertikaal over het monster verplaatst dat hierbij slijt. De slijtweg wordt aan het monster gemeten. Afhankelijk van de uitvoering van het apparaat zijn diverse, in de praktijk voorkomende situaties te simuleren, zowel gesmeerd als ongesmeerd. De vorm van het monster wordt bepaald door het fabrikaat van het testapparaat (grootte en vorm van de monsterhouder). Er zijn ook varianten bekend waarvan er één, de 'block-on-ring test' wordt beschreven in ASTM G77.

#### **Rubberwheel abrasiontest (ASTM G 65-91, VM108)**

Deze test is bedoeld voor abrasieve slijtage. Het abrasief is meestal kwartszand dat tussen testmonster en een rubber schijf valt. Het testresultaat wordt uitgedrukt als een relatief materiaalverlies ten opzichte van een standaard, koolstofstaal S 235. Het monster is een schijfje waarvan de afmetingen in de norm zijn voorgeschreven.

#### **e. Schuurpapierproef (VM108)**

Door een draaiende schijf met schuurpapier te bespannen en hier een pen tegenaan te drukken ontstaat een zeer eenvoudige test voor abrasieve slijtage. De pen draagt de coating. Er bestaan verschillende commerciële uitvoering van deze testen, die niet is genormeerd. Het wordt sterk aanbevolen het schuurpapier frequent te vervangen, zodat het scherp blijft. Door de pen radiaal te verplaatsen wordt ook steeds een vers schurend oppervlak aan de pen aangeboden. Deze proef kan ook worden uitgevoerd met een diamant schuurschijf.

#### **f. Slurryproef (ASTM G 75, VM108)**

Deze test richt zich op het onderzoeken van de weerstand tegen erosie zoals dit bijvoorbeeld bij het verpompen van water/zand mengsels optreedt. Twee proefplaatjes (monsters) worden, onder een hoek geplaatst, door een ronddraaiend juk in een bak met slurry rondgetrokken. Het testresultaat wordt uitgedrukt als een gewichtsverlies per tijdseenheid (g/h). De monstervorm en -afmetingen zijn in de norm voorgeschreven.

#### **g. Straalproef (TN 02-82 -aangepast voor TS-, TS-98<sup>5</sup>; DIN 50332)**

De genormeerde test is anders dan de test die binnen het project TS-98 werd ontwikkeld. De genormeerde test

<sup>5</sup> Resultaat van een eerder project. Het betreffende document op aanvraag verkrijgbaar bij NIL TC 1-c (via het Nederland Instituut voor Lastechniek, NIL)

heeft als voordeel dat de testapparatuur, de testomstandigheden en de monsters duidelijk vooraf vastliggen. De ervaring leert dat dit voor veel spuitapplicaties niet nodig is. Daarom is een vereenvoudigde test ontwikkeld die de meeste applicateurs in hun eigen gritstraalcabine kunnen uitvoeren, mits aan enkele simpele voorwaarden wordt voldaan. De monsters waarmee de test is ontwikkeld hadden een afmeting van 100x100x12 mm en waren eenzijdig gecoat. Andere monstervormen zijn zonder meer mogelijk. Het verdient wel aanbeveling in verband met de opbouw van kennis en ervaring bij de applicateur van de laag, dat zoveel mogelijk met een zelfde type proefstuk wordt gewerkt.

#### **h. Trekproef (ASTM C-633, EN 582)**

Voor het meten van de hechtsterkte bestaan zeer veel testen, elk met hun eigen voor- en nadelen. De test volgens ASTM en EN waarbij twee proppen, waarvan er één is gecoat, tegen elkaar worden gelijmd en vervolgens in een trekbank worden losgetrokken, wordt veel toegepast. De gecoate prop (monster) wordt vaak d.m.v. holboren of vonkverspanen direct uit het proefstuk genomen, waarna de andere er met een standaardlijm, in V-blokken (voor een goede uitlijning) onder genormeerde uithardingscondities tegenaan wordt gelijmd. De in de norm opgenomen lijmsorten garanderen een hechtsterkte van 55 MPa, wat voor veel HVOF deklagen te weinig is. Het gebruik van sterkere lijm is mogelijk, maar lokt discussies uit, omdat alle lijmsorten sterk capillair zijn, d.w.z. ze hebben een sterke neiging in de poriën van de coating te dringen. Bereikt de lijm op deze manier het substraat dan wordt dus niet de coating maar alleen de lijm getest. De ASTM norm is in 2001 nog geheel herzien, waarbij de normcommissie gemeend heeft toch geen sterkere lijmen toe te laten. De discussie lijkt voorbij te zijn gegaan aan het feit dat HVOF deklagen zelden doorgaand poreus zijn. Bij een poreuze coating en een sterk penetrerende lijm kan dus echter een foutief resultaat worden verkregen. De afmetingen van de proppen is in de norm voorgeschreven.

#### **i. Valproef (TN 02-079, TS-98)<sup>6</sup>**

Om tegemoet te kunnen komen aan de bezwaren van de hechtproef zoals die onder h is beschreven werd, binnen TS-98 een valtest ontwikkeld. De test is afgeleid van het simpele gegeven dat een klap met hamer een slecht hechtende laag los laat springen. Aan het vooropgezette doel de test een niet-destructief karakter te geven als de coating niet loskomt, kon niet worden voldaan, omdat al bij lage inslagenergie schade aan de deklaag kan ontstaan in de vorm van microscheurtjes en delaminatie onder de inslag. Deze beschadigingen lijken echter met de ECP-test gedetecteerd te kunnen worden. Er was echter binnen TS-98 onvoldoende ruimte om dit een statistische onderbouwing te geven. In uitvoering is de test echter dermate eenvoudig (een simpele valpijp met schaalverdeling en een gekalibreerd gewicht dat eindigt in een nauwkeurige radius), dat elke applicateur van de laag deze test gemakkelijk zelf kan doorontwikkelen. Voor de opbouw van kennis en ervaring wordt aanbevolen de test eerst uit te voeren op de deklagen waarmee men in het bedrijf de meeste ervaring heeft. Door het ontbreken van bewijs voor zowel de toelaatbaarheid van kleine scheurtjes in de coating als de consequente werkzaamheid van de ECP-test in het ontdekken ervan, moeten de keuringscriteria in eigen bedrijf worden ontwikkeld, liefst onder begeleiding van een specialist.

#### **j. Zoutsproeitest (ASTM B 117, ASTM B-287, DIN 50021, VM 108)**

Deze test is primair bedoeld om de weerstand tegen corrosie in maritiem milieu (onshore en offshore) te testen. Omdat de test veel buiten zijn oorspronkelijk context is gebruikt, is na wereldwijde discussie de acceptatiegraad verminderd. Hij wordt daarom tegenwoordig vaak vervangen door een 'saline droplets test'. De test is beschreven in ISO 4536-1985 "Metallic and non-organic coatings on metallic substrates -- Saline droplets corrosion test (SD test)". De norm beschrijft alleen de apparatuur en de procedure. Vorm en afmetingen van het proefstuk (monster) alsmede het aantal worden vrijgelaten. Richtlijnen voor de interpretatie ontbreken eveneens. Toch lijkt de algemene acceptatiegraad hoger dan van de standaard zoutsproeitest. Een bekende uitvoeringsvorm is die waarbij in een kabinet een product, proefstuk of monster wordt besproeid met kunstmatig zeewater, aangezuurd met azijnzuur. Na een periode van besproeiing wordt het oppervlak blootgesteld aan alleen vochtige lucht (bijv. 85-98% relatieve vochtigheid bij een temperatuur tussen 20°C en 26°C). Daarna weer besproeien, enz. De test duurt lang. De meningen zijn hierover nog verdeeld, maar de normale testduur van minimaal 1000 uur wordt vaak onvoldoende geacht. Veel testers staan een minimum test duur van 3300 uur voor. Het duurt dus vele maanden voor een resultaat beschikbaar is.

#### **k. Expositietest met ECP bijdrage TS-98<sup>6</sup>**

Deze test combineert de voordelen van normale expositie (realistisch) met die van de ECP test (snel). In een van de praktijkonderzoeken werd de test opgezet voor onderzoek aan grote proefstukken met bedekking van een aluminium(legering) of zink(legering). Alhoewel tijdens de test bleek dat bij onedele lagen het meten van de stroom in plaats van de spanning een beter beeld geeft, bleek toch dat binnen een week een onderlinge rangschikking van de lagen mogelijk was. Als de stroom wordt gemeten in plaats van de potentiaal, zijn ook levensduurvoorspellingen mogelijk. De test is voor TS-98 ontwikkeld door TNO Industrie, Afdeling Oppervlakte Technologie.

### **B) Chemical Vapour Deposition (CVD) en Physical Vapour Deposition (PVD)**

De tests en inspectiemethoden die hieronder staan genoemd worden beschreven in Referentie 12. Het gaat om achtereenvolgens:

- ▶ visuele inspectie;
- ▶ bepaling van de laagdikte met:
  - optische methoden;
  - Röntgenfluorescentie;
- ▶ bepaling van de hardheid;
- ▶ adhesietests;
- ▶ bepaling functionele eigenschappen zoals weerstand tegen slijtage en corrosie.

<sup>6</sup> Resultaat van een eerder project. Het betreffende document op aanvraag verkrijgbaar bij NIL TC 1-c (via het Nederland Instituut voor Lastechniek, NIL)

## Bijlage 6 Niet-Destructief Onderzoek (NDO) aan deklagen

Niet-Destructief Onderzoek maakt het mogelijk een indruk te verkrijgen van de kwaliteit van een constructie of werkstuk zonder dat dit daarbij beschadigd raakt. Het is een uitstekend instrument om tijdens een productieproces de productkwaliteit vast te stellen, of om van werkstukken, die enige tijd in bedrijf zijn geweest, de aanwezigheid, aard en omvang van bedrijfsschade (bijvoorbeeld scheurvorming) vast te stellen. NDO maakt gebruik van verschillende methoden en technieken, waaronder Röntgen- en Gammastraling, ultrageluid en (elektro)magnetische methoden.

In het geval van deklagen kan NDO vaak worden gebruikt voor de volgende onderwerpen:

- Onthechting met de ondergrond te bepalen.
- Het meten van de laagdikte.
- Het bepalen van poriën in de deklaag.
- Scheurvorming in de deklaag of in de ondergrond.

In aanmerking komen hierbij ultrasoon-, wervelstroom- en penetrantonderzoek.

Ultrasone methoden stellen eisen aan de mate waarin materialen goede geleiders voor geluidsgolven zijn (fijnkorrelig, niet teveel absorptie). Bovendien moeten de mechanische eigenschappen van de deklaag en de substraat voldoende van elkaar verschillen.

Wervelstroommethoden stellen de eis dat deklaag en substraat voldoende verschil in elektrische en magnetische eigenschappen hebben: het substraat moet een (veel) hogere geleidbaarheid en/of permeabiliteit hebben dan de deklaag. Daarnaast dienen de gebruikte materialen homogeen en fijnkorrelig te zijn. Wervelstroom- en ultrasoononderzoek lenen zich goed voor automatisering.

Penetrant onderzoek stelt als eis dat het oppervlak van de deklaag niet poreus is.

Voor het opsporen van **hechtingsfouten** is ultrasoononderzoek geschikt. Dit is toepasbaar als het basismateriaal tenminste enkele millimeters dik is. De mate van hechting is van invloed op de transmissie en reflectie van geluid, en daar is de meting op gebaseerd. Om de hechting te kunnen bepalen zijn twee parallelle oppervlakken nodig, dus moeilijkere configuraties komen vaak niet in aanmerking voor ultrasoononderzoek. Uitvoering en acceptatie volgens bijv. SA 578, ASTM deel 5.

**Laagdikte** kan worden gemeten met ultrasone en wervelstroommethoden. Voor deklagen tot 2 à 3 mm gebruikt men doorgaans wervelstroom. De dikte van een niet-geleidbare laag op een geleidbare laag is meetbaar, maar ook die van een niet-magnetiseerbare laag op een magnetiseerbare laag. Om de gedachten te bepalen: minimale dikte van de deklaag dient ca. 0,02 mm en de dikte van het basismateriaal dient tenminste ca. 0,3 mm te zijn. Deze waarden kunnen echter per materiaal sterk verschillen, zowel in positieve als in negatieve zin.

Bij metallische deklagen boven ca. 2 mm dikte komen ultrasone technieken in aanmerking. De meting is dan gebaseerd op de tijd die de geluidsgolf aflegt tussen het oppervlak van de deklaag tot de hechtzone en terug (looptijdmeting).

Defecten in de deklaag zelf (**poriën, scheurtjes**) kunnen alleen in deklagen vanaf enkele millimeters worden opgespoord (met name opgelaste en explosief aangebrachte cladlagen). Hiervoor zijn sommige ultrasone en wervelstroomtechnieken geschikt. Daarnaast kan in veel gevallen penetrantonderzoek worden gebruikt om oppervlaktebrekende scheurtjes in de deklaag te detecteren (met name van toepassing op opgelaste lagen). Overigens is er ook een speciale ultrasone techniek beschikbaar om scheurtjes in het moedermateriaal, juist onder een opgelaste laag, op te sporen.

Bij nieuwe toepassingen is het meestal nodig om de haalbaarheid van de gewenste meting te toetsen door middel van proeven. Voor ultrasoon- en wervelstroomonderzoek moeten geschikte referentiestukken beschikbaar zijn.

In tabel 6.1 zijn de specifieke toepassingsgebieden van NDO-methoden aangegeven. Vanzelfsprekend hangen de keuringseisen samen met het toepassingsgebied. Zo zullen de eisen voor een automobiel of vliegtuig verschillen van die voor een kunstwerk.

tabel 6.1 Specifieke toepassingsgebieden van NDO-methoden

Deklaag type	Ultrasoon			Wervelstroom			Penetrant
	hechting	laagdikte	defecten	hechting	laagdikte	defecten	oppervlakte-defecten
Natlak/poedercoaten	+	–	–	–	+	–	–
Thermisch spuiten	+/-	–	–	–	+	–	–
Lasercladden	+	+/-	–	–	+	+/-	–
Oplassen	+	+/-	+/-	–	+	+/-	+
Explosief cladden	+	+/-	+/-	–	+	+/-	–
Stroomloos verzinken/aluminiseren	+/-	–	–	–	+/-	–	–
Electrolytisch aangebracht	+/-	–	–	–	+/-	–	–
CVD	+/-	–	–	–	+/-	–	–
PVD	+/-	–	–	–	–	–	–
Opsputteren	+	–	–	–	+/-	–	–
(Hard)verchromen	+/-	–	–	–	+/-	–	–
Clad steel	+	+/-	+/-	–	+	+/-	–

+ doorgaans goed mogelijk; +/- in sommige gevallen mogelijk (per geval bepalen); – niet mogelijk of niet van toepassing

## Bijlage 7 Eisen voor de inhoud van testdocumenten

In tabel 7.1 zijn de eisen voor de inhoud van testdocumenten weergegeven.

tabel 7.1 Eisen voor de inhoud van testdocumenten

<b>Algemeen</b>
Projectnummer/werkordernummer Korte beschrijving van het product en het productkenmerk Deklaagtype, (merk)naam, lotnummer (indien van toepassing) Nummer keuringseenheid of proefstuknummer
<b>Relatie</b>
Fabricage-eenheid waarop de keuringseenheid of proefstukken/monsters betrekking hebben Naam van de verantwoordelijke uitvoerder Naam van verantwoordelijke deskundige van applicateur
<b>Datums</b>
Datum van uitvoering  Datum van verificatie Datum van uitgifte document (= datum vrijgave voor levering)
<b>Resultaten</b>
De gestelde eis Meetomstandigheden, indien van invloed op de metingen Meetresultaten
<b>Waarmerken</b>
Ruimte voor: Goedkeuring Afkeuring, omkleed met reden Herkeuring, omkleed met reden Ondertekening door: - Verantwoordelijk deskundige applicateur - Bevoegd vertegenwoordiger klant

## Bijlage 8 Kwaliteitscontrole in detail

In dit hoofdstuk worden suggesties gedaan voor zaken die in het kader van een afnamecontrole tussen klant en applicateur dienen te worden geregeld. De tekst is een voorbeeld van de stappen die er kunnen worden gezet.

### 8.1 OMVANG VAN DE KEURING

#### 1. Testplan

In principe wordt de keuring tijdens productie en bij afname beschreven in de Procesbeschrijving. Bij omvangrijkere opdrachten is het echter vaak zinvoller hiervoor een apart document op te stellen: een door de klant goed te keuren Testplan. Het Testplan is dan een aanvulling op de Procesbeschrijving en regelt in feite alle details voor het controleren van de laaigeenschappen, de functionele eigenschappen en de kwaliteit. Het moet dus passen in het kwaliteitssysteem van de klant en bij voorkeur ook in dat van de applicateur van de deklaag. De Procesbeschrijving kan dan daarop aansluitend worden vereenvoudigd, doordat er steeds naar het Testplan kan worden verwezen.

In ieder geval dient er òf in het Testplan òf in de Procesbeschrijving te worden aangegeven hoe, wanneer en door wie de testen worden uitgevoerd en welke eisen worden gehanteerd. Voor de rest van deze bijlage wordt daarom geen onderscheid meer gemaakt tussen Testplan en Procesbeschrijving.

Het verdient aanbeveling een testplan, voordat de testen worden uitgevoerd, aan de klant aan te bieden voor acceptatie.

Voor alle testen mag worden verwezen naar documenten waarin de uitvoeringsdetails staan beschreven, dus ook naar een norm of een OEM<sup>7</sup> document. Voor alle beproevingen wordt ook de bemonstering vastgelegd en de afspraken voor eventuele her- of afkeur. Het plan moet een overzicht geven van alle overeengekomen testen en de hiervoor geldende eisen.

#### 2. Keuringseenheid

Een keuringseenheid staat voor een verzameling gecoate producten van één levering die op dezelfde wijze met hetzelfde materiaal, hetzelfde proces met dezelfde procedures zijn gecoat en die (voor zover van toepassing) tevens dezelfde warmtebehandeling(en) ondergaan hebben<sup>8</sup>. Een keuringseenheid vertegenwoordigt in principe niet meer producten dan voor een steekproef nodig zijn. Een keuringseenheid kan bestaan uit één of meer producten die al of niet voor keuring wordt opgeofferd, of een of meer proefstukken. De keuringseenheden moeten, net als het product zelf, in voldoende detail worden beschreven zodat vooraf kan worden nagegaan of tijdens de afname de juiste proefstukken worden gebruikt.

De afnamekeuring kan worden uitgevoerd:

- Per product, bij enkelvoudige producten;
- Per keuringseenheid, indien het meerdere dezelfde producten betreft of als de verlangde testen niet op het product zelf uitvoerbaar zijn;
- Volgend op een eventueel af te geven garantiestelling, als tijdens de garantietermijn blijkt dat falen vóór het verstrijken van de garantietermijn is te verwachten;
- Voor het geval producten niet beschadigd mogen worden kan worden afgesproken de afnamekeuring uit te voeren op een extra onderdeel dat hiervoor op dezelfde wijze wordt gefabriceerd, of de keuring uit te voeren op representatieve proefstukken.

De vereiste omvang van een steekproef hangt af van de gewenste betrouwbaarheid en kan worden gebaseerd op normale statistische inzichten. Als dit niet mogelijk of gewenst is, kunnen de volgende vuistregels worden gehanteerd:

- ▶ Per fabricage-eenheid zullen minimaal twee producten of proefstukken beschikbaar moeten zijn, waarvan één reserve (voor eventuele herkeur).
- ▶ Is de fabricage-eenheid groter dan 10 items, dan is het aantal proefstukken minimaal gelijk aan de  $n/3$ , waarbij  $n$ , de omvang van de fabricage-eenheid naar boven wordt afgerond (2,1 wordt 3).

Is de representativiteit van de proefstukken relatief laag, beoordeeld naar de in het volgende punt genoemde aandachtspunten, dan zijn ze ongeschikt.

#### 3. Representativiteit

Het is belangrijk dat de relatie tussen product(en) en proefstuk(ken) vooraf duidelijk is. Als er geen eenduidige afspraken worden gemaakt, kan het gebeuren dat de klant bij twijfel na de beproeving alsnog van de applicateur verlangt de representativiteit van een proefstuk aan te tonen. Het spreekt voor zich dat er dan problemen ontstaan. De representativiteit kan per toepassing verschillen en het is dus zaak een en ander vooraf overeen te komen. De afspraken dienen herleidbaar te worden gedocumenteerd. Dat wil zeggen, dat de bron van de afspraken te vinden en beschikbaar moet zijn voor beide partijen, wat echter niet betekent dat de brondocumenten tegelijk bij beide partijen in het bezit moeten zijn.

- Proefstukken bestemd voor afnamekeuring moeten gelijktijdig met het onderdeel worden bedekt en moeten van hetzelfde type basismateriaal (met betrekking tot de samenstelling, warmtegeleiding en oppervlaktestructuur) zijn gemaakt;
- Afmeting, volume en vorm van proefstukken mogen ten opzichte van een product slechts weinig verschillen. De standaardmonsters, die sommige testen kunnen vereisen, zijn in deze zin dan ook niet representatief. Hun resultaat kan slechts worden afgemeten aan eenzelfde soort monster, waarvan de resultaten als referentie

<sup>7</sup>) Original Equipment Manufacturer, meestal de partij die de rechten van het ontwerp bezit en vaak ook de details van de kwaliteitszorg, waaronder de uitvoering van testen dwingend voorschrijft. Aan deze specificaties is vaak langdurig en intensief onderzoek vooraf gegaan.

<sup>8</sup>) Een fabricage-eenheid wordt altijd vertegenwoordigd door een keuringseenheid die bestaat uit één of meer representatieve proefstukken waar weer monsters en/of testcoupons worden uitgenomen. Als representativiteit van proefstukken geen rol speelt, zoals bij de ingangcontrole van grondstoffen, kan een fabricage-eenheid ook alleen monsters/testcoupons bevatten.

dienen (standaard). Het is op zich niet onmogelijk dat er wel een relatie is tussen de standaard en de functionaliteit van een product. Hieraan ligt veelal langdurige ervaring of uitgebreid onderzoek aan ten grondslag (geldt bijvoorbeeld voor zogenaamde OEM toepassingen).

- Het proefstuk moet op precies dezelfde wijze worden bewerkt als het onderdeel, met dezelfde procedures, nabewerkingen, gereedschappen en dezelfde instellingen. Ook hier geldt weer dat voor monsters andere eisen kunnen gelden, waardoor ze niet representatief zijn, maar wel een geldig testresultaat kunnen leveren indien vergeleken met een standaard.
- De deklaag moet op het proefstuk op precies dezelfde wijze worden aangebracht als op het onderdeel, dat wil zeggen: met grond- en hulpstoffen afkomstig uit dezelfde charge of levering, (hulp)apparatuur en instellingen. Voor dunne monsters kan dus eenzelfde beperking gelden als hierboven, Ze zijn niet representatief als ze veel dunner zijn dan de materiaaldoorsnede van de te coaten ondergrond. Desondanks kan hun testresultaat geldig zijn, indien afgemeten aan een (dunne) standaard.
- Een eenvoudiger proefstukvorm kan ongewild tot minder complexe manipulatiebewegingen leiden en daarmee tot een andere warmteoverdracht en deklaagkwaliteit. Dit kan de representativiteit in gevaar brengen.
- Stofafzuiging en werkstukkoeling zijn ook factoren die de representativiteit aanmerkelijk kunnen beïnvloeden.

#### 4. Standaardkeuringen

Keuringen die door de applicateur van de laag regelmatig worden uitgevoerd en waarmee dus veel ervaring is opgedaan kunnen tot standaardkeuring worden verheven. Om de verdere opbouw van ervaring niet te doorbreken, is het belangrijk dat de klant zich bindt aan de standaardrapportages en proefstukken.

Men kan voor de standaardkeuringen een tabel aanleggen, waarin alleen maar hoeft te worden aangekruist welke zullen worden uitgevoerd. Een vast onderdeel van een standaardkeuring zal altijd de controle zijn van:

- Afmetingen na de eindbewerking volgens de op tekening gestelde maattolerantie-eisen met inbegrip van de vereiste laagdikte.
- Vorm en plaats volgens de op tekening gestelde vorm- en plaatstolerantie-eisen.

#### 5. Speciale keuringen

Bij twijfel, kritische toepassingen of nader onderzoek kunnen, naast de standaardtesten, meer speciale testen worden afgesproken. Met deze keuring moet aannemelijk worden gemaakt, dat de deklaag kan voldoen aan de verlangde functionaliteit en levensduur.

## 8.2 PROEFSTUKKEN

### 1. Typen

Een keuringseenheid bestaat uit één of meer representatieve proefstukken. Sommige testen kunnen direct op deze proefstukken worden uitgevoerd, maar voor andere testen moeten speciale, aan de test en testomstandigheden aangepaste coupons of monsters worden uitgenomen. Op het moment dat een proefstuk moet worden verdeeld in meerdere monsters, zal de representativiteit per monster kunnen verschillen en kan de representativiteit zelfs volledig verloren gaan. Op zich hoeft dit geen probleem te zijn, als er voor de beoordeling van het testresultaat referentiewaarden beschikbaar zijn voor het specifieke type monster (standaard). Ook moet van tevoren worden nagedacht over welk element uit de geometrie voor de gegeven test bepalend is. Zo zal voor een laagdikte- of hardheidsmeting, zolang het proefstuk zelf representatief is, alleen de laagdikte nog van belang zijn. Dit geldt ook voor een monster waaraan de microstructuur wordt beoordeeld, mits geprepareerd volgens de gebruikelijke aanbevelingen. De hiërarchie is dus nu:

fabricage-eenheid keuringseenheid proefstuk(ken) monster(s)/testcoupons
--

### 2. Bemonstering

Overeenkomend met de keuringsomvang worden in overleg tussen klant en applicateur proefstukken gedefinieerd. Beiden kunnen op basis van (liefst aantoonbare) ervaring voorstellen doen. De afspraken worden vastgelegd in de Procesbeschrijving of het Testplan. Tenzij anders wordt overeengekomen, is het voor enkelvoudige beproeving noodzakelijk minimaal twee proefstukken beschikbaar te hebben, waarvan één reserve. Het reserveproefstuk kan in overleg, zowel bij de applicateur als de klant, in opslag worden gehouden gedurende tenminste de garantietermijn. Voor meervoudige beproevingen dient ook ten minste één reserveproefstuk beschikbaar te zijn. De ligging van monsters of testcoupons dient ook van tevoren te worden afgesproken. Klant en applicateur moeten er samen van overtuigd zijn dat de ligging en de techniek voor uitname het testresultaat niet anders beïnvloeden dan in de norm of testvoorschrift is voorzien. Zijn er geen gegevens voorhanden, dan wordt vastgelegd dat beide partijen zich tot een keus "naar beste eer en geweten" verbinden het resultaat te accepteren, ook als achteraf mocht blijken dat een andere positie of wijze van uitnemen beter was geweest. Kan geen overeenstemming worden bereikt, dan zal één van de partijen een keuze maken onder vastlegging van de mogelijke beperkingen of onzekerheid.

Monsters of testcoupons kunnen het beste ruim worden uitgenomen om te voorkomen dat de coating aan de randen beschadigt bij het bewerken.

Proefstukken en monsters of testcoupons verlangen altijd veel zorg bij de fabricage. Als een keuringseenheid te klein is voor het uitnemen van alle noodzakelijke monsters, kan men afspreken de keuringseenheden uit te breiden met één of meer proefstukken. De extra proefstukken behoeven niet noodzakelijk dezelfde vorm en afmetingen te hebben, mits de representativiteit van de gehele keuringseenheid is gewaarborgd.



### 3. Codering

Producten, keuringseenheden, monsters, testcoupons, proefstaven, enz. moeten van een unieke codering worden voorzien, zodat een testresultaat altijd op het betreffende testobject is te herleiden, alsook de onderlinge samenhang van testobjecten.

## 8.3 UITVOERING VAN TESTEN

Als er testen worden afgesproken, moet het absoluut duidelijk zijn wie de testen uitvoert en wanneer. In de moderne opvattingen van procesbeheer (herleidbaarheid) past niet meer dat testen die worden uitbesteed anoniem of onder de naam van de applicateur aan de klant beschikbaar worden gesteld. Uitbesteden aan de klant is geen uitzondering. Vooral dan is het noodzaak goed af te spreken waar de verantwoordelijkheid ligt voor het proefstuk, transport, eventuele voor- en nabehandelingen en hoe wordt gerapporteerd. Ook als testen door de klant worden uitgevoerd, wordt aanbevolen er op tijd in te voorzien dat de applicateur ook kan beschikken over de resultaten (opbouw van kennis en ervaring).

## 8.4 BEOORDELEN VAN TESTRESULTATEN

Testresultaten kunnen altijd tegenvallen. Niet alleen is het noodzakelijk duidelijke criteria te hebben voor de beoordeling, maar er moet ook van tevoren bekend zijn hoe men om wil gaan met testresultaten die niet voldoen of tegenvallen. Bijvoorbeeld: Het resultaat van de keuring is onvoldoende, als het resultaat van één (of meer?) test(en) niet voldoet aan de gestelde eisen met als gevolg dat de keuringseenheid wordt afgekeurd. Men kan in zo'n geval ook afspreken dat de test wordt herhaald en dat de keuringseenheid pas wordt afgekeurd als ook bij herhaling het resultaat niet voldoet.

Denk ook aan het schema van het 8e gebod!

### 1. Afkeurcriteria

Vastgelegd kan worden welke testresultaten worden getoetst aan de in de procesbeschrijving opgenomen eisen, dan wel aan (inter)nationale normen of codes. Het is meestal ook raadzaam af te spreken dat afwijkingen altijd individueel worden beoordeeld. Dit stelt de klant in de gelegenheid op basis van de grootte van de afwijking te beslissen tot herkeur of afkeur, zonder eventueel andere keuringen op te houden. Het is verder gebruikelijk af te spreken:

"dat afkeur van een keuringseenheid kan leiden tot afkeur van alle producten die door de keuringseenheid worden gerepresenteerd, tenzij anders wordt overeengekomen"

Dit geeft de mogelijkheid bij onverwacht structureel tegenvallende resultaten tot andere afspraken te komen.

### 2. Herkeur en afkeur

Problemen ontstaan als aan één of meerdere eisen, zoals vastgelegd in de Procesbeschrijving, niet wordt voldaan. Er kan worden afgesproken in dat geval een tweede keuring te laten plaatsvinden. Indien is overeengekomen op het product te keuren, dan zal een tweede, identiek onderdeel beschikbaar moeten zijn. Als dit niet mogelijk is, bijvoorbeeld omdat het een enkelvoudig uniek onderdeel betreft, dan kan worden overeengekomen alsnog een representatief proefstuk te maken. Indien eerder was overeengekomen op proefstukken te keuren, dan zal hier voor een tweede, identiek proefstuk beschikbaar moeten zijn. De representativiteit van dit proefstuk mag niet ter discussie staan. Dit moet tevoren, naar overtuiging van beide partijen, worden vastgesteld. Het is gebruikelijk voor het tweede proefstuk de gestelde eisen onverkort toe te passen, mogelijk met uitzondering van het aantal testcoupons of monsters. Definitieve afkeur volgt doorgaans als de tweede keuring ook faalt.

### 3. Herstellingen

Soms kunnen herstellingen aan de producten zijn toegestaan, bijvoorbeeld als de applicateur met proeven kan aantonen dat na herstel aan alle eisen wordt voldaan. Herstellingen zijn doorgaans alleen acceptabel als de applicateur van de deklaag werkt volgens een vooraf door de klant goedgekeurde herstelprocedure. Voor keramische lagen is de herstelbaarheid beperkt. Van tevoren moet bekend zijn wie de herstelkosten en/of de kosten van herkeuring betaalt. Dit hoeft niet noodzakelijk de applicateur van de laag te zijn, als de klant de deklaag en de materialen heeft voorgeschreven en de procesbeschrijving heeft geaccepteerd.

## 8.5 DOCUMENTEREN VAN TESTRESULTATEN

### 1. certificaat of applicateursverklaring

Het kan zijn dat om een certificaat of een zogenaamde applicateursverklaring wordt gevraagd. Van tevoren moet bekend zijn wat hierin moet worden vermeld naast datering en waarmeding van testresultaten, bijvoorbeeld:

- De applicateur van de laag bevestigt dat de geleverde producten voldoen aan alle gestelde eisen.
- Daarnaast verschaft de verklaring, al dan niet (verwijzingen naar), de resultaten van de alle keuringen.
- Er kan worden afgesproken in de verklaring alle latere afwijkingen, aanvullingen en wijzigingen op afspraken, eisen en keuringen vast te leggen.
- Levering van de gecoate producten gelijktijdig met de verklaring laten plaatsvinden.
- Alleen gedateerde en gewaarmerkte testresultaten accepteren voor een keuring.
- De verklaring slechts geldig verklaren als deze zowel door de applicateur van de laag als door of namens de klant is ondertekend.
- Testresultaten pas acceptabel verklaren als ze zijn te herleiden op de test, de keuringseenheid, de testuitvoerder, de plaats waar de test is uitgevoerd, enz., en zijn gedateerd, gecontroleerd en gewaarmerkt.

- De applicateur van de laag laten aantonen dat de ingangscntrole op grond- en hulpstoffen is uitgevoerd conform de afspraken.
- De applicateur van de laag laten tonen welke concrete resultaten zijn verkregen bij de ingangscntroles voor de materiaalcharge(s) die voor de opdracht zijn gebruikt (het is verstandig altijd een document bij te voegen waarin is aangegeven welke grondstoffen en werkmethoden zijn gebruikt of van toepassing waren voor het specifieke product c.q. voor de specifieke geregistreerde parameters). Dit document moet dan wel herleidbaar zijn tot alle producten en de hiermee samenhangende proefstukken.

## 2. Waarmerken

De klant kan verlangen dat keuring-/beproeivngsresultaten en waarnemingen worden vastgelegd op door de applicateur van de laag of haarzelf gewaarmerkte meet- en beproevingsprotocollen. Het door de klant laten waarmerken kost meer tijd maar vermindert discussies achteraf. Ook de procedurebeschrijvingen van metingen en beproevingen kunnen, als deze afwijken van de procesbeschrijving of het testplan, worden gewaarmerkt. Overigens is het beter als de klant hiervoor vooraf schriftelijk toestemming verleent. Gewaarmerkte, originele documenten behoren bij het certificaat of de applicateursverklaring.

## 3. Wat wordt er vastgelegd?

Op de testprotocollen kunnen, buiten de hoofdgegevens van het betreffende project, bijvoorbeeld worden vastgelegd:

- Over welk onderdeel het gaat;
- Op welke keuringseenheid proefstukken betrekking hebben;
- De datum van de testen;
- Meetomstandigheden, indien van invloed op de metingen;
- Meetresultaten;
- De gestelde eis;
- Naam van de uitvoerder;
- Een ruimte voor:
  - Goedkeuring;
  - Afkeuring, omkleed met reden;
  - Herkeuring, omkleed met reden;
  - Een ruimte voor het ondertekenen door applicateur en klant (waarmerk).

In het certificaat of de applicateursverklaring kan nog worden bevestigd:

- De overeengekomen garantietermijn;
- Dat de laag voldoet aan alle gestelde eisen;
- Dat de testen zijn uitgevoerd volgens de procesbeschrijving en/of het testplan en de geldende normen;
- Dat de parameters voor aanbrengen van de laag en eventuele verdere bewerking zijn toegepast zoals vastgelegd in de procesbeschrijving met verwijzing naar de datum en het kenmerk van dit document.

## 8.6 GARANTSTELLING

Als op alle punten afspraken zijn gemaakt blijft nog een eventuele garantieverplichting. Indien de overeengekomen garantietermijn naar het oordeel van de klant niet is gehaald, kan worden afgesproken dat de applicateur van de laag de gelegenheid krijgt tot onderzoek. Hierbij moet helder zijn of in dat geval de applicateur van de laag toegang kan krijgen tot gegevens die naar zijn overtuiging de procesomstandigheden waarin het product heeft gefunctioneerd voldoende beschrijven. Het is belangrijk, voordat tot verder onderzoek wordt besloten, vast te stellen of de applicateur van de laag en de klant het al dan niet eens zijn over de mogelijke omstandigheden die tot falen hebben geleid. Tenslotte moet zijn vastgelegd tot welk bedrag of welke herstelhandelingen zowel de applicateur van de laag als de klant zich zullen verplichten.

## ***Literatuur en referenties***

1. J.E. Buter, "Procesbeheersing bij Thermisch Spuiten met HVOF, Werkplan Fase II: Onderzoeksfase", project doc. nr.: TN 00-44, januari 2000.
2. L.A. Correia, "Procesbeheersing bij Thermisch Spuiten met HVOF", Inventarisatie studie 1e fase, project doc. nr. TN 99-33, april 1999. (Intern ECN nummer: ECN-CX-99089/TN-WG 99-05/WN 99 40).
3. Kay Geels, "Das Wahre Mikrogefüge fester Materialien", Structure No. 35, Struers Zeitschrift für Materialographie, 2000, pagina 5-13.
4. George F. Vander Voort, "Ansichten eines Laien über die Metallographie plasmagespritzter Schichten", Structure No. 28, Struers Zeitschrift für Materialographie 1995, pagina 8-13.
5. Birgitha Leandersson, "Qualitätsbeurteilung metallographischer Präparationsmethoden thermisch gespritzter Schichten", Structure No. 25, Struers Zeitschrift für Materialographie 1/92, pagina 12-14.
6. G.A. te Raa, " Round Robin Microstructuur TS-98", rapport N.V. Philips Electronics uitgebracht in het kader van het project Procesbeheersing bij Thermisch Spuiten met HVOF, project doc. nr. TN 01-67, januari 2001.
7. F.J.R. Eijkenboom, "Procedure poederspecificatie en ingangscontrole", doc. nr. TN 01-69 rev.2, 08-06-2001.
8. Gefügeatlas Thermisch Gespritzter Schichten; Fachreihe Schweißtechnik. Band 146, DVS Verlag, Bestell Nr. 100146, ISBN 3-87155-197-X.
9. Website Gordon England met referentiefoto's: [www.gordonengland.co.uk/xhomepage.htm](http://www.gordonengland.co.uk/xhomepage.htm)
10. Document TN 02-96 (FME-CWM 2003, ook in te zien op [www.coating-online.nl](http://www.coating-online.nl))
11. Qualitätssicherung bei der Vakuumbeschichtung von Kunststoffen. VDI Richtlinie 3823; (December 2004). Uitgave Beuth Verlag GmbH, Berlin.
12. Qualitätssicherung bei der PVD- und CVD Hartstoffbeschichtung. VDI Richtlinie 3824, (Maart 2002). Uitgave Beuth Verlag GmbH, Berlin.
13. J.E. Buter, Versnelde Testmethoden voor Corrosie, Stork FDO Rapport TSP 98-010R1,; 2002 (verkrijgbaar via de coördinator van het IOP Oppervlaktetechnologie bij SenterNovem).

## 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), SenterNovem, Syntens en Vereniging FME-CWM.

De auteurs, P.P.J. Ramaekers (Rasceur Industrial Innovations) en J.E. Buter werden ondersteund door een begeleidingsgroep bestaande uit: E. Schuring (ECN), J. van de Put (Syntens), G. van Krieken (Corus), L. Tegelaers (H&ST), R. Rijkmans (Revamo), G. Vaessen (GVA) en P. Boers (FME).

Speciale dank voor het beschikbaar stellen van rapporten en gegevens gaan uit naar de technische commissie NIL TC 1-c en het IOP Oppervlaktetechnologie.

## Technische informatie:

Voor technisch inhoudelijke informatie over de in deze voorlichtingspublicatie behandelde onderwerpen kunt u zich richten tot de auteur P.P.J. Ramaekers (tel.: 0495-450387, e-mail: p.p.j.ramaekers@wxs.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



© Vereniging FME-CWM/oktober 2005 - 01

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd 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