



Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu  
*Ministerie van Volksgezondheid,  
Welzijn en Sport*

## **Analyse REACH-autorisatieaanvragen: inventarisatie van alternatieven voor chroom-6**

RIVM-briefrapport 2020-0142  
J.E.F van Goor-Gras | M.A. van Kuppevelt





Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu  
*Ministerie van Volksgezondheid,  
Welzijn en Sport*

## **Analyse REACH-autorisatieaanvragen: inventarisatie van alternatieven voor chroom-6**

RIVM-briefrapport 2020-0142  
J.E.F. van Goor-Gras | M.A. van Kuppevelt

## Colofon

© RIVM 2020

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

DOI 10.21945/RIVM-2020-0142

J.E.F. van Goor-Gras (auteur), RIVM  
M.A. van Kuppevelt (auteur), RIVM

Contact:  
Michiel van Kuppevelt  
Centrum Veiligheid van Stoffen en Producten  
michiel.van.kuppevelt@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van Inspectie Sociale Zaken en Werkgelegenheid in het kader van opdracht 2019 ADD.11.07 (inventarisatie substitutie Chroom-6)

Dit is een uitgave van:  
**Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu**  
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven  
Nederland  
www.rivm.nl

## Publiekssamenvatting

### **Analyse REACH-autorisatieaanvragen: inventarisatie van alternatieven voor chroom-6**

Chroom-6 zit in verschillende materialen en producten. Dit metaal beschermt materialen tegen roestvorming en andere vormen van verwerking. Daarnaast zien verchromde voorwerpen er mooi uit, zoals badkamerkranen en autovelgen. Chroom-6 heeft wel gevaarlijke eigenschappen. Als mensen eraan blootstaan, bijvoorbeeld tijdens het werk, kunnen ze daar ziek van worden. Bedrijven mogen daarom alleen chroom-6 gebruiken als er geen veilige alternatieven mogelijk zijn.

Er blijken veel ontwikkelingen te zijn op het gebied van alternatieven voor chroom-6. Dat laat een overzicht zien dat het RIVM in opdracht van de Inspectie Sociale Zaken en Werkgelegenheid (i-SZW) heeft gemaakt. Het RIVM heeft per toepassingsgebied een overzicht van de mogelijke alternatieven gemaakt. De inspectie gebruikt deze informatie om haar controletaak beter uit te voeren.

Het gebruik van chroom-6-houdende stoffen is verboden, tenzij een bedrijf toestemming voor gebruik heeft gekregen van de Europese Commissie en lidstaten (via een zogeheten autorisatie). Het doel van dit verbod is chroom-6 uiteindelijk te vervangen door minder gevaarlijke stoffen of technieken. De inspectie in Nederland controleert of een bedrijf genoeg doet om een alternatief voor chroom-6 te vinden.

Alternatieven voor chroom-6 maken het mogelijk dat deze stof de komende jaren minder wordt gebruikt. Door welke stof of technieken het zal worden vervangen, is nu niet precies te voorspellen. Het RIVM-overzicht laat in elk geval zien dat het niet mogelijk is om voor alle toepassingen van chroom-6 één alternatief te vinden. Voor iedere toepassing moet een alternatief op maat worden gezocht.

Om voor een autorisatie in aanmerking te komen, moet de aanvrager eerst via uitgebreid onderzoek aantonen dat er geen alternatieven zijn. Uit een analyse van autorisatieaanvragen blijkt dat er geen volledig beeld is van alle ontwikkelingen om chroom-6 te vervangen. De beschreven onderzoeken in de aanvragen zijn vaak enkele jaren oud of vertrouwelijk.

Wanneer verlengingen van autorisaties worden aangevraagd, wordt meer nieuwe informatie openbaar. Het RIVM vindt het daarom belangrijk de ontwikkelingen goed te volgen. Ook zou het RIVM graag zien dat bedrijven meer informatie delen over lopend onderzoek, zodat een actueel beeld ontstaat van de alternatieven voor chroom-6.

Kernwoorden: chroom-6, substitutie, alternatieven, autorisatie



## Synopsis

### **Analysis of REACH authorisation requests: inventory of alternatives for chromium-6**

Chromium-6 is present in various materials and products. This metal protects materials against rust formation and other forms of weathering. In addition, chrome-plated objects such as bathroom taps and car rims can be visually attractive. Chromium-6 has hazardous properties. If people are exposed to it, for example during their work, they can become sick. Companies may therefore use chromium-6 only if there are no safe alternatives available.

There are many developments when it comes to alternatives for chromium-6. This is made clear by the overview prepared by RIVM at the request of the Social Affairs and Employment Inspectorate. RIVM prepared an overview of the possible alternatives for each area of application. The inspectorate uses this information to carry out its responsibilities in the area of monitoring and supervision more effectively.

The use of chromium-6 containing substances is forbidden unless a company has received permission to use it from the European Commission and member states (via a so-called authorisation). The aim of this ban is to completely replace chromium-6 in the long term by safer substances or techniques. The inspectorate in the Netherlands investigates whether a company has invested sufficient effort in trying to find an alternative for chromium-6.

The development of alternatives for chromium-6 will lead to a reduced use of this substance in the coming years. It is not yet possible to predict exactly which substance or techniques will lead to its replacement. However, in any case, the study shows that it will not be possible to find a single alternative for all the applications using chromium-6. A customised alternative has to be found for each application.

In order to receive authorisation for the use of chromium-6, an applicant has to prove through substantial research that there are no alternatives available. The analysis of authorisation requests does not provide a complete picture of all the developments in relation to the replacement of chromium-6. The investigations carried out within the framework of these requests are often outdated or confidential.

If a request is submitted for extending an authorisation, more new information is made public. RIVM therefore thinks it is important to continue monitoring the developments closely. In addition, the RIVM would encourage companies to share more information regarding ongoing investigations, in order to create a current and complete overview of the alternatives for chromium-6.

Keywords: chromium-6, substitution, alternatives, authorisation





## Inhoudsopgave

### **Samenvatting — 9**

#### **1 Inleiding — 11**

- 1.1 Chroom — 11
- 1.2 Achtergrond inventarisatie — 11
- 1.3 Leeswijzer — 12

#### **2 Beschrijving van het autorisatieproces — 13**

- 2.1 De REACH verordening — 13
- 2.2 Identificatie zeer zorgwekkende stoffen — 13
- 2.3 Aanvragen voor autorisatie — 14
- 2.4 Downstream en Upstream aanvragen — 16

#### **3 Opzet inventarisatie — 19**

- 3.1 Groepering van chroom-6 toepassingen — 19
- 3.2 Inventarisatie van alternatieven — 19
- 3.3 Analyse van toekomstige substitutie mogelijkheden — 22

#### **4 Voorbehandeling met chroom — 23**

- 4.1 Gebruikte processen — 23
- 4.2 Analyse van alternatieven voor voorbehandelingen — 23

#### **5 Oppervlaktebehandelingen met chroom, uitgezonderd (hard)verchromen — 27**

- 5.1 Gebruikte processen — 27
  - 5.1.1 Chromateren (chromaat conversie coating (CCC)) — 27
  - 5.1.2 Anodiseren met chroomzuur — 27
  - 5.1.3 Passivering van roestvast staal — 28
- 5.2 Analyse van alternatieven voor oppervlaktebehandelingen — 28
  - 5.2.1 Alternatieven voor chromateren (CCC) — 28
  - 5.2.2 Alternatieven voor anodiseren met chroomzuur (CAA) — 31
- 5.3 Publieke consultatie en recente ontwikkelingen — 31

#### **6 Hardverchromen — 33**

- 6.1 Het proces en toepassingen — 33
- 6.2 Kritieke eigenschappen — 33
- 6.3 Categorie 1 alternatieven — 35
  - 6.3.1 Trivalent verchromen — 35
  - 6.3.2 Chemische dampdepositie (CVD) — 36
  - 6.3.3 Fysische dampdepositie (PVD) — 37
  - 6.3.4 High Velocity Oxygen Fuel Spraying (HVOF) — 38
  - 6.3.5 Thermal Spray Coatings / Wire Flame Spraying — 40
  - 6.3.6 Thermal Spraying: Plasma — 40
  - 6.3.7 Chemisch en Elektrolytisch vernikkelen — 40
  - 6.3.8 Oppervlakteharden (Case hardening) — 41
- 6.4 Samenvatting Categorie 1 alternatieven hardverchromen — 42
- 6.5 Categorie 2 en 3 alternatieven — 44

#### **7 Verchromen met decoratief karakter — 45**

- 7.1 Europese discussie omtrent verchromen met decoratief karakter — 45

7.2	Het proces en toepassingen — 45
7.3	Kritieke eigenschappen — 46
7.3.1	Trivalent verchromen (chrom-3 electroplating) — 47
7.3.2	Fysische dampdepositie (PVD) — 49
7.3.3	Alternatieven in de wapenindustrie — 51
<b>8</b>	<b>Nabehandelingen met chroom — 53</b>
8.1	Gebruikte processen — 53
8.1.1	Sealen na anodiseren — 53
8.1.2	Passiveren van metallische coatings — 53
8.2	Analyse van alternatieven voor nabehandelingen — 53
8.2.1	Alternatieven voor sealen na anodiseren — 53
8.2.2	Alternatieven voor passiveren van metallische coatings — 54
<b>9</b>	<b>Gebruik van chroom in verf en primers — 57</b>
9.1	Toepassingen — 57
9.2	Analyse van alternatieven voor verven en coatings — 58
<b>10</b>	<b>Corrosieremmer in koelsystemen — 59</b>
<b>11</b>	<b>Alternatieven buiten de autorisatieverzoeken — 61</b>
11.1	Openbare consultatie (hard)verchromen — 61
11.2	Externe openbare informatie — 61
<b>12</b>	<b>Discussie en conclusie — 63</b>
12.1	Doel en aanpak inventarisatie — 63
12.2	Overzicht van onderzochte alternatieven voor chrom-6 toepassingen — 63
12.3	Overwegingen met betrekking tot de inventarisatie — 66
12.4	Discussie en conclusie — 67
<b>13</b>	<b>Referenties — 71</b>
<b>14</b>	<b>Annex I - Chromverbindingen op de autorisatielijst — 73</b>
<b>15</b>	<b>Annex II - Verchromen met decoratief karakter — 77</b>

## Samenvatting

Hexavalente chroomverbindingen (chroom-6, Cr(VI)) zijn in verschillende materialen en producten terug te vinden. Een belangrijke reden voor het gebruik van chroom-6 is de bescherming die deze verbindingen geven tegen corrosie en andere vormen van vertering van de ondergrond waarop de stof is toegepast. Blootstelling aan chroom-6 verbindingen kan echter schadelijk zijn voor de gezondheid.

Vanwege de kankerverwekkende eigenschappen van chroom-6 staan veel van deze verbindingen op de REACH autorisatielijst (Annex XIV). Deze stoffen mogen alleen gebruikt worden wanneer voor de betreffende toepassing autorisatie is verleent. Om autorisatie te verkrijgen moet worden aangetoond dat er geen alternatieven beschikbaar zijn. In aanvulling op de verleende autorisatie en de vereisten die hieraan verbonden zijn, is in Artikel 4.17 van het arbobesluit opgenomen dat kankerverwekkende en mutagene stoffen vervangen moeten worden "voor zover dit technisch uitvoerbaar is". De Inspectie Sociale Zaken en Werkgelegenheid (i-SZW) beoordeelt onder meer of gebruikers van chroom-6 voldoen aan een inspanningsverplichting om alternatieven voor het gebruik te vinden. Hiervoor is een afwegingskader ontwikkeld om Nederlandse bedrijven en inspecteurs houvast te geven.

In aanvulling op bovengenoemde handreiking heeft i-SZW aan het RIVM de vraag gesteld om een inventarisatie te maken van mogelijke alternatieven voor chroom-6. Deze inventarisatie wordt in dit rapport gepresenteerd, en bestaat uit de volgende onderdelen:

1. Analyse en groepering van REACH autorisatie-aanvragen en onderliggende analyses van alternatieven.
2. Het inventariseren van alternatieven die tijdens de beoordeling van alternatieven door derde partijen naar voren zijn gebracht.
3. Het duiden van toekomstige substitutie mogelijkheden.

De inventarisatie is niet specifiek gericht op bedrijven in Nederland, aangezien autorisatie-aanvragen meerdere landen kunnen omvatten.

Een belangrijke bevinding is dat de analyse van REACH autorisatieaanvragen een overzicht met beperkte volledigheid levert omtrent de substitutie mogelijkheden van chroom-6. Anders dan vaak verondersteld speelt een alternatief niet op stofniveau, maar op proces niveau. Het is (nog) niet mogelijk een chroom-6 verbinding te vervangen door een andere structuur, welke vervolgens in alle processen tot exact hetzelfde resultaat leidt. Er moet gekeken worden naar het gehele proces, waar de chroom-6 verbinding deel van uitmaakt.

Een andere oorzaak voor het informatieprobleem voor het vinden en beoordelen van alternatieven is dat er tussen het verlenen van autorisatie en het vernieuwen van autorisatie geen verplichting is om het dossier bij te werken met onderzoeksinspanningen op het gebied van alternatieven. De beschikbare informatie is vaak verouderd, en

concurrentieverhoudingen belemmeren vrije informatiedeling. Alternatieven kunnen worden aangemerkt als bedrijfsvertrouwelijke informatie, en worden vervolgens niet openbaar gemaakt. Een andere realisatie is dat het vinden van alternatieven sterk afhankelijk is van de opzet van de autorisatieaanvraag. Enkele oudere autorisatieverzoeken breed zijn opgezet, en omvatten veel toepassingen. De onderzochte alternatieven binnen deze dossiers zijn beoordeeld op geschiktheid voor alle toepassingen. Het is nog niet mogelijk gebleken om één alternatief voor alle toepassingen te vinden, en de geschiktheid voor kleinere toepassingen wordt vaak niet nader belicht. De beoordeling van deze dossiers is complex. Over het algemeen kan gesteld worden dat hoe specifiek de toepassing wordt omschreven, hoe makkelijker een (potentieel) alternatief kan worden geïdentificeerd.

Het RIVM heeft voor deze inventarisatie enkel gebruik gemaakt van openbare informatie in de autorisatieverzoeken (waaronder informatie uit de publieke consultatie), en geen eigen onderzoek naar de huidige stand van zaken uitgevoerd. Als aanvulling op deze informatie is gekeken naar overige openbare bronnen van bijvoorbeeld commerciële partijen. Er kan geen voorspelling worden gedaan ten aanzien van termijnen van uitfasering, of de exacte alternatieven die gebruikt zullen gaan worden. Uitspraken over de geschiktheid van alternatieven voor de verschillende toepassingen komen uit de gegevens van de autorisatiehouders, en zijn geen resultaat van onafhankelijk RIVM-onderzoek.

De verwachting is dat er in de komende tijd veel additionele informatie vrij zal komen met betrekking tot alternatieven voor chroom-6, met name wanneer de eerste review rapporten voor lopende autorisaties worden ingediend. Er zijn veel ontwikkelingen op het gebied van alternatieve stoffen en processen voor het gebruik van chroom-6, en een verlaging van het totaal gebruiksvolume van deze verbindingen valt dan ook te voorzien. De aanvragen tot verlenging van autorisaties geven nieuwe inzichten, en mogelijkheden om een inhaalslag te maken met betrekking tot kennis op het gebied van substitutie van chroom-6. Gelet op de beleidsdoelstellingen met betrekking tot vervanging van gevaarlijke stoffen is het aan te bevelen deze kans te benutten. Daarnaast zou het RIVM graag zien dat het huidige autorisatieproces wordt uitgebreid met tussentijdse toetsingen met betrekking tot lopend onderzoek. Wanneer bedrijven meer informatie delen over lopend onderzoek, ontstaat een actueel beeld van de (potentiële) alternatieven voor chroom-6, en kunnen beter onderbouwde besluiten worden genomen bij het verlenen van autorisaties.

# 1 Inleiding

## 1.1 Chroom

Chroom of chromium is als element bekend sinds het einde van de 18<sup>e</sup> eeuw. Tot halverwege de 19<sup>e</sup> eeuw werden chroomverbindingen vooral als rood of geel pigment in verf gebruikt. Sindsdien wordt chroom met name toegepast om oppervlaktebescherming te creëren op verschillende typen materialen. De hexavalente variant van chroom (chroom-6; Cr(VI)) vormt de basis van veel van de gebruikte verbindingen.

In Nederland is veel aandacht voor het gebruik van en mogelijke blootstelling aan chroom-6. De Gezondheidsraad heeft in 2016 een her-evaluatie van chroom-6 uitgevoerd en haar advies ten aanzien van de risicogetallen voor de werker aangepast (Gezondheidsraad, 2016). Daarnaast zijn er, gecoördineerd door het RIVM, (verkennende) onderzoeken uitgevoerd naar werkzaamheden met chroom-6, en recent is er onderzoek gedaan naar mogelijke bronnen voor consumentenblootstelling aan chroom-6 (RIVM, 2019), alsmede veilige werkwijzen (RIVM, 2020).

Vanwege de kankerverwekkende eigenschappen is de hoeveelheid chroom-6 die in bepaalde producten, zoals verduurzaamd hout, leer en cement aanwezig mag zijn inmiddels beperkt via Europese wetgeving. Daarnaast staat een groot aantal chroom-6 verbindingen als zeer zorgwekkende stoffen (SVHC stoffen – substances of very high concern) op de REACH autorisatielijst (Annex XIV). Dit betekent dat gebruik van deze verbindingen in de EU niet meer is toegestaan na een vastgestelde datum (de zogenoemde "Sunset Date"), tenzij hiervoor autorisatie is verleend. Autorisaties voor chroom-6 verbindingen kunnen alleen worden verleend als de aanvrager aantoont dat er geen alternatieve stoffen of technieken zijn voor het gebruik, en de sociaaleconomische voordelen van het gebruik opwegen tegen het risico voor de mens en het milieu.

## 1.2 Achtergrond inventarisatie

Blootstelling aan chroom-6 kan in Nederland nog steeds plaatsvinden bij geautoriseerde toepassingen. Een autorisatie moet na een bepaalde periode (review periode) worden vernieuwd. In het review rapport dat ter ondersteuning door het desbetreffende bedrijf wordt opgesteld, moet opnieuw worden aangetoond dat er geen alternatieve stoffen of technieken zijn voor het gebruik. Hierbij moet een ontwikkeling ten opzichte van de eerste autorisatie zichtbaar zijn. Tijdens de looptijd van een autorisatie moet onderzoek worden verricht naar mogelijke alternatieven (inspanningsverplichting).

De Inspectie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid (I-SZW) heeft een afwegingskader (I-SZW, 2019) ontwikkeld. Deze biedt houvast bij de beoordeling in hoeverre aan de inspanningsverplichting is voldaan om kankerverwekkende en mutagene stoffen (CM-stoffen) te vervangen. Deze inspanningsverplichting is beschreven in het Arbeidsomstandighedenbesluit. In aanvulling hierop heeft i-SZW aan het

RIVM gevraagd een inventarisatie te maken van de mogelijkheden voor vervanging (substitutie) van bestaand gebruik van chroom-6. Deze inventarisatie heeft als doel ondersteuning te bieden bij de beoordeling van de inspanningsverplichting van Nederlandse bedrijven. Aangezien Nederlandse bedrijven gebruik kunnen maken van grotere autorisatieverzoeken die door andere bedrijven in de EU worden ingediend, is bij de inventarisatie niet enkel naar Nederlandse autorisatieverzoeken gekeken. In het huidige briefrapport worden de resultaten van deze inventarisatie beschreven.

Op basis van REACH autorisatie-aanvragen is een overzicht gemaakt van de hierin onderzochte alternatieve stoffen en technieken. Hierbij is aandacht besteed aan de belangrijkste eisen waaraan deze alternatieven moeten voldoen, de technische en economische haalbaarheid van implementatie en het risiconiveau van het alternatief. Daarnaast is er op basis van openbare informatie getracht in kaart te brengen welke alternatieven in de toekomst kunnen worden gebruikt.

Het RIVM heeft voor deze inventarisatie enkel gebruik gemaakt van openbare informatie in de autorisatieverzoeken, en geen eigen onderzoek naar de huidige stand van zaken uitgevoerd. Als aanvulling op deze informatie is gekeken naar overige openbare bronnen van bijvoorbeeld commerciële partijen. Er kan geen voorspelling worden gedaan ten aanzien van termijnen van uitfasering, of de exacte alternatieven die gebruikt zullen gaan worden. Uitspraken over de geschiktheid van alternatieven voor de verschillende toepassingen komen uit de gegevens van de autorisatiehouders, en zijn geen resultaat van RIVM-onderzoek.

### **1.3 Leeswijzer**

In hoofdstuk 2 van dit briefrapport wordt het REACH autorisatieproces toegelicht, alsmede de rol van substitutie hierin. De beschikbare informatie, de aanpak van de inventarisatie en de indeling van toepassingen wordt beschreven in hoofdstuk 3. In de hoofdstukken 4 tot en met 10 worden de resultaten van de inventarisatie gepresenteerd. Hoofdstuk 11 behandelt de alternatieven die buiten de autorisatieverzoeken worden beschreven. Tot slot bevat hoofdstuk 12 een discussie en conclusie ten aanzien van de belangrijkste bevindingen.

## 2 Beschrijving van het autorisatieproces

Voor zeer zorgwekkende stoffen (SVHC's) kunnen autorisaties worden verleend. Hiervoor moet een aanvrager aantonen dat het risico van het gebruik van de stof afdoende wordt beheerst, of dat de sociaaleconomische voordelen zwaarder wegen dan de risico's en er geen geschikte alternatieven zijn. Alle autorisaties zijn onderworpen aan een in de tijd beperkte beoordelingstermijn. Het autorisatieproces heeft tot doel ervoor te zorgen dat SVHC's geleidelijk worden vervangen door minder gevaarlijke stoffen of technologieën wanneer technisch en economisch haalbare alternatieven beschikbaar zijn.

### 2.1 De REACH verordening

REACH is een afkorting van Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (registratie en beoordeling van, en autorisatie en beperkingen ten aanzien van chemische stoffen). REACH is een Europese verordening (EC 2006) die is aangenomen om onder andere de gezondheid van mens en milieu te beschermen tegen de risico's die chemische stoffen kunnen vormen. In principe is REACH van toepassing op levering en gebruik van alle chemische stoffen. Hierdoor is de verordening van toepassing op veel bedrijven in de EU. Ook het stimuleren van innovatie en het creëren van een 'level playing field' zijn doelstellingen van de REACH verordening.

REACH legt de bewijslast bij bedrijven. Om te voldoen aan de verordening moeten bedrijven de risico's, die zijn verbonden aan de chemische stoffen die zij in de EU produceren, importeren en gebruiken, identificeren en beheersen. Zij moeten daarmee aantonen dat de stof veilig gebruikt wordt en ze moeten gebruikscondities en risicobeheersmaatregelen waarmee het gebruik veilig kan plaatsvinden bekendmaken aan de gebruikers van deze stoffen.

Als de risico's onvoldoende beheerst kunnen worden, kunnen de autoriteiten het gebruik van de stof op verschillende manieren beperken. Het gebruik van gevaarlijke stoffen kan bijvoorbeeld verboden of ingeperkt worden als er op EU-niveau een onacceptabel risico is aangetoond. Een andere optie om het gebruik van een stof te beperken is de autorisatieverplichting, waarbij een stof alleen nog gebruikt mag worden met toestemming. De stoffen waarvoor dit geldt worden opgenomen in Annex XIV van de REACH-verordening.

### 2.2 Identificatie zeer zorgwekkende stoffen

De autorisatieprocedure kan worden gestart voor stoffen die als zeer zorgwekkende stof (SVHC) zijn aangemerkt, en zijn opgenomen in Annex XIV van REACH.

De volgende stoffen kunnen in aanmerking komen voor identificatie als SVHC:

- Stoffen die geclassificeerd zijn als kankerverwekkend, mutageen of giftig voor de voortplanting (CMR) categorie 1A of 1B in overeenstemming met de CLP-verordening (EC No. 1272/2008)

- Stoffen die persistent, bioaccumulerend en toxisch (PBT, art. 57 d)) of zeer persistent en zeer bioaccumulerend (zPzB, art. 57 e)) zijn volgens REACH, bijlage XIII
- Individuele stoffen die evenveel zorgen baren als CMR- of PBT/zPzB-stoffen (art. 57 f)), bijvoorbeeld hormoonverstorende stoffen.

Wanneer een stof als zeer zorgwekkend (SVHC) door het Lidstaat Comité van ECHA is geïdentificeerd, komt deze stof op de lijst van voor autorisatie in aanmerking komende stoffen (de 'kandidatenlijst'). ECHA prioriteert vervolgens stoffen op deze kandidatenlijst en doet een voorstel voor opname in Annex XIV.

Wanneer de lidstaten dit voorstel accepteren wordt de stof opgenomen in Annex XIV van REACH met een vastgestelde verbodsdatum ('sunset date'), uiterste aanvraagdatum ('latest application date') en in sommige gevallen gebruiken die van autorisatie zijn uitgezonderd.

### 2.3 Aanvragen voor autorisatie

Wanneer een aanvrager een stof wil gebruiken die op de autorisatielijst staat, moet een aanvraag voor autorisatie worden gedaan. Hierbij moet de volgende informatie worden aangeleverd:

- De identiteit van de stof en de contactgegevens van de aanvrager
- Beschrijving van de toepassing van de stof waarvoor autorisatie wordt aangevraagd
- Het chemische veiligheidsrapport (CSR; chemical safety report), inclusief de mogelijke blootstellingsscenario's
- Analyse van alternatieven voor het gebruik van de Annex XIV stof vanuit het perspectief van de aanvrager en/of zijn downstream gebruikers met beoordeling van de risico's van de alternatieven en de technische en economische haalbaarheid van vervanging. Als de aanvrager vaststelt dat voor zijn gebruik in de EU in het algemeen een alternatief beschikbaar is, dient hij een plan voor vervanging mee te leveren (EC note 2020). Het substitutieplan dient concreet aan te geven welke stappen worden ondernomen om op termijn over te stappen op het alternatief en hoe de voortgang wordt gemonitord
- Een sociaaleconomische analyse, waarin een afweging wordt gemaakt of de voordelen voor de gemeenschap en van de aanvrager bij het verdere gebruik van de stof opwegen tegen de schadelijke effecten die de stof kan hebben op mens en milieu.

Wanneer een alternatieve stof even gevaarlijk of gevaarlijker is dan de stof op de autorisatielijst waarvoor de autorisatie wordt aangevraagd, is dit een reden om aan te nemen dat het geen geschikt alternatief betreft. Er is dan geen aanvullende analyse van de technische of economische haalbaarheid van dit alternatief vereist. Er kan sprake zijn van een uitzondering wanneer het alternatief in lagere hoeveelheden zou worden gebruikt of op een manier waarbij de risico's beter kunnen worden beheerst.



### **Publieke consultatie**

Na het indienen van de aanvraag voor autorisatie organiseert ECHA een publieke consultatie. Deze openbare raadpleging duurt acht weken, en begint wanneer ECHA de uitgebreide informatie over het gebruik waarvoor een aanvraag wordt ingediend op de website publiceert. Hierbij wordt de uitnodiging gedaan aan belanghebbenden (leveranciers van alternatieve stoffen of technologieën, burgers, NGO's) om informatie te verstrekken over mogelijke alternatieve stoffen of technologieën voor iedere toepassing waar een autorisatie voor wordt gevraagd. De aanvrager krijgt vervolgens de kans om publiekelijk te reageren op eventuele opmerkingen.

### **Adviezen van het RAC en SEAC**

Na het indienen van de aanvraag voor autorisatie wordt deze beoordeeld door het Comité Risicobeoordeling (RAC) en het Comité Sociaaleconomische Analyse (SEAC). Het RAC beoordeelt het risico voor gezondheid en milieu die voortkomen uit de toepassing van de stof. Ook worden geschiktheid en effectiviteit van de risicobeheersmaatregelen getoetst. Indien van toepassing wordt er gekeken naar de risico's van een eventueel alternatief.

Het SEAC beoordeelt de sociaaleconomische factoren en de beschikbaarheid, geschiktheid en technische haalbaarheid van alternatieven voor de beschreven toepassing van de stof.

Zowel RAC als SEAC beoordelen enkel informatie die door de aanvrager wordt aangeleverd. Er worden vaak vragen ter verheldering gesteld, maar tijdens de opinievorming worden geleverde studies niet inhoudelijk getoetst, en er wordt geen onafhankelijk inhoudelijk onderzoek uitgevoerd.

Binnen 10 maanden na ontvangst van de aanvraag stellen het RAC en het SEAC ontwerpadviezen op. Nadat de aanvrager de mogelijkheid heeft gekregen commentaar te leveren op de ontwerpadviezen, wordt een definitief advies opgesteld en door ECHA aangeboden aan de Europese Commissie.

### **Autorisatieverlening**

Een autorisatie wordt verleend door de Europese lidstaten voor een beperkte periode (de zogenoemde Review periode). De aanvrager kan indien gewenst uiterlijk 18 maanden voor het einde van deze periode een nieuwe aanvraag (verzoek tot verlenging) indienen. Er zijn geen termijnen vastgelegd voor de duur van de review periode, maar in de praktijk wordt gewerkt met een aantal vaste opties.

- Korte review periode van 4 jaar (bijvoorbeeld in geval van een aanvraag voor veel downstream gebruikers en grote(re) onzekerheid over blootstelling en risico's van werkers op alle locaties, relatief kleine verhouding tussen baten en risico's van blijvend gebruik of bij beschikbaarheid van een geschikt alternatief op de korte termijn)
- Standaard review periode van 7 jaar
- Lange review periode van 12 jaar (bijvoorbeeld bij aanvraag van één downstream gebruiker en bewezen niet beschikbaar zijn van geschikte alternatieven op lange termijn en een grote verhouding tussen baten en risico's van blijvend gebruik )

Naast een looptijd voor de autorisatietermijn, kan het autorisatiebesluit aanvullende maatregelen bevatten. Gedurende de autorisatietermijn moet de houder van de autorisatie inspanning blijven verrichten om veiliger alternatieven te vinden nadat het besluit genomen is. De nationale autoriteiten, waaronder i-SZW, zijn verantwoordelijk voor het handhaven van de REACH autorisatie, en ook voor het nagaan of er aan de inspanningsverplichting wordt voldaan.

## **2.4 Downstream en Upstream aanvragen**

Aanvragen voor autorisatie kunnen worden ingediend door fabrikanten van de stof, door importeurs van de stof of het mengsel waar de stof in aanwezig is en door downstream gebruikers (formuleerders of andere gebruikers). Een bedrijf kan voor zijn eigen gebruik (of als vertegenwoordiger van een groep bedrijven) een autorisatie-aanvraag indienen (downstream aanvraag). Het is ook mogelijk dat een fabrikant, importeur of formuleerder een aanvraag indient voor een grotere groep bedrijven in de toeleveringsketen die de stof op dezelfde of vergelijkbare manier gebruiken. In dit geval spreken we van een upstream aanvraag. Een upstream aanvraag kan één of meerdere gebruiken omvatten. Bijvoorbeeld, een formuleerder van verven met een gevaarlijke stof zoals Chrom-6 kan een aanvraag indienen voor zichzelf (de formuleringsstap) maar ook tegelijkertijd voor alle industriële en professionele toepassingen van die verf, die door andere bedrijven gedaan worden. Op deze manier wordt voorkomen dat veel kleinere downstream gebruikers allemaal separaat autorisatie aanvragen. Als de gebruiken hetzelfde of zeer vergelijkbaar zijn kan een upstream aanvraag een efficiënte manier zijn om te werken. Een nadeel van een dergelijke aanvraag kan zijn dat een grotere onzekerheid wordt geïntroduceerd bijvoorbeeld ten aanzien van de representativiteit van de blootstellingschattingen of de analyse van alternatieven voor alle bedrijven die onder de brede paraplu van een breed gedefinieerde toepassing vallen.

### **Analyse van alternatieven in upstream aanvragen**

De analyse van alternatieve stoffen en technieken dient te worden uitgevoerd door de autorisatiehouder. Hier ligt ook de inspanningsverplichting om tijdens de review periode naar nieuwe alternatieven te blijven zoeken. Downstream gebruikers maken automatisch gebruik van deze analyse, maar moeten zelf wel inspanningsverplichting kunnen aantonen. Dit is bijvoorbeeld mogelijk door regelmatige contacten met de autorisatiehouder, of door eigen onderzoek.

Het kan bij een grote upstream aanvraag het geval zijn dat er gezocht wordt naar een alternatief dat voor alle beschreven toepassingen geschikt is. Een goed alternatief is echter vaak maatwerk, en het verlenen van een autorisatie kan hierdoor vertraging oplopen omdat er teveel onzekerheden zijn over het ontbreken van een goed alternatief. Wanneer een downstream gebruiker zelf een specifieke toepassing heeft waarvoor wél een alternatief beschikbaar is, of om gedetailleerde kennis over de eigen specifieke toepassing en bedrijfssituatie in te kunnen brengen wordt er (in een later stadium) soms een aparte autorisatie aanvraag ingediend. Een overweging bij deze extra investering kan zijn

dat een specifieke downstream user aanvraag een beter voorspelbare uitkomst geeft wat betreft de termijn van autorisatie en bijbehorende condities.



### 3 Opzet inventarisatie

De huidige inventarisatie bestaat uit de volgende onderdelen:

- Het groeperen van chroom-6 toepassingen waarvoor een autorisatie is aangevraagd
- Het per groep inventariseren en analyseren van door de aanvragers onderzochte alternatieven, en het in kaart brengen van het mogelijke risiconiveau van deze alternatieven
- Het inventariseren van alternatieven die tijdens beoordeling van het autorisatieverzoek door derde partijen naar voren zijn gebracht
- Een korte analyse van toekomstige substitutie mogelijkheden

#### 3.1 Groepering van chroom-6 toepassingen

In REACH Annex XIV zijn 14 verschillende chroom-6 verbindingen opgenomen. Gezamenlijk zijn er voor deze verbindingen tot augustus 2020 141 autorisatieverzoeken gedaan. Ongeacht de onderliggende verbinding, zijn alle toepassingen gegroepeerd. Het resultaat is de volgende structuur:

1. Voorbehandelingen met chroom-6
2. Oppervlaktebehandelingen met chroom-6, uitgezonderd (hard)verchromen
3. Hardverchromen
4. Verchromen met decoratief karakter
5. Nabehandelingen met chroom-6
6. Gebruik van chroom-6 in verf en primers
7. Overige toepassingen

Binnen deze groepen kunnen verschillende processen zijn opgenomen. Zo vallen het etsen van plastics of metaal met chroomtrioxide, het passiveren van staal en het reinigen van metaaloppervlakken met chromaten allemaal onder gebruiksgroep 1 (voorbehandeling met chroom-6). Binnen deze gebruiksgroep vertoont de analyse van alternatieven veelal een bepaalde mate van overlap, maar details zijn soms doorslaggevend anders.

#### 3.2 Inventarisatie van alternatieven

Binnen de gebruiksgroepen zijn autorisatieaanvragen geprioriteerd voor nadere analyse als volgt:

- Toepassingen die mogelijk in Nederland plaatsvinden. Voor de analyse van alternatieven hoeft de autorisatiehouder geen Nederlands bedrijf te zijn. In het geval van een upstream aanvraag kunnen Nederlandse gebruikers, en daarmee ook hun inspanning met betrekking tot alternatieven, onder een buitenlandse autorisatie vallen.
- Toepassingen waarbij een alternatief in de toekomst te verwachten is. Specialistische toepassingen waarvoor een alternatief niet reëel is – zoals chromaten als chemisch reagens en productie van lichtdiodes - zijn buiten deze analyse gelaten. Ook toepassingen met een geplande beëindiging waarbij

autorisatie alleen nodig is voor overbrugging tijdens de periode van autorisatieplicht, zijn niet meegenomen.

De formulering van mengsels is een toepassing waarvoor separaat autorisatie moet worden aangevraagd. Formulering hangt echter samen met één of meerdere vervolgtoeepassingen onder dezelfde autorisatieaanvraag. De risicobeoordeling wordt specifiek voor de formulering uitgevoerd maar voor de analyse van alternatieven wordt verwezen naar de vervolgtoeepassing. Formulering is in dit rapport daarom niet apart geanalyseerd.

Deze prioritering heeft geleid tot een selectie van 57 autorisatie aanvragen. Bij een deel van deze aanvragen maakt de aanvrager deel uit van een consortium. Ook kan voor verschillende chroom-6 verbindingen een autorisatieverzoek voor hetzelfde gebruik worden aangevraagd (meerdere chromaten kunnen worden gebruikt voor het etsen van aluminium). In deze gevallen komt de analyse van alternatieven overeen. Tabel 1 laat een overzicht zien van de aanvraagnummers die zijn meegenomen in de inventarisatie.

Tabel 1: overzicht gebruikte REACH autorisatie aanvragen per toepassingsgroep<sup>1</sup>

Toepassingsgroep	Chroom-6 verbinding	Aanvraagnummers (AfA)
Voorbehandelingen	Chroomtrioxide	0032-04; 0032-05; 0034-02; 0056-01; 0096-01; 0100-02; 0132-01
	Dichroom tris(chromaat)	0045-02
	Kalium dichromaat	0044-02
	Natrium chromaat	0099-02
	Natrium dichromaat	0043-02
Oppervlaktebehandelingen, uitgezonderd (hard)verchromen	Chroomtrioxide	0032-04; 0032-05; 0032-06; 0057-04; 0064-02; 0066-02; 0096-01; 0100-02; 0134-01
	Dichroom tris(chromaat)	0057-05; 0116-01
	Kalium dichromaat	0044-02
	Natrium chromaat	0099-02
	Natrium dichromaat	0043-02; 0043-03
Hardverchromen	Chroomtrioxide	0032-02; 0033-01; 0050-01; 0051-01; 0052-01; 0055-01; 0057-01; 0066-01; 0068-01; 0070-01; 0071-01; 0093-01; 0100-01; 0127-01
Verchromen met decoratief karakter	Chroomtrioxide	0032-03; 0034-01; 0056-01; 0114-01; 0130-01; 0131-01; 0132-01

<sup>1</sup> Deze autorisatieaanvragen zijn online te raadplegen via: <https://echa.europa.eu/nl/applications-for-authorisation-previous-consultations>

Toepassingsgroep	Chroom-6 verbinding	Aanvraagnummers (AfA)
Nabehandelingen	Chroomtrioxide	0032-04; 0032-05; 0072-01; 0100-02
	Kalium dichromaat	0044-02; 0072-04; 0098-01
	Natrium chromaat	0099-02
	Natrium dichromaat	0043-02; 0072-06; 0097-01
Gebruik in verf en primers	Chroomtrioxide	0065-01
	Pentazink chromaat octahydroxide	0118-2; 0121-02
	Kalium hydroxyoctaoxodizincate-dichromaat	0047-02
	Strontium chromaat	0046-02; 0117-01
Overige toepassingen	Natrium chromaat	0030-01; 0136-01
	Natrium dichromaat	0031-01; 0035-01; 0074-01; 0104-01; 0105-02; 0113-01

Er is geen onderscheid gemaakt tussen aanvragen waarvoor de autorisatie al is verleend en aanvragen waarvoor de wetenschappelijke opinievorming door ECHA's comités (RAC en SEAC) nog gaande is of afgerond zonder besluitvorming over autorisatie door de Europese lidstaten. In alle gevallen is minstens een analyse van alternatieven aanwezig, en is de publieke consultatie afgerond.

Per autorisatie is de volgende informatie meegenomen in de inventarisatie:

- Algemene informatie over de toepassing
- Analyse van alternatieven, ingediend door de aanvrager
- RAC/SEAC opinie, specifiek gericht op de analyse van alternatieven
- Informatie ingediend door derde partijen tijdens de publieke consultatie over de aanvraag voor autorisatie

Er is voor de inventarisatie en analyse alleen gebruik gemaakt van openbare documenten, aangezien er vanuit kan worden gegaan dat deze informatie voor alle gebruikers toegankelijk is.

De inventarisatie is gericht op het extraheren van de volgende informatie:

- Onderzochte alternatieven per toepassing
- Technische haalbaarheid van ieder alternatief, uitgaande van kritieke eigenschappen van het eindproduct
- Reden van afwijzing van een alternatief
- Prioritering van toekomstig onderzoek
- Economische haalbaarheid van een alternatief
- Risiconiveau van een alternatief
- Reacties van derde partijen op het onderzoek naar alternatieven zoals ingediend door de aanvrager

### 3.3 Analyse van toekomstige substitutie mogelijkheden

De informatie die kan worden geëxtraheerd uit de autorisatieverzoeken is niet actueel. Deze gegevens waren ten tijde van het verzoek accuraat, maar zijn inmiddels vaak meerdere jaren oud. Tussen de RAC/SEAC beoordeling en het indienen van het review rapport is er geen verplichting deze gegevens te updaten, tenzij verzocht door de Commissie. Het is goed mogelijk dat er door tussentijdse innovaties andere waarden behaald kunnen worden met de technieken die in dit rapport beschreven worden. De beschikbare informatie geeft dan ook vooral een gevoel voor de technische eisen waar aanvragers naar zoeken, en de richting van toekomstig onderzoek.

In de analyses van alternatieven die door aanvragers worden ingediend bij een autorisatieverzoek, wordt onderscheid gemaakt in potentieel van alternatieven.

- Categorie 1 alternatieven worden gezien als de meest geschikte kandidaten. Hier is de meeste informatie over bekend, het alternatief is op grote schaal beschikbaar, en wordt in bijvoorbeeld niche-gebruiken al toegepast.
- Categorie 2 alternatieven zijn op labschaal getest. Vaak is er alleen informatie beschikbaar uit de literatuur. Deze worden gezien als potentieel alternatief, maar er moet nog veel onderzoek naar gedaan worden.
- Categorie 3 alternatieven worden niet geschikt geacht voor de beschreven toepassing. Niet alle aanvragers vermelden deze technieken.

Het ligt buiten de scope van deze inventarisatie om een state-of-the-art overzicht te geven van alle beschikbare technieken die mogelijk zijn. Veel nieuwe ontwikkelingen zijn vertrouwelijk, en het is niet te achterhalen voor welke partijen deze informatie beschikbaar is. Wanneer voor de eerste autorisaties verlenging wordt aangevraagd middels een review rapport, wordt inzichtelijk welke alternatieven de voorkeur hebben.

Bij deze inventarisatie is er getracht aan te geven waar de nadruk ligt met betrekking tot de ontwikkeling van alternatieven. Er is informatie gehaald uit brochures en van websites van commerciële bedrijven, van SubSport, en uit een patenten database (espacenet). Hiervan is geen aparte inventarisatie opgesteld, maar de gevonden informatie wordt besproken bij de betreffende toepassingen.



## 4 Voorbehandeling met chroom

Om het oppervlak van een substraat voor te bereiden voor de verschillende hoofdbehandelingen, zijn soms meerdere voorbehandelingen vereist. De adhesie tussen een coating en het substraat materiaal is afhankelijk van de aantrekkingskracht op moleculair niveau. Om een goed mogelijk resultaat te verkrijgen moet het substraatooppervlak vrij zijn van verontreinigingen, corrosie en ander vreemd materiaal. Tevens wordt de homogene vorming van bijvoorbeeld anodische films of passivering beïnvloed door de voorbehandeling.

### 4.1 Gebruikte processen

Er zijn verschillende voorbehandelingen waarvoor nu nog chroomverbindingen gebruikt worden, zoals etsen, deoxideren en strippen. Het algemene principe voor al deze processen is gelijk. Het doel is het verwijderen van oxiden en een geringe hoeveelheid van het substraatooppervlak. Het eindresultaat van een goede voorbehandeling is een oppervlak dat vrij is van verontreinigingen of beschadigingen, egaal is en geen pitten bevat.

**Etsen** is het verwijderen van mechanisch misvormde lagen, oxiden of andere structuren van een metaaloppervlak middels een chemisch of elektrochemisch proces. Metaaloppervlakken die tot aan bewerking onbeschermd zijn, worden continu geoxideerd. Deze oxidevorming heeft gevolgen voor eventuele vervolprocessen.

Het etsen van plastic substraten voor het aanbrengen van een decoratieve chroomlaag zorgt voor een ruw oppervlak middels de verwijdering van butadieen uit het substraat. Hierbij wordt het oppervlak ook hydrofiel, wat nodig is voor het verchromingsproces. Chroomtrioxide is de enige stof waarvoor autorisatie is verzocht voor het etsen van plastics.

**Deoxideren** is een voorbehandelingsstap waarbij het substraatooppervlak wordt geactiveerd voor verdere bewerking. Hierbij is het bijvoorbeeld mogelijk over te gaan van een basisch milieu tijdens het etsen, naar een zuur milieu voor het anodiseren van het substraatooppervlak.

**Strippen** is het verwijderen van een coating van een substraat. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen twee processen: het strippen van anorganische toplagen (anodische coating), en het strippen van organische toplagen (primer en/of verf). Het substraatooppervlak zelf dient hierbij niet te worden aangetast. Dit proces wordt vooral gebruikt bij reparatie- en herstelwerkzaamheden.

### 4.2 Analyse van alternatieven voor voorbehandelingen

In de verschillende dossiers waarin autorisatie wordt gevraagd voor het gebruik van chroom voor de voorbehandeling van substraten, wordt naar voren gebracht dat de voorbehandeling geen op zichzelf staand proces is. Bij de analyse van alternatieven wordt de voorbehandeling in combinatie gezien met eventuele vervolgstappen. Dit kan leiden tot het

verwerpen van een alternatief op technische gronden, omdat er geen soepele overgang tussen processtappen meer mogelijk is. In sommige gevallen ligt de nadruk op het zoeken van een alternatief voor het hoofdproces, waarbij de noodzaak voor voorbehandeling zou komen te vervallen.

### **Anorganische zuren**

Verschillende anorganische zuren worden onderzocht als alternatieven voor chroom-6 in etsen van metalen substraatoppervlakken. Dit onderzoek richt zich met name op zwavelzuur, fosforzuur, salpeterzuur en verschillende mengsels hiervan. Dit proces is agressiever dan gebruik van chroom-6, en kan niet voor alle typen metalen worden gebruikt. Anorganische zuren zijn sneller als alternatief in te zetten wanneer corrosiebestendigheid geen vereiste van het eindproduct is.

Het etsen van roestvast staal met een mengsel van salpeterzuur en waterstoffluoride wordt reeds als standaard proces toegepast, en dit alternatief is dan ook beschikbaar op industriële schaal. In de analyserapporten wordt dit alternatief afgewezen op technische vereisten. In tegenstelling tot chroom-6 zijn anorganische zuren niet universeel bruikbaar – voor ieder type proces en substraat moet maatwerk worden geleverd. Wel wordt economische haalbaarheid aangegeven.

Binnen de onderzochte zuren kan salpeterzuur als het alternatief met de zwaarste classificatie worden beschouwd (o.a. Ox. Liq. 3, Skin Corr. 1A, STOT SE 3). Deze stof is lichter geclassificeerd dan chroom-6, en RAC heeft beoordeeld dat dit alternatief waarschijnlijk veiliger in gebruik zal zijn, uitgaande van vergelijkbare blootstelling.

### **Kalium permanganaat (KMnO<sub>4</sub>)**

Kalium permanganaat is een sterke oxidator, en wordt aangevoerd als potentieel alternatief voor het etsen van plastics, voordat het substraat decoratief verchromd wordt. De meeste leveranciers van ets-procedures op plastic substraten maken inmiddels gebruik van kalium permanganaat. In de verschillende analyserapporten wordt dit alternatief echter afgewezen op basis van technische gronden – onder meer de adhesie van vervolgoatings zou onvoldoende zijn. Ook zou dit alternatief minder goed samengaan met de vervolgstappen.

Binnen de autorisatieverzoeken voor decoratief verchromen wordt aangegeven dat kalium permanganaat het primaire alternatief is, al wordt er nog geen substitutieplan aangegeven. Aangezien dit alternatief al wordt toegepast valt een toename van gebruik te verwachten. Een patent voor het etsen op basis van een permanganaat verbinding is in afronding. Eén aanvrager, waarvan de opinievorming nog loopt, heeft aangegeven in de nabije toekomst op dit alternatief te willen overstappen. De verzochte review periode is hierop aangepast. Ten opzichte van chroom trioxide – op dit moment de enige chroom-6 verbinding die voor het etsen van plastics is geregistreerd - is kalium permanganaat lichter geclassificeerd (Repr. 2 (1B voorgesteld), Acute Tox. 4, Aquatic Chronic 1). In de RAC/SEAC opinie wordt gesteld dat dit alternatief veiliger in gebruik zal zijn.

### **Waterstofperoxide geactiveerd benzylalcohol (met zuur)**

Dit alternatief wordt met name onderzocht voor het strippen van verf van verschillende substraten. In de analyserapporten worden als belangrijkste bezwaar aangevoerd dat dit alternatief niet op alle typen substraten even goed werkt. Het strippen van verf wordt met name uitgevoerd bij reparatie- en herstelwerkzaamheden. Hierbij bestaan de te bewerken gebieden vaak uit meerdere onderdelen van verschillende aard. De verf wordt op deze substraten in verschillende mate verwijderd, waardoor corrosiebestendigheid van het eindproduct niet meer gegarandeerd kan worden.

Waterstofperoxide geactiveerde verfstrippers worden gebruikt voor specifieke toepassingen. Met name voor losse onderdelen is dit proces geschikt.

Binnen dit alternatief kan waterstofperoxide als stof met de zwaarste classificatie worden beschouwd (o.a. Acute Tox. 4, Skin Corr. 1A, STOT SE 3). De classificatie is lichter dan in het geval van de verschillende chroom-6 verbindingen. In de beoordeling van RAC/SEAC wordt geconcludeerd dat dit alternatief met behulp van persoonlijke beschermingsmiddelen veiliger gebruikt kan worden dan chroom-6.

### **Gesmolten zouten**

Gesmolten zouten worden gebruikt als basische oxiderende baden voor het etsen van verschillende metaalsubstraten, waaronder titatium/titanium alloys, ijzerhoudende metalen en roestvast staal. Deze baden worden gebruikt bij een temperatuur van 200 tot 430°C om afzetting van oxiden na verhitting te verwijderen. De samenstelling van deze baden verschilt, maar bevat o.a. carbonaten, nitraten en chloriden. Zware oxideafzetting kan meerdere cycli van baden vereisen. Egale verwijdering van de afzettingen lijkt niet mogelijk, en onderdelen die breukgevoelig zijn kunnen niet middels dit proces behandeld worden.

Het alternatief is beschikbaar op industriële schaal, en de gebruikte stoffen zijn lichter geclassificeerd dan chroom-6. Door de hoge temperatuur en de bijtende aard van de baden, heeft deze methode een hoge incident-gevoeligheid waardoor het alternatief niet direct veiliger is dan chroom-6. Naar verwachting wordt dit alternatief niet verder geïmplementeerd.

### **Stralen**

Oppervlakken kunnen worden schoongemaakt middels straalapparatuur. Verschillende schurende media kunnen worden gebruikt, zoals zand, water en grit. Deze methode is over het algemeen alleen geschikt voor lichte afzettingen. Bij langdurig stralen of dun substraat materiaal bestaat er het risico op vervorming van het oppervlak. Dit alternatief is een line-of-sight methode, en niet geschikt voor complexe geometrieën. Het is een snel proces, maar het resulterende oppervlak corrodeert snel, waardoor de hoofdbehandeling ter plaatse dient te gebeuren.

In de analyserapporten wordt geconcludeerd dat dit alternatief enkel geschikt is voor bepaalde substraten en toepassingen. Over het algemeen wordt dit alternatief afgewezen wegens technische problemen met de uitvoering van het proces. Afhankelijk van het medium waarmee gestraald wordt, is de classificatie voor humane toxicologie over het

algemeen lichter dan bij gebruik van chroom-6. De risico's zitten met name in de toepassing van de methode, en zijn beheersbaar met persoonlijke beschermingsmiddelen.

## 5 Oppervlaktebehandelingen met chroom, uitgezonderd (hard)verchromen

### 5.1 Gebruikte processen

#### 5.1.1 Chromateren (*chromaat conversie coating (CCC)*)

Een chromaat conversie coating wordt gevormd door een (elektro)chemische reactie van metalen met een chromaatverbinding of chroomtrioxide. Het metaalsubstraat wordt geoxideerd, en chroom-6 gelijktijdig gereduceerd naar chroom-3 (Cr(III)). Het resultaat is een trivalente chroomlaag, geabsorbeerd in de poriën van de metaaloxide laag. De coating biedt bescherming tegen corrosie, en vormt een oppervlak dat geschikt is voor poedercoating en schilderen. Door de geringe dikte van de gevormde coating verandert de maatvoering van het substraat niet tijdens dit proces. Bij chromateren blijft tevens de elektrische geleiding van het substraat behouden.

Als substraten voor chromateren worden met name aluminium en magnesium gebruikt. Chromateren kan zowel worden uitgevoerd in dompelbaden als met een spray of pen, en de methode is geschikt voor herstelwerkzaamheden op locatie. Wanneer connectoren worden gecoat, is dit doorgaans op een cadmium onderlaag. Dit proces wordt gezien als nabehandeling, en staat verder beschreven onder passivering van metallische coatings (§8.1.2).

Voor de analyse van alternatieven zijn in de autorisatieverzoeken de volgende kenmerken als leidraad gebruikt, aangevuld met productspecifieke eisen.

- **Corrosiebestendigheid / actieve corrosieremming.** Doordat er resterend chromaat in de coating aanwezig is, heeft deze coating de mogelijkheid tot actieve corrosieremming. Bij beschadiging diffundeert het resterende chromaat naar het defect en herstelt de coating. De specifieke vereisten voor corrosiebestendigheid zijn afhankelijk van de uiteindelijke toepassing van het substraat.
- **Laagdikte.** Bij chromateren ontstaat een zeer dunne coating van 0.05 – 2 µm. Hiermee heeft de oppervlaktebehandeling geen gevolgen voor de dimensies van het substraat.
- **Bevordering van hechting.** Na het chromateren wordt een substraat verder behandeld met verf of lak (zowel decoratief als beschermend). Goede hechting is belangrijk voor een langere levensduur van onderdelen.
- **Weerstand tegen chemicaliën.** Veel onderdelen moeten bestand zijn tegen een verscheidenheid aan vetten, smeermiddelen en hydraulische vloeistoffen zonder dat dit effect op de levensduur heeft.
- **Behoud van geleiding.** Het chromateren heeft geen effect op het vermogen van het substraat om elektriciteit te geleiden.

#### 5.1.2 Anodiseren met chroomzuur

Anodiseren is een oppervlaktebehandeling waarbij metalen zoals aluminium, magnesium en titanium worden voorzien van een oxidelaag.

Door gebruik van gelijkstroom groeit een laag oxidekristallen aan. Deze oxidelaag (zoals  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) is hard, poreus, elektrisch isolerend en slijtvast. De corrosiebestendigheid kan worden verbeterd door na het anodiseren te poriën te sealen.

Het anodiseren zelf gebeurt in een bad met elektrolyten. Het te behandelen onderdeel vormt de anode van het elektrische circuit, de gebruikte kathode is inert. Door de elektrische stroom wordt het metaal van de anode geoxideerd, met de vorming van metaaloxiden aan het oppervlak als gevolg. Een deel van het metaal lost op als ionen in het behandelingsbad.

Er zijn drie typen processen gangbaar voor het anodiseren van onder meer aluminium:

- Anodiseren met chroomzuur - laagdikte 0,5-18  $\mu\text{m}$
- Anodiseren met zwavelzuur - laagdikte 15-30  $\mu\text{m}$
- Hard anodiseren - hogere stroomsterkte, laagdikte 25-150  $\mu\text{m}$

Het anodiseren met chroomzuur wordt het meest toegepast op aluminium voor de militaire en luchtvaartsector.

Anodiseren wordt gebruikt om de corrosiebestendigheid en slijtvastheid van het substraat te verbeteren. Ook worden de adhesie-eigenschappen met betrekking tot vervolprocessen verbeterd doordat het oppervlak middels toegenomen porositeit vergroot. In tegenstelling tot chromateren heeft anodiseren een isolerende werking.

### 5.1.3 *Passivering van roestvast staal*

Een materiaal is gepassiveerd wanneer het een hoge corrosiebestendigheid heeft in een milieu waar normaal corrosie verwacht mag worden. Roestvast staal passiveert van nature omdat het chroom bevat dat een microlaag chroomoxide vormt aan het oppervlak. Bij bewerking of beschadiging van het roestvast staal wordt passivering toegepast om de corrosiebestendigheid te herstellen.

Passivering van roestvast staal is als toepassing opgenomen in verzamelde autorisatieverzoeken van onder meer chroomtrioxide en kalium dichromaat. Het eigenlijke proces vindt plaats in een bad met salpeterzuur, en chroom-6 komt uit het staal zelf. Er is verder geen analyse van alternatieven onderzocht.

## 5.2 **Analyse van alternatieven voor oppervlaktebehandelingen**

### 5.2.1 *Alternatieven voor chromateren (CCC)*

#### **Anorganische zuren**

Het mogelijke alternatief voor chromateren bestaat uit anodiseren met anorganisch zuur, gevolgd door het aanbrengen van een toplaag of afdichtingsmiddel. Verschillende zuren worden onderzocht als alternatief voor chroom-6 in oppervlaktebehandelingsprocessen – boorzuur, zwavelzuur, salpeterzuur, fosforzuur en citroenzuur.

In de autorisatieverzoeken wordt aangevoerd dat dit alternatief (nog) niet voldoet aan de technische vereisten.

- Anodiseren met zuur geeft op zichzelf geen bescherming tegen corrosie. Nabehandeling met een toplaag is vereist, waarvoor chroom-6 nog het meest gebruikt wordt.
- Door het aanbrengen van deze toplaag ontstaat ook een dikkere coating dan bij chromateren, waardoor de dimensies van het substraat veranderen.
- Geanodiseerde oppervlakken zijn isolerend.

Dat maakt dit alternatief vooral geschikt voor substraten die na de hoofdbehandeling worden geverfd of gelakt, en waarbij geleiding geen vereiste is.

Dit alternatief wordt afgewezen op technische gronden, er is zelden een analyse gedaan van de economische haalbaarheid. Afgezien van de kosten die gepaard gaan met het overstappen op een nieuwe techniek, is er geen economische belemmering voor implementatie van dit alternatief. Binnen de onderzochte zuren kan salpeterzuur als de zwaarst geclassificeerde stof worden beschouwd (o.a. Ox. Liq. 3, Skin Corr. 1A, STOT SE 3). De classificatie is lichter dan voor chroom-6, en bij gelijke blootstelling kan dit alternatief waarschijnlijk veiliger gebruikt worden.

### **Silaan/siloxaan en sol-gel coatings**

Een sol-gel is een gelachtig materiaal vervaardigd uit anorganische stoffen. Sol-gels worden gebruikt bij de productie van onder meer (keramische) deklagen en partikels.

Om een sol-gel te maken wordt bijvoorbeeld siliciumoxide eerst in een colloïdale suspensie gebracht. Vervolgens kan men de suspensiedeeltjes (monomeren of oligomeren) in de vloeistof aan elkaar laten hechten (polymeriseren) tot een netwerk. De suspensie kan middels meerdere technieken worden aangebracht op het substraat, en na een droogperiode wordt door condensatiereacties een netwerk van oxides gevormd op het substraatoppervlak.

De kwaliteit van de sol-gel coating is sterk afhankelijk van de voorbehandeling van het substraat. Het aanbrengen van een sol-gel coating wordt in de analyse van alternatieven niet als een los proces gezien.

Dit alternatief wordt veelal afgewezen op technische gronden.

- Sol-gel coating geeft op zichzelf geen bescherming tegen corrosie – additieven of topcoatings zijn vaak noodzakelijk.
- Deze coatings werken isolerend, en de geleiding van het eindproduct is vaak onvoldoende.

Ten opzichte van chromateren wordt er wel een verbeterde hechting voor verven en primers gerapporteerd, en het aanbrengen van een sol-gel coating heeft geen invloed op de dimensies van het substraat.

Sol-gel coatings worden op industriële schaal voor verschillende andere gebruiken toegepast, en er wordt geen economische belemmering voor implementatie van dit alternatief gerapporteerd. De precieze samenstelling van een sol-gel matrix is vaak vertrouwelijk, wat een risico-analyse bemoeilijkt. Enkele componenten zijn als carcinogeen en

mutageen geclassificeerd. Alhoewel het mogelijk is dat het gebruik van een sol-gel coating veiliger is dan toepassing van chroom-6, dient implementatie van dit alternatief per geval goed overwogen te worden.

### **Oppervlaktebehandeling met trivalent chroom**

De oppervlaktebehandeling met gebruik van trivalent chroom (chroom-3, Cr(III)) komt overeen met het chroom-6 proces, en wordt al gebruikt voor specifieke toepassingen. Drie typen chroom-3 structuren worden genoemd in de autorisatieverzoeken – gebaseerd op sulfaat, chloride en fluoride. Het grootste verschil tussen de twee processen zit in de samenstelling van de baden, en het gebruik van extra apparatuur.

In bijna alle aanvragen wordt aangegeven dat oppervlaktebehandeling met chroom-3 het meest geschikte en veelbelovendste alternatief is. Mede door het brede toepassingsgebied van de huidige autorisatieverzoeken wordt chroom-3 toch op technische gronden afgewezen als alternatief voor chromateren.

- Het proces moet nauwkeuriger gestuurd worden, en is lastiger te reproduceren.
- Om de samenstelling van het bad van goede kwaliteit te houden, zijn additieven noodzakelijk.
- De actieve corrosiebescherming van chroom-6 is bij chroom-3 niet aanwezig. Extra behandeling met chroom-6 is vaak nodig om aan de eisen te voldoen.
- Het resultaat van de behandeling met chroom-3 is substraatafhankelijk, en lastig te reproduceren.
- Hechting van verven en lakken is verminderd ten opzichte van chroom-3.

Technieken met trivalent chroom worden breed toegepast voor verschillende gebruiken, en lijken het meest op een drop-in alternatief van chroom-6. Chroom-3 verbindingen zijn voor humane toxicologie lichter geclassificeerd dan chroom-6, en kunnen afhankelijk van hoeveelheid en blootstelling veiliger gebruikt worden dan chroom-6. De grootste belemmering is het goed afstemming van het proces op het gewenste resultaat.

### **Categorie 2 alternatieven**

Deze groep alternatieven wordt wel besproken in de autorisatieverzoeken, maar waren destijds nog niet breed onderzocht.

- Processen gebaseerd op mangaan. Corrosiebestendigheid nog onbekend.
- Primers rijk aan magnesium.
- Processen gebaseerd op molybdaat en molybdenum. Deze coatings zijn niet geleidend.
- Organometalen. Corrosiebestendigheid onvoldoende.
- Electrolytische verf.
- Processen op basis van benzotriazool. Corrosiebestendigheid onvoldoende.

Ten tijde van de autorisatieverzoeken waren deze alternatieven in een vroeg stadium van onderzoek, en er zijn geen analyses gemaakt van economische haalbaarheid of veilige toepassing. Inmiddels lijkt het



onderzoek zich met name te richten op de drie eerder genoemde categorie 1 alternatieven.

### 5.2.2 *Alternatieven voor anodiseren met chroomzuur (CAA)*

In de huidige autorisatieverzoeken zijn voor het anodiseren met chroomzuur verschillende alternatieve zuren onderzocht – zwavelzuur, boorzuur, wijnsteenzuur, fosforzuur en verschillende combinaties hiervan.

Veel toepassingen van anodiseren met chroomzuur zijn al vervangen, met name door zwavelzuur. In de luchtvaartindustrie wordt nog wel gebruik gemaakt van chroomtrioxide. Per substraat en functie hiervan gelden verschillende eisen, waardoor een ander alternatief nodig kan zijn.

## 5.3 **Publieke consultatie en recente ontwikkelingen**

Tijdens de publieke consultatie van de desbetreffende autorisatieverzoeken zijn geen commentaren ontvangen met betrekking tot het chromateren van substraten. Er zijn echter meerdere commerciële bedrijven die chromateren van geleidende substraten aanbieden. Hierbij wordt geadverteerd met een chroom-6-vrije methode. Alhoewel de exacte technieken niet te achterhalen zijn, maken de meeste van deze bedrijven gebruik van chroom-3. Ook wordt binnen de autorisatieverzoeken aangegeven dat het vervolgonderzoek met name op chroom-3 gericht is.

Met betrekking tot het anodiseren met chroomzuur zijn geen specifieke commentaren binnengekomen. In veel autorisatieverzoeken wordt al gesproken over een chroom-6-vrij proces, en de aandacht ligt met name het sealen van de anodiserings-laag, waarvoor nog wel chroom-6 gebruikt wordt. Onderzoek richt zich met name op een alternatief éénstaps proces, waarbij anodiseren en sealen tegelijk plaatsvinden.



## 6 Hardverchromen

### 6.1 Het proces en toepassingen

Hardverchromen is een proces waarin een laag metallisch chroom op het oppervlak van een metalen substraat wordt aangebracht. Dit substraat kan bestaan uit o.a. staal, roestvast staal, titanium of nikkel legeringen, aluminium en brons. Door het aanbrengen van een chroomcoating wordt oppervlaktebescherming gecreëerd op kritieke onderdelen en componenten in een veelzijdigheid aan sectoren, onderhevig aan zware veiligheidsvereisten.

Het substraat wordt over het algemeen gedompeld in een serie baden met onder andere chroomtrioxide. Door een elektrolytisch proces, waarbij het substraat als kathode dient, wordt een metallische chroomlaag gevormd. Complexe oppervlakken kunnen met deze methode egaal worden verchromd.

*Hardverchromen wordt gebruikt in een grote verscheidenheid aan toepassingen in sectoren zoals lucht- en ruimtevaart, automobiel industrie, staalindustrie en algemene techniek. Chroomcoatings worden vaak gebruikt wanneer onderdelen onder zware omstandigheden gebruikt worden, zoals hoge temperaturen en mechanische impact. Substraten die vaak verchromd worden zijn (roestvast) staal, titanium, nikkel, aluminium en legeringen hiervan. Hieronder staat een onvolledig overzicht van mogelijke substraten voor hardverchromen:*

- **Lucht- en ruimtevaart.** Landingsgestel en besturingsonderdelen; wielassen en -pinnen; hydrauliek; klemmen, kleppen en zuigers; navigatie-onderdelen.
- **Automobiel en algemene techniek.** Onderdelen voor brandstofinjectie; cilinders; vering en assen; motorkleppen en -zuigers.
- **Staalindustrie.** Persen en walsen.
- **Productie van drukkerij machinerie.** Spoelen; cilinder omhulsels; rotogravure platen en rollen.
- **Metalen precisie onderdelen.** Suikerzeven; filtreersystemen.
- **Wapenindustrie.** Geweer- en pistoollopen; hamer en veiligheidspin; trekker.

### 6.2 Kritieke eigenschappen

Het hoofddoel van hardverchromen is de bescherming van een substraatoppervlak tegen slijtage en corrosie. Tevens zorgt een chroom coating voor een lage wrijvingscoëfficiënt. Hardverchromen wordt met name toegepast op (bewegende) onderdelen of applicaties die gebruikt worden onder veeleisende omstandigheden, zoals hoge temperaturen en mechanische impact, en repetitieve slijtage.

In de autorisatieverzoeken worden de volgende eigenschappen als kritiek aangemerkt. Mogelijke alternatieven dienen voor deze eigenschappen geen slechter resultaat te geven dan chroomtrioxide. Per toepassing kunnen verschillende eigenschappen belangrijk zijn.

- **Laagdikte.** Bij hardverchromen wordt de chroomlaag gewoonlijk aangebracht in een dikte van 15-500  $\mu\text{m}$ . Er is een hoge impact op de eigenschappen van de uiteindelijke laag. Een dunne laag maakt de laag meer flexibel en geeft een lager risico op scheuren, een dikke laag geeft een hogere slijtvastheid en corrosiebestendigheid.
- Een hoge **hardheid** van de chroomlaag is cruciaal voor de meeste toepassingen van functioneel verchromen. Hardheid wordt gedefinieerd als de weerstand tegen vervorming onder druk.
- **Corrosiebestendigheid en weerstand tegen chemicaliën.** Om deze te verhogen kan een onderlaag van nikkel worden gebruikt.
- **Hoge slijtvastheid.** Veel onderdelen die verchromd worden, worden toegepast in zware motoren waar sprake is van repetitieve bewegingen.
- **Lage wrijvingsweerstand** is met name vereist in de productie van hydraulische onderdelen.
- **Bestand tegen hoge temperaturen.** Onder meer motoronderdelen worden aan hoge temperaturen blootgesteld.
- **Oppervlakte-eigenschappen.** Een metallische chroomlaag bevat micro-scheurtjes, welke de mogelijkheid bieden smeermiddelen of inkten vast te houden.
- **Proces.** Complex gevormde en zeer grote onderdelen moeten gecoat kunnen worden. Voor sommige toepassingen is het van belang dat de oppervlakte-vorm behouden blijft na het verchromen.

De verschillende sectoren die gebruik maken van verchromen hebben verschillende maatstaven met betrekking tot de functionele eigenschappen van de chroomlaag. Indicaties voor de eigenschappen die kwantitatief meetbaar zijn staan in tabel 2 vermeld. Per sector zijn de globale vereisten aangegeven.

Tabel 2: Richtlijnen voor kritieke eigenschappen per sector

Kritieke eigenschap	Lucht- en ruimtevaart	Auto-mobiel industrie	Staal	Metalen precisie onderdelen	Productie van printonderdelen (staalrollen)
Slijtvastheid	Afhankelijk van toepassing	< 5-10 mg /10.000 rubbing cycles	< 10 mg /10.000 rubbing cycles	N/A	N/A
Hardheid*	700-900 HV	850-1.200 HV	850-1.000 HV	1.100 HV	1.000-1.400 HV
Laagdikte	> 100 $\mu\text{m}$	20-50 $\mu\text{m}$	Afhankelijk van toepassing	15 $\mu\text{m}$	5-25 $\mu\text{m}$
Corrosiebestendigheid	SST: >750 h	SST: 100-500 h	Afhankelijk van toepassing	N/A	N/A
Wrijvingscoëfficiënt	< 0.2	< 0.1	N/A	<0.2	N/A

\* Gemeten met ISO 6507-1, eenheid Vickers hardheid (HV)

### 6.3 Categorie 1 alternatieven

Onderstaande alternatieven zijn in de verschillende autorisatieverzoeken door aanvragers als categorie 1 aangemerkt. Deze zijn verder in ontwikkeling, worden op kleinere schaal of voor specifieke gebruiken al toegepast en zijn het onderwerp van verder onderzoek.

#### 6.3.1 Trivalent verchromen

Het chroom-3 verchromingsproces is gebaseerd op een vergelijkbare technologie als het proces dat gebruik maakt van chroomtrioxide, en komt het meest in de buurt van een "drop-in" alternatief. Een metallische chroomlaag wordt gevormd vanuit een trivalente chroom elektrolyet. Deze wordt over het algemeen als chroomtrichloride of chroomsulfaat aan het bad toegevoegd.

De chemische samenstelling van het bad is complex, met verschillende additieven. Daarbij zijn enkele proces parameters, zoals "pulse plating" voor chroom-3 in plaats van "direct stroom" plating voor chroom trioxide, afwijkend. Een galvaniseringsproces gebaseerd op chroom-3 is lastiger te sturen dan chroom-6 processen.

Mogelijke badsamenstelling:

CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O	125 g/L
KCr(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .12H <sub>2</sub> O	25 g/L
NH <sub>4</sub> NH <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	178 g/L
NH <sub>4</sub> CL	80 g/L
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	30 g/L
HCOOH	30 mL/L

#### Samenvatting eigenschappen

Met name bij dunnere lagen is de coating gevormd met trivalent verchromen vergelijkbaar met het traditionele chroom-6 hardverchromen. Deze techniek wordt dan ook veelvuldig toegepast bij het decoratief verchromen.

- **Laagdikte.** Met chroom-3 is een bereik van 0.1 – 100 µm mogelijk op industriële schaal. Dikkere lagen zijn mogelijk op laboratoriumschaal.  
De kwaliteit van de chroom-3 coating neemt af bij toename van de laagdikte. Scheuren in de laag tot op het substraat worden met regelmaat waargenomen. Bij toenemende depositie verandert de samenstelling van het chroom-3 bad, en daarmee de kwaliteit van de coating.
- **Hardheid.** Een maximale hardheid van 700 tot 850 HV voor een 500 µm chroom-3 coating wordt gerapporteerd (laboratoriumschaal). Eén aanvrager beschrijft het gebruik van een verhittingsbehandeling om de hardheid van de gevormde coating te verhogen. Deze hittebehandeling kan echter leiden tot het vormen van scheuren in de coating.
- **Corrosiebestendigheid.** Afwezigheid van corrosiebestendigheid wordt gerapporteerd, aangezien de chroom-3 coating macroscheuren vormt.
- **Slijtvastheid.** Hoger dan bij chroom-6.
- **Proces temperatuur.** Vergelijkbaar met het chroom-6 proces.
- **Oppervlakte eigenschappen.** Tot aan 80 µm is de structuur vergelijkbaar met een chroom-6 coating, al is hierin ook een

maximale laagdikte van 5 µm gerapporteerd. Naarmate de laag dikker wordt, ontstaan meer macroscheuren. Deze macroscheuren zijn de oorzaak van de deficiënties in andere sleuteleigenschappen.

- **Proces.** De beperkingen van chroom-3 verchromen worden met name gevormd door de complexiteit van het proces. De depositie is lastiger te sturen, en de baden zijn gevoeliger voor onzuiverheden. Gedurende depositie verandert de samenstelling van het bad, wat invloed heeft op de verdere opbouw van de coating.

Er is een risico op vorming van chroom-6 tijdens het galvaniseringsproces. Dit heeft invloed op het procesmanagement.

Dit alternatief wordt in de autorisatieverzoeken afgewezen op grond van de technische haalbaarheid. Met name het gebrek aan universele bruikbaarheid wordt aangehaald. Bijna alle aanvragers geven economische haalbaarheid aan, aangezien de verwachte kosten vergelijkbaar zullen zijn met chroom-6. Over het algemeen worden galvaniseringsprocessen met chroom-3 als minder risicovol gezien dan chroom-6. De toegepaste chroom-3 verbindingen zijn met betrekking tot humane toxicologie lichter geclassificeerd. Cr(III)chloride heeft voornamelijk irriterende eigenschappen, en is niet carcinogeen of mutageen. De beschreven badsamenstellingen bevatten vaak wel boorzuur, een SVHC. Toepassing van het alternatief trivalent verchromen kan een lager risico inhouden dan hardverchromen, maar gezien de geringe ervaring op grote schaal dienen de risico's per toepassing goed te worden overwogen.

### 6.3.2 *Chemische dampdepositie (CVD)*

CVD is een verzamelnaam voor verschillende opdampprocessen waarbij een dunne laag materiaal op een substraat wordt aangebracht.

In dit proces worden reactieve gassen, samen met inerte dragergassen, in een vacuümkamer over een verhit substraat gevoerd. De reactieve gassen bestaan uit de gewenste coating materialen zoals metaalhaliden, metaal carbonyl structuren, of organometaal structuren in dampvorm. Voorbeelden van veel gebruikte coatingmaterialen zijn titanium carbide, titanium nitride, titanium koolstof nitride, titanium boride en aluminium oxide.

De coating materialen reageren met het oppervlak van het substraat, en vormen hier de coating. Afbraakproducten worden in gasvorm de vacuümkamer uitgevoerd.

#### **Samenvatting eigenschappen**

- **Laagdikte.** Laagdiktes van enkele µm dik. In de luchtvaartindustrie wordt geëxperimenteerd met een CVD proces waarbij lagen van >50 µm gevormd worden.
- **Hardheid.** Extreme hardheid van 1500-3300 HV, afhankelijk van het gebruikte materiaal.
- **Corrosiebestendigheid.** Door de geringe laagdikte is de corrosiebestendigheid bij de meeste testen onvoldoende bevonden. Bij een kleine beschadiging ontstaat door de hoge hardheid van het materiaal de kans op "chipping", waarbij grote oppervlakken van de laag af kunnen breken.

- **Slijtvastheid.** Door de hoge hardheid en gladheid van de gevormde laag is deze goed bestand tegen slijtage.
- **Procestemperatuur.** Voor CVD zijn temperaturen van  $\pm 1000^{\circ}\text{C}$  vereist.  
Het is mogelijk om met behulp van een plasma techniek bij een temperatuur van  $500^{\circ}\text{C}$  of lager te werken. Met een plasmastraal wordt dan een klein oppervlak van het te coaten substraat verhit. Deze techniek is niet geschikt voor complexe vormen door de line-of-sight techniek.
- **Oppervlakte eigenschappen.** Een egaal oppervlak kan worden gevormd op complexe structuren. Door de extreme hardheid van de gevormde laag is het niet aan te raden scherpe hoeken te coaten, omdat hier het risico op chipping van de laag toeneemt.
- **Proces.** Dampdepositie technieken vinden plaats in vacuüm. Hierdoor is er een beperking in de grootte van de substraten die gecoat kunnen worden. Met name in de luchtvaart- en staalindustrie worden met regelmaat substraten van enkele meters gecoat.

Dit alternatief wordt doorgaans afgewezen op grond van technische haalbaarheid. De geringe laagdikte die met CVD gevormd wordt maakt deze techniek ongeschikt voor reparatiewerkzaamheden, omdat hierbij een laag van  $>150\ \mu\text{m}$  vereist is. Tevens is deze techniek niet geschikt voor hittegevoelige substraten.

De economische haalbaarheid is vaak niet onderzocht. Wel wordt aangegeven dat het door de te gebruiken opstelling niet mogelijk is een lopend proces in te stellen. Substraten kunnen enkel per separate batch gecoat worden. De proces omstandigheden kunnen leiden tot grote economische beperkingen. Voor grote batches van kleine substraten is deze techniek mogelijk voordeliger.

Gebaseerd op de beschikbare informatie over de stoffen die binnen deze technologie gebruikt worden, kan aluminium oxide als toxicologisch worst-case worden gezien. Deze is geclassificeerd als STOT SE 3, Acute Tox. 4. Gecombineerd met de gesloten omgeving waarin het verchromingsproces plaatsvindt, zou dit alternatief ten opzichte van chroom trioxide een shift naar een lager gebruiksrisico inhouden.

### 6.3.3

#### *Fysische dampdepositie (PVD)*

Net als CVD is PVD een opdampproces, waarbij de uiteindelijke coating middels een fysisch proces gevormd wordt. In tegenstelling tot CVD is het coatingmateriaal niet gasvormig maar vast, of in uitzonderlijke gevallen vloeibaar. Atomen van het coatingmateriaal worden losgeschoten uit een sputteringtarget, en vormen hierna een laag op het substraat. Doordat er geen sprake is van een gasfase, is PVD een "line-of-sight" methode.

- **Laagdikte.** Met PVD kunnen laagdiktes van maximaal  $15\ \mu\text{m}$  worden gevormd. Dit is voor enkele toepassingen voldoende. Bij een laagdikte van  $15\ \mu\text{m}$  is er wel sprake van interne stress, waardoor de kans op scheuren wordt verhoogd.
- **Hardheid.** Extreme hardheid van 1200-2400 HV, afhankelijk van het gebruikte materiaal.
- **Corrosiebestendigheid.** Wanneer toegepast op onderdelen die niet veel slijtage ondervinden, is de corrosiebestendigheid voldoende. Bij een kleine beschadiging ontstaat door de hoge

hardheid van het materiaal de kans op "chipping", waarbij grote oppervlakken van de laag af kunnen breken, en het onderliggende materiaal snel corrodeert.

- **Proces temperatuur.** Voor PVD zijn temperaturen van 100-450°C vereist. Lagere temperaturen zijn op laboratoriumschaal mogelijk.
- **Oppervlakte eigenschappen.** PVD is een line-of-sight methode. Door verschillende opstellingen is het mogelijk meerdere vormen te coaten, maar complexe structuren of de binnenkant van smalle cilinders is niet altijd mogelijk. Door de extreme hardheid van de gevormde laag is het niet aan te raden scherpe hoeken te coaten, omdat hier het risico op chipping van de laag toeneemt.
- **Proces.** Dampdepositietechnieken vinden plaats in vacuüm. Hierdoor is er een beperking in de grootte van de substraten die gecoat kunnen worden. Op commerciële schaal zijn er op dit moment vacuümkamers van 3 meter hoog beschikbaar, met gemiddeld 1,5 meter doorsnede. Met name in de luchtvaart- en staalindustrie worden met regelmaat substraten van enkele meters gecoat.

PVD wordt binnen de luchtvaart- en automobiel industrie toegepast voor het coaten van kleine onderdelen. Net als bij CVD is deze techniek minder geschikt voor reparatiewerkzaamheden en het coaten van hittegevoelige substraten.

De economische haalbaarheid is doorgaans niet onderzocht. Wel wordt aangegeven dat het door de te gebruiken opstelling niet mogelijk is een lopend proces in te stellen. Substraten kunnen enkel per separate batch gecoat worden. Voor grote batches van kleine substraten is deze techniek mogelijk voordeliger.

Gebaseerd op de beschikbare informatie over de stoffen die binnen deze technologie gebruikt worden, kan titanium nitride als toxicologisch worst-case worden gezien. Deze is geclassificeerd als Flam. Sol. 2, Skin Irrit. 2 en Eye Irrit. 2. Gecombineerd met de gesloten omgeving waarin het verchromingsproces plaatsvindt, zou dit alternatief ten opzichte van hardverchromen met chroom trioxide een shift naar een lager risico inhouden.

#### 6.3.4 *High Velocity Oxygen Fuel Spraying (HVOF)*

Binnen de verschillende thermal spray processen is HVOF de techniek die de coating met de hoogste kwaliteit oplevert. Deze techniek wordt dan ook het meest intensief onderzocht.

Coating poeder wordt geïnjecteerd in een supersonische vlam die de poederdeeltjes naar hoge snelheid versnelt. Door de hitte van deze vlam smelten de poederdeeltjes. Vervolgens landen de deeltjes op het te coaten substraat in afgevlakte, overlappende spetters. Door de vloeibare vorm en de overlap wordt op deze wijze een coherente coating met lage porositeit gevormd.

Voor thermal spray processen wordt een gun gebruikt met een interne verbrandingskamer. De afstand tussen de gun en het substraat is 15-30 cm. Met gebruik van HVOF kan in korte tijd een dikke laag worden gevormd. Door de line-of-sight methode zijn er wel beperkingen aan het type substraat.



### Samenvatting eigenschappen

- **Laagdikte.** Typische laagdiktes bij HVOF zijn 50-250  $\mu\text{m}$ . Een laag van 500  $\mu\text{m}$  is mogelijk. Bij  $<50 \mu\text{m}$  kan de overlap van spetters niet gegarandeerd worden. Bij  $>500 \mu\text{m}$  is er toegenomen stress en mogelijke vervorming van het materiaal. Hoge depositiesnelheid van  $\pm 50\mu\text{m}/\text{min}$ .
- **Hardheid.** Een hardheid van 1000-1400 HV is mogelijk.
- **Corrosiebestendigheid.** De corrosiebestendigheid hangt samen met de overlap van spetters en dus de porositeit van de gevormde laag. Bij een simpele vorm of dikkere laag is sprake van een lagere porositeit.
- **Slijtvastheid.** De gevormde coatinglaag is niet egaal, en vereist nabewerking om aan de vereisten voor slijtvastheid te kunnen voldoen. Een HVOF coating die continu in contact is met een niet-HVOF coating, is extra onderhevig aan slijtage. Smeermiddelen kunnen dit onvoldoende verhelpen. Hechting tussen HVOF coating en substraat is lager dan bij hardverchromen. Een voorbehandeling is vereist.
- **Proces temperatuur.** Het coatingpoeder wordt gesmolten bij een temperatuur van ongeveer 1600  $^{\circ}\text{C}$ . Tijdens het proces wordt het substraat ongeveer 250  $^{\circ}\text{C}$ . Door gebruik van speciale koelsystemen is het mogelijk hittegevoelige substraten zoals aluminium te coaten.
- **Oppervlakte eigenschappen.** HVOF is een line-of-sight methode. Met verschillende apparatuur is het mogelijk meerdere vormen te coaten, maar complexe structuren of de binnenkant van smalle cilinders is nog niet mogelijk. Bij dikkere lagen neemt de interne stress toe, wat het risico op vervorming van het substraat en chipping verhoogt.
- **Proces.** Door de noodzaak van nabewerking is het geen goede techniek om serieel producten te coaten.  
Lage efficiëntie: door overspray komt maar zo'n 50% van het poeder in de coating terecht.

Door de grote verschillen van dit proces met regulier hardverchromen is het niet mogelijk bij alle toepassingen aan de technische vereisten te voldoen. Door de hoge snelheid en laagdikte, in combinatie met de mogelijkheid om het apparaat precies op een te behandelen oppervlak te richten, is deze techniek zeer geschikt voor reparatiewerkzaamheden. Omdat deze techniek op basis van technische haalbaarheid wordt afgewezen, is er vaak geen intensieve studie van economische haalbaarheid gedaan. Het omschakelen van hardverchromen naar HVOF vereist echter grote investeringen in apparatuur en training. Ook dient het proces anders ingeregeld te worden.

Verschiedende poeder materialen kunnen worden gebruikt voor HVOF, en deze zijn vaak confidentiële bedrijfsinformatie. Een bekend coatingmateriaal dat vaak wordt gebruikt is WC-12Co. Deze is geclassificeerd als Skin Irrit. 2, Eye Irrit. 2, STOT SE 3, Carc. 2. Het gebruik van HVOF hoeft niet tot een lager risico te leiden, zowel door onbekende classificatie en procesomstandigheden, en gebruik moet zorgvuldig worden overwogen. Er is tevens sprake van een fysiek risico. Afhankelijk van de dikte van de laag – en interne stress – en het gebruik, is het mogelijk dat er met hoge snelheid spetters van de laag afbreken.

### 6.3.5 *Thermal Spray Coatings / Wire Flame Spraying*

Bij deze techniek wordt het coatingmateriaal in de vorm van een draad in een zuurstof-acetyleen vlam gevoerd. Door de temperatuur van de vlam (3160°C) smelt de punt van de draad. Een atomiserend gas vormt een druppel van het gesmolten deel, en deze wordt met een snelheid van 200 m/s op het te coaten substraat afgevuurd. De druppels landen op het substraat in afgevlakte, overlappende spetters.

#### **Samenvatting eigenschappen**

Veel van de eigenschappen van een coating gevormd met thermal spray komen overeen met een HVOF-gevormde coating (zie 6.3.4). Hieronder zijn de afwijkende eigenschappen vermeld.

- **Hardheid.** Wire flamed spraying met molybdeen resulteert in coatings met inhomogene hardheid. Waar de coating uit elementair molybdeen bestaat is de hardheid laag, terwijl de hardheid hoog is in gebieden waar geoxideerd molybdeen is neergeslagen. De gemiddelde hardheid is 480-1380 HV.
- **Proces temperatuur.** Door de sterke focus van thermale en kinetische energie kunnen substraten lokaal een temperatuur van 2000°C bereiken. Hiermee is de techniek niet geschikt voor hittegevoelige materialen.
- **Proces.** Bij thermal spraying in lucht, worden oxides gevormd van het coatingmateriaal. Inclusie van oxides verhoogt de porositeit.

Voor technische en economische haalbaarheid, de toxicologische classificatie en gecombineerde risico's gelden dezelfde overwegingen als voor HVOF.

### 6.3.6 *Thermal Spraying: Plasma*

Bij plasma spraying wordt hoog energetisch plasma als hittebron gebruikt. Verschillende soorten poeders kunnen als coating materiaal gebruikt worden. Deze techniek wordt met name in de auto-industrie voor sommige onderdelen vaker gebruikt dan chroom coatings. Het plasma wordt gevormd door een spanningsboog met hoge dichtheid in de ruimte tussen kathode en anode. Deze ruimte is gevuld met gassen zoals waterstof of argon. Het plasma gas wordt geïoniseerd, verhit tot 20.000°C, en als een straal gericht op het substraat. Het coatingmateriaal wordt in poeder vorm in de plasma straal gebracht. De hitte van het plasma smelt de poederdeeltjes, welke met hoge snelheid op het substraat afgevuurd worden.

De binding tussen coating en substraat is mechanisch van aard, terwijl chroom coatings hechten aan het substraat door een aantrekkingskracht op atomisch niveau. Afgezien hiervan gelden voor plasma spraying dezelfde overwegingen als voor HVOF (zie 6.3.4).

### 6.3.7 *Chemisch en Elektrolytisch vernikkelen*

Chemisch of stroomloos vernikkelen is een chemisch proces waarbij een oppervlak wordt voorzien van een gelijkmatige laag nikkel-fosforlegering middels een hitte-geïnduceerde reductie.

### Samenvatting eigenschappen

- **Laagdikte.** Een laagdikte van 10 tot 50 µm is mogelijk. Hiermee is deze techniek niet geschikt voor herstelwerkzaamheden.
- **Hardheid.** De hardheid van de coating is afhankelijk van de samenstelling van het bad en een eventuele nabehandeling. Een hogere hardheid is moeilijker te verkrijgen op hittegevoelige substraten.

	Low P-content (1-4%)	Medium P-content (6-9%)	High P-content (11-12%)
Initiële hardheid	700 HV	600 HV	530 HV
Hardheid na verhitting	960 HV	1000 HV	1050 HV

- **Corrosiebestendigheid.** De corrosiebestendigheid varieert na de initiële vorming van de coating tussen de 24 en 1000 uur. Hoe hoger het fosfor-gehalte van het bad, hoe hoger de corrosiebestendigheid, door de meer amorfe laag. De verhitting van de coating tijdens het nabehandelingsproces verandert de laag naar een meer kristallijne vorm, wat een negatief effect heeft op de corrosiebestendigheid. Na beschadiging van de coating veroorzaakt het nikkel ernstige corrosie.
- **Proces.** Door gebruik van een dompelbad is chemisch vernikkelen geen "line-of-sight"-methode, en is het mogelijk complexe geometrieën te coaten. Coatingeigenschappen kunnen met additieven selectief gemanipuleerd worden. Bij gebruik van een composiet-bad is het lastiger een uniforme laag te garanderen, wat de techniek minder geschikt maakt voor grote oppervlakken. De depositiesnelheid is 50% ten opzichte van hardverchromen.

In de analyses van alternatieven wordt deze methode afgewezen omdat het proces lastig te sturen is. Het gaat hierbij om inventarisaties van voor 2016. Alhoewel de methode commercieel beschikbaar is – en nog gebruikt wordt – wordt nikkel verdacht van carcinogeniteit. Nikkel is net als chroom toxisch, en geplaatst op de EPA-17 lijst van toxische stoffen. Een veelgebruikte stof bij chemisch vernikkelen is nikkel sulfaat. Deze is geclassificeerd als onder meer Muta. 2, Carc. 1A, Repr. 1B, STOT RE 1 en Aquatic Chronic 1. Veel additieven die kunnen worden gebruikt om de eigenschappen te sturen zijn nanodeeltjes, die nog eens een additioneel risico kunnen vormen, met name via inhalatie. Gecombineerd met vergelijkbare procesomstandigheden als chroom-6 hardverchromen is er bij dit alternatief geen sprake van een shift naar een lager risico.

De methode elektrolytisch vernikkelen is veel onderzocht aangezien het proces grotendeels overeenkomt met hardverchromen, maar is door dezelfde overwegingen als bij chemisch vernikkelen geen geschikt alternatief.

#### 6.3.8 Oppervlakteharden (Case hardening)

Oppervlakteharden is een proces waarbij de slijtvastheid en daarmee de hardheid van een metaallegering verhoogd wordt. Het harden van een legering gebeurt middels een warmtebehandeling, waarbij de legering eerst boven een zekere temperatuur gebracht wordt, en vervolgens zeer

snel wordt afgekoeld. Deze fase is zeer hard door de vele interne spanningen die er in het materiaal zitten.

Het is ook mogelijk om tijdens de warmtebehandeling een doteermiddel (dopant) toe te voegen die de eigenschappen van de verharde laag verder verbetert. Veel voorkomende doteermiddelen zijn stikstof (nitreren), koolstof (carboneren) en boor (boroneren). Een combinatie van koolstof en stikstof komt ook veel voor.

Het gebruik van deze techniek leidt vooral tot een verhoging van de hardheid van het substraat. Typische procestemperaturen zijn 500 tot 1000°C, en de techniek is dan ook niet geschikt voor hittegevoelige substraten. De corrosiebestendigheid van het substraat neemt niet toe bij gebruik van deze techniek, en oppervlakteharden wordt dan ook alleen in niche toepassingen gebruikt.

Enkele van de doteermiddelen die kunnen worden toegepast worden nog onderzocht op toxiciteit. Het is niet duidelijk of gebruik van dit alternatief een lager risico inhoudt zolang er geen blootstellingsgegevens beschikbaar zijn. Gezien de classificatie van de verschillende doteermiddelen dient implementatie van dit alternatief met voorzichtigheid te gebeuren.

#### **6.4 Samenvatting Categorie 1 alternatieven hardverchromen**

In tabel 3 staan de verschillende categorie 1 alternatieven voor hardverchromen samengevat, met de resultaten voor de kritieke eigenschappen. Tevens is een korte inventarisatie gedaan van het aantal patenten dat sinds 2015 per methode is aangevraagd. Alhoewel niet inhoudelijk beoordeeld, geeft dit een beeld waar de meeste onderzoeksinspanningen plaatsvinden.

Recent is er door de Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin een onderzoek uitgebracht naar de mogelijke alternatieven voor hardverchromen (BAuA 2020). In dit rapport wordt er dieper ingegaan op de geschiktheid van de mogelijke alternatieven.

Tabel 3: Samenvatting categorie 1 alternatieven hardverchromen

Alternatief	Kritieke eigenschappen					Economische haalbaarheid	Gebruiksrisico	Patenten sinds 2015
	Laagdikte	Hardheid	Corrosiebestendigheid	Slijtvastheid	Proces-eigenschappen			
Trivalent verchromen	+	+/-	+/-	+	+/-	+	+	7500-8000
CVD	-	+	-	+	+/-	+/-	+	3000-3500
PVD	-	+	+/-	+	+/-	+/-	+	3500-4000
HVOF	-	+	+	-	+/-	-	+/-	200-250
Thermal spray	-	+	-	-	-	-	+/-	500-800
Vernikkelen	-	+/-	-	-	+/-	+	-	N/A
Oppervlakteharden	-	+	-	-	+/-	+/-	+/-	1500-2000

- + Vergelijkbaar of verbeterd ten opzichte van hardverchromen met chroom-6
- +/- Wisselende resultaten, sterk afhankelijk van toepassing
- Resultaten niet op het niveau van hardverchromen met chroom-6

NB: De vergelijkingen zoals gepresenteerd in tabel 3 zijn gebaseerd op gegevens uit de autorisatieverzoeken, zoals beoordeeld door RAC/SEAC. Ten tijde van het indienen van het autorisatieverzoek was deze informatie accuraat. Het is mogelijk dat nieuw onderzoek leidt tot andere uitkomsten voor de individuele eigenschappen. Dit is afhankelijk van de toepassing en specifieke sectoreisen, en niet nader onderzocht door het RIVM.

## 6.5 Categorie 2 en 3 alternatieven

Naast de hierboven beschreven alternatieven, zijn er met name in de grotere downstream autorisatieverzoeken meerdere alternatieven besproken die niet direct verder onderzocht gaan worden. Categorie 2 alternatieven waren ten tijde van het autorisatieverzoek in een zeer vroeg stadium van onderzoek als vervanger voor hardverchromen. Voor de alternatieven in categorie 2 geldt ook dat deze methoden (nog) niet voldoen aan alle technische vereisten van het eindproduct. Wel worden deze technieken gebruikt in niche toepassingen. Ten tijde van de review rapportages kunnen deze technieken een mogelijk alternatief vormen. Op dit moment is er echter te weinig informatie beschikbaar over de geschiktheid als alternatief voor hardverchromen.

Alternatieven in categorie 3 komen veelal uit de literatuur, maar zijn afgewezen op basis van economische overwegingen of hoger risico dan Chrom-6.

Enkele voorbeelden:

- Nanokristallijne kobalt/fosfor coatings
- Electrical discharge coating (EDC)
- Organische matrices
- Laser en lascoatings
- Snelstaal (HSS)

## 7 Verchromen met decoratief karakter

### 7.1 Europese discussie omtrent verchromen met decoratief karakter

Momenteel is er binnen de EU een beleidsdiscussie gaande over de toegevoegde waarde van het decoratieve en esthetische aspect van het verchromen. Toepassingen voor verchromen met decoratief karakter kunnen anders worden beoordeeld door beleidsmakers dan functionele toepassingen. Hierbij is wel een grijs gebied aanwezig doordat verchromen naast decoratieve ook functionele eigenschappen bevordert, zoals corrosiebestendigheid.

Recent is er door de Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin een onderzoek uitgebracht naar de mogelijke alternatieven voor hardverchromen (BAuA 2020). In dit rapport wordt er dieper ingegaan op de geschiktheid van de mogelijke alternatieven. Als voorlopige conclusie wordt gesteld dat er voor het verchromen met decoratief karakter binnen 5 jaar geen chroom-6 meer gebruikt hoeft te worden. Dit blijft echter afhankelijk van de mogelijkheden van individuele bedrijven om alternatieven te implementeren.

### 7.2 Het proces en toepassingen

Het decoratief verchromen van oppervlakten (substraten) geeft een glimmend metaaloppervlak van zeer geringe dikte (minder dan 1 µm). Decoratief verchromen wordt voor een talrijk toepassingen toegepast. Onder andere sanitair, auto-onderdelen en wapens. Naast een aantal functionele eigenschappen, zoals corrosiebestendigheid, zij voor decoratief verchromen de esthetische aspecten van belang. Van bijvoorbeeld een badkamerkraan wordt verwacht dat deze er lange tijd goed uit blijft zien, en niet verkleurd of ruwer wordt in de tijd. Alternatieven moeten vaak dus voldoen aan een mix van functionele en esthetische eigenschappen. Het substraat waarop de chroomlaag wordt aangebracht kan bestaan uit een divers aantal materialen. Het vaakst worden hiervoor plastics (bijv. ABS) en metalen (bijv. brons) gebruikt.

Voorbeelden van toepassingen uit verschillende industriële sectoren van verchromen met decoratief karakter zijn hieronder beschreven.

- **Automobielandustrie.** Velgen; radiator grill; merkornamenten; handvatten.
- **Consumentenproducten.** Scheermesjes; onderdelen van koffiemachines.
- **Cosmetica.** Parfum en lipstick deksels; nagelschaartjes.
- **Meubels.** Onderdelen van stoelen; keukenonderdelen.
- **Technische toepassingen.** Microscopen; laser optica; militaire toepassingen; antennes.
- **Sanitair.** Douchekoppen; kranen; slangen; spiegelranden.
- **Winkelbouw.** Schappen; kledingrekken.
- **Witgoed.** Frames van wasmachinedeuren; koelkastonderdelen.
- **Overig.** Lampen en fittingen; gereedschappen.

### 7.3 Kritieke eigenschappen

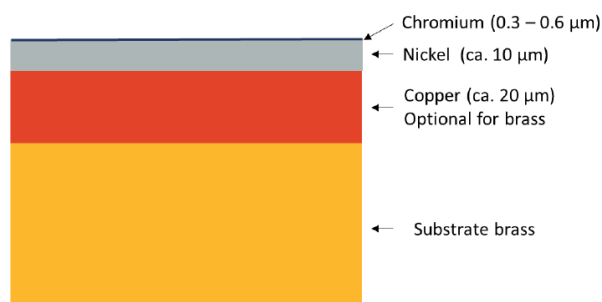
De verschillende toepassingen hebben verschillende gewenste eigenschappen van het product. Deze eigenschappen zijn als leidraad gebruikt voor de analyse van alternatieven, aangevuld met product-specifieke eisen. De belangrijkste functionele en decoratieve gewenste eigenschappen zijn:

- **Corrosiebestendigheid:** Dit is een van de belangrijkste parameters. Naast dat roestende onderdelen als niet mooi worden gezien (esthetisch), zijn ze ook voor technische aspecten niet wenselijk (functioneel / levensduur). Er zijn verschillende methoden voor het testen van de corrosiebestendigheid.
- **Slijtvastheid / slijtweerstand:** Voor decoratieve toepassingen is het belangrijk dat een product lange tijd krasvrij blijft. De slijtvastheid van een product wordt getest door mechanische wrijving aan te brengen. Er zijn verschillende testprocedures, maar de vereiste is altijd dat er geen zichtbare beschadigingen zijn na de test (geen krassen).
- **Hechting** (kleefkracht): slechte hechting geeft delaminatie van de verschillende lagen van het substraat. Voor bijvoorbeeld sanitaire producten die blootgesteld kunnen worden aan allerlei chemicaliën is het voor levensduur en esthetische aspecten belangrijk dat de coating niet onthecht. Voor het testen hiervan kan bijvoorbeeld zelfklevende tape worden gebruikt i.c.m. sneden in het materiaal.
- **Bestand tegen chemicaliën** (chemische resistentie): Schoonmaakmiddelen kunnen agressief zijn en reageren met het product. Bijvoorbeeld witgoed kan worden schoongemaakt met bleekmiddel (chloor), waterstofperoxide of soda. Over het algemeen gaan coatings die niet goed bestand zijn tegen deze middelen corroderen.
- **Substraat comptabiliteit:** De beschermende coating moet toepasbaar zijn op het substraat. Soms is hier nog wel een substraat-afhankelijke voorbereiding voor nodig.
- Consistente **kleur** (esthetisch): dezelfde producten met een zelfde proces gemaakt moet dezelfde kleur hebben en langere tijd houden. Afwijkende tinten zijn niet wenselijk. Oftewel, een uniforme kleur en glans over volledige levensduur product belangrijk.
- De esthetische '**look**' ('surface appearance'): Het oppervlak van het product moet vrij zijn van zichtbare en voelbare defecten (zoals pitten, scheuren of blaren), de consument wil een mooi product. Defecten die minder zichtbaar zijn (voor de consument) worden eerder getolereerd.

Preventie **uitloggen nikkel:** Dit is vooral belangrijk bij drinkwater-toepassingen. Decoratief verchromde objecten hebben vaak een laag nikkel onder de chroomlaag. Deze laag nikkel is belangrijk voor de kwaliteit en verschijning van de top-coating (chroom). Deze parameter is belangrijk wanneer het gecoate product in contact komt met de huid, voedsel of andere materialen die de gezondheid van de consument kunnen beïnvloeden. Producten voor de levering van drinkwater (zoals kranen) zijn gebonden aan nationale en Europese wet- en regelgeving voor de uitloging van nikkel. De onderstaande figuur geeft een typisch



verchromd substraat weer met een nikkel-laag en een koperlaag (wegens het bronzen substraat).



Figuur 1: Schematische weergave (niet op schaal) van een multi-laags systeem van een metallische chroomcoating. (uit 0130-01)

De verschillende sectoren die gebruik maken van verchromen hebben verschillende maatstaven met betrekking tot de functionele en decoratieve eigenschappen van de chroomlaag. De eigenschappen die kwantitatief meetbaar zijn staan in de tabel van Annex III vermeld. Per sector zijn de globale vereisten aangegeven.

Het trivalent verchromen en op PVD gebaseerde processen worden als de meest belovende alternatieven voor het hexavalent verchromen gezien. Dit zijn de Categorie 1 alternatieven. Categorie 2 alternatieven hebben vaak teveel initiële beperkingen om gezien te worden als reëel alternatief. Deze zijn niet verder uitgewerkt. Deze categorie 2 alternatieven zijn satijn en zwart geanodiseerd aluminium, chroom-vrije elektrodepositie, nat lakken, chemische dampdepositie (CVD), diamantlike carbon (DLC), stroomloos vernikkelen, poedercoaten, mineraalzuur etsen, thermomechanische modificatie (e.g. vloeibaar nitreren), polyamide gebruiken (alternatief substraat), roestvrij staal gebruiken (alternatief substraat).

### 7.3.1 Trivalent verchromen (chrom-3 electroplating)

Zie voor een procesomschrijving van trivalent verchromen paragraaf 6.3.1. Het belangrijkste verschil tussen functioneel verchromen en verchromen met decoratief karakter is dat voor verchromen met decoratief karakter ook de esthetische eigenschappen, zoals kleur, essentieel zijn. De kleur van de coating hangt af van de gebruikte chemische samenstelling van het bad. De twee meest gebruikte elektrolyten zijn sulfaat-Cr(III) oplossingen en chloride-Cr(III) oplossingen. De sulfaat oplossingen resulteren in een iets lichtere tint en beter presteren bij nikkel-uitloging. De chloride oplossingen hebben een snellere depositiesnelheid, kunnen gecoat worden in een lichtere en donkere tint en presteren beter bij een corrosietest met zout water.

Als alternatief voor chroom-6 heeft het verchromen met chroom-3 de meeste inspanningen van derde partijen. Het wordt ook al veelvuldig toegepast voor decoratieve producten. Echter is de huidige stand van de techniek nog niet zodanig dat het alle chroom-6 toepassingen adequaat kan vervangen.

Veel aanvragen hebben dezelfde serie testen gebruikt, dit geeft een beperkt beeld over de nieuwste ontwikkelingen. Aangezien deze snel kunnen gaan en er veel organisaties op zoek zijn naar alternatieven voor hexavalent verchromen, kan het zijn dat de resultaten van de testen inmiddels verbeterd zijn. Maar omdat deze nog niet terugkomen in de aanvragen (reviews volgen nog) bekeken voor dit onderzoek kan het zijn dat enkele resultaten (iets) beter zijn dan hieronder weergegeven.

### Samenvatting eigenschappen

Het trivalent verchromen lijkt het meeste op een drop-in alternatief voor hexavalent verchromen. Het verchromingsproces heeft iets andere condities en de gevormde chroomlaag is dunner. Een aantal gewenste eigenschappen zoals substraat verenigbaarheid en hechting worden behaald. Ook blijft de, voor esthetische eigenschappen belangrijke, 'Cool Touch' behouden. Echter zijn belangrijke eigenschappen zoals corrosiebestendigheid, kleurvastheid en chemische resistentie nog onvoldoende gebleken. Onderzoek om het trivalent verchromen op deze punten te verbeteren is volop gaande, met zicht op voldoende potentieel om te verbeteren.

- **Corrosiebestendigheid.** Dit hangt onder andere af van het gebruikte elektrolyt (-oplossing), de onderlaag (koper, nikkel, etc.) en of er nog een passiveringsstap wordt toegepast. Deze is nog als onvoldoende bevonden, maar omdat er veel ontwikkelingen op dit vlak zijn is de verwachting dat de corrosiebestendigheid gaat toenemen van trivalent verchromen.
- **Slijtvastheid / slijtweerstand.** Deze is nog onvoldoende bevonden in het algemeen. Voor verchromde plastic producten lijkt het wel voldoende, maar voor sanitaire toepassingen wordt het nog als onvoldoende beschouwd.. Trivalent verchromen heeft een lagere hardheid dan hexavalent verchromen.
- **Hechting (kleefkracht).** Voor alle toepassingen wordt dit als voldoende bevonden.
- **Bestand tegen chemicaliën (chemische resistentie).** Trivalent verchromde objecten lijken nog niet goed bestand tegen zure schoonmaakmiddelen. Het type elektrolyten gebruikt heeft invloed op het resultaat.
- **Substraat compatibiliteit.** Voor zowel plastics als metalen (brons, koper) is dit als voldoende aangemerkt.
- **Consistente kleur.** Een ongewenste geelbruine kleur kan ontstaan, onafhankelijk van de gebruikte elektrolyt . Dit komt door lichte vervuiling in het bad. Het meer frequent vernieuwen van het bad of installatie van een ionenwisselaar en een behandeling met actieve kool kan dit probleem verhelpen. Trivalent verchromen laat nog een donkere verkleuring zien in testen. Met een sulfaat bad wordt een betere kleurconsistentie gehaald dan met een chloride bad. Er wordt voldoende potentie voor het optimaliseren van kleurconsistentie gezien.
- **Esthetische eigenschappen.** Verchromen met trivalent chroom lijkt een gladdere depositie te geven dan bij hexavalent verchromen. Ook kan de 'Cool Touch' behouden blijven.
- **Preventie uitloggen nikkel.** Door de lagere corrosiebestendigheid (dan verchromen met Chroom-6 is er meer potentie voor nikkel-uitlogging. Het gebruik van een chloride bad

geeft betere prestaties dan het gebruik van een sulfide bad.  
Goede lange-termijn testen zijn nog nodig hiervoor.

Verder is de elektrische geleidbaarheid goed. De reflectie (absorptie), is wel minder ten opzichte van hexavalent verchromde objecten. Dit heeft invloed op (hoog)technologische toepassingen.

### 7.3.2 *Fysische dampdepositie (PVD)*

PVD is een algemene naam voor een verscheidenheid van vacuümprocessen. Het is een fundamenteel andere techniek dan electroplating en etsen als voorbehandeling is niet noodzakelijk. De laagdikte van PVD coatings ligt over het algemeen tussen de 0.1 en 0.5  $\mu\text{m}$ . Verschillende laagdiktes (bijv. 0.5 en 0.25  $\mu\text{m}$ ) leiden tot verschillende eigenschappen. Zie voor een beschrijving PVD hoofdstuk 6.3.3

Voor het functioneel verchromen met decoratief karakter worden vooral twee processen genoemd. Ten eerste PVD metaal, waarbij met vacuümdepositie een chroom- of aluminiumlaag wordt aangebracht op het substraat. De tweede is een methode waarbij eerst een laklaag wordt aangebracht, vervolgens de PVD laag en eventueel daarop volgend nog een toplaag. Beide systemen starten met een initiële laklaag. Voorbeelden van typische PVD coatings, welke zowel stand-alone als PVD laag of als een laklaag + PVD systeem kunnen worden toegepast zijn: titanium nitride (TiN), titanium koolstof nitride (TiCN), titanium aluminium nitride (TiAlN), chroomnitride (CrN) en zirconium nitride (ZrN), of op carbide gebaseerd zoals tungsten carbide (WC), zirconium carbide (ZrC), zirconiumoxide carbide, silicium carbide (SiC), titanium carbide (TiC). Verschillende coatings geven verschillende kleuren (bijv. goud, zilvergrijs, antraciet) en hebben een verschillende microhardheid (tussen 2200-3300 HV). De coating temperatuur ligt grotendeels in de range van 180-450°C.

- **Samenvatting eigenschappen – PVD metalCorrosiebestendigheid.** In het algemeen geldt dat er een verhoogde kans op corrosie is voor aangebrachte metaal lagen van verschillende materialen. De corrosiebestendigheid voldoet nog niet aan de voorwaarden.
- **Slijtvastheid.** PVD gecoate substraten laten afhankelijk van de laagdikte schade zien bij mechanische stress. Wordt nog als onvoldoende gezien.
- **Adhesie.** Hiervoor worden geen kritische beperkingen verwacht.
- **Bestand tegen chemicaliën.** Dit is onder andere afhankelijk van laagdikte. Verder verschilt het per type coating en het gebruikte systeem. Maar bij correcte instellingen is de verwachting dat PVD coatings kunnen voldoen. Hier zijn nog wel verdere ontwikkelingen voor nodig.
- **Substraat.** Plastics en metalen kunnen worden gecoat met PVD, Plastic substraten zijn temperatuurgevoelig en worden behandeld op lagere temperatuur.
- **Temperatuur.** Over het algemeen is het temperatuurbereik voor de meeste toepassingen in orde. Maar het hangt sterk af van de gebruikte PVD coating. Wordt nog niet in alle gevallen als voldoende beschouwd.

- **Kleurvastheid.** De kleur wordt bepaald door het metaal dat met PVD is aangebracht. PVD chroom wordt voor de kleur als het meest veelbelovend gezien. Gezien het technisch vrij complexe PVD proces is veel ervaring en expertise nodig om dezelfde tinten kleuren te krijgen bij dezelfde fabriek. In het geval van verschillende leveranciers wordt dit uitvergroott.

Het uiterlijk van de oppervlakte en het verdragen van zonlicht lijken geen limiteringen te geven, maar wordt pas getest als de hoofdeigenschappen, zoals corrosiebestendigheid, voldoende blijken. Nikkel uitloging is alleen relevant als er een nikkel-laag aanwezig is (dit is soms het geval, en dan zijn verdere testen nodig). Het proces van PVD vergt aanpassing van instellingen voor elk verschillend onderdeel dat gecoat moet worden. Hierdoor kunnen PVD machines goed ontworpen worden voor een bepaald onderdeel, maar vervolgens veel van geproduceerd kan worden. Voor bijvoorbeeld de sanitair industrie is dit niet gewenst, want daar worden veel verschillende typen onderdelen in lage hoeveelheden gecoat.

### **Samenvatting eigenschappen – laklaag + PVD + toplaag**

De toplaag is een metallisch aluminium of een metallische chroom coating.

- **Corrosiebestendigheid.** Systemen met een laklaag + PVD (+toplaag) zijn zeer gevoelig voor corrosie door het binnendringen van vocht tussen de lagen. Hierdoor is het de corrosiebestendigheid nog als onvoldoende gebleken bij testen.
- **Slijtvastheid.** Een toplaag heeft een mindere slijtvastheid dan een metallische chroomlaag. Momenteel is deze nog onvoldoende.
- **Adhesie.** Voor de adhesie worden geen kritische beperkingen verwacht.
- **Bestand tegen chemicaliën.** Sommige laklaag + PVD + toplaag coatings zijn beter bestand tegen huishoud-chemicaliën dan andere. De buitenste (lak)laag bepaalt de functionaliteit in dit geval.
- **Substraat.** Zowel metalen als plastics kunnen deze behandeling ondergaan, al ligt de focus op plastic (ABS) substraten. Een chemische voorbehandeling is niet nodig.
- **Temperatuur.** Temperatuurverandering heeft invloed op de coating en er is meer onderzoek nodig om de gewenste eigenschappen te behalen.
- **Kleurvastheid.** Deze coating heeft een heldere chroom-achtige look. De esthetische eigenschappen en helderheid van de coating is echter minder dan bij de chromium trioxide elektrodepositie. Ook de kleurvastheid is laag.

Het uiterlijk van de coating hangt grotendeels af van de buitenste (lak)laag. Met een buitenste laag van PVD chroom wordt het esthetisch als voldoende beschouwd, al is er door de dunne PVD laag geen echt metaal-gevoel. Nikkel uitloging is niet relevant bij dit systeem. Voor het verdragen van zonlicht worden geen belemmeringen verwacht. Voor het proces geldt hetzelfde als metaal – PVD coatings, optimalisatie is door de aard van het proces niet altijd mogelijk bij veel verschillende onderdelen met kleine volumes.

### 7.3.3

#### *Alternatieven in de wapenindustrie*

De wapenindustrie is een aparte categorie. Naast een aantal zelfde gewenste eigenschappen als consumenten-industrieën heeft de wapenindustrie aanvullende sterkere functionele en specifiekere eisen. Daarom wordt een aantal alternatieven kort apart beschouwd.

##### Alternatief 1

Stroomloos vernikkelen met (hoge) fosfor (ook bekend als Kanigen stroomloos nikkel). Deze techniek produceert een depositie van een nikkel-fosfor coating. De 'hoge' staat voor de concentratie fosfor in de coating. Een hogere concentratie zorgt voor een verminderde hardheid, maar een sterk verbeterde corrosiebestendigheid. Op het moment van indienen van het verzoek is nog verder onderzoek nodig of dit alternatief op grotere schaal ontwikkeld kan gaan worden (voor de specifieke aanvrager).

##### Alternatief 2

Atmospheric plasma spraying: MCrAlY // vuurvaste oxides.  
Bij dit proces wordt een poeder nabij het smeltpunt geprojecteerd op het substraat. De grootste belemmering is het verkrijgen van goede hechting op staal-substraten. Er kan een zeer hoge hardheid en corrosiebestendigheid verkregen worden. De producten zijn daarentegen zeer gevoelig voor impacts.



## 8 Nabehandelingen met chroom

### 8.1 Gebruikte processen

#### 8.1.1 *Sealen na anodiseren*

Na het anodiseren van een oppervlak ontstaat een poreuze oxidelaag. Deze coating geeft op zichzelf onvoldoende corrosiebestendigheid voor de lange termijn. Als nabehandeling in het anodiseringsproces worden de microporiën gedicht. Deze sealing stap dient gecontroleerd te gebeuren om goede hechting van navolgende verf- en laklagen te garanderen.

Het sealen van een oxidelaag vindt meestal plaats in een waterige chromaatoplossing, vlak onder kookpunt. Voor sommige toepassingen kan ook heet water of zouten van andere metalen gebruikt worden. Chromtrioxide oplossingen die worden gebruikt voor conversie coating kunnen ook worden toegepast voor sealen na anodiseren.

Tijdens het sealing proces slaan chromtrioxide of chromaten en hydroxiden neer in de poriën van de geanodiseerde oxidelaag en worden gehydrateerd. In een laatste processtap wordt het oppervlak blootgesteld aan heet water. Hierdoor wordt het metaaloxide oppervlak gehydrateerd en sluiten de microporiën, waardoor de chroomstructuren ingesloten worden.

#### 8.1.2 *Passiveren van metallische coatings*

Het passiveren van metallische coatings is de toepassing van chromaten (CCC, §5.1.1) op substraten met een cadmium coating. Door de aanwezigheid van een cadmium ondercoating wordt de corrosiebestendigheid verder verhoogd, en is er sprake van een goede geleiding. Deze combinatie wordt met name toegepast op specifieke connectoren in de lucht- en ruimtevaart.

### 8.2 Analyse van alternatieven voor nabehandelingen

#### 8.2.1 *Alternatieven voor sealen na anodiseren*

##### **Silaan/siloxaan en sol-gel coatings**

Deze techniek is eerder behandeld in §5.2.1. Als toepassing voor sealen na anodiseren gelden dezelfde beperkingen, al is de elektrische geleiding geen kritieke eigenschap bij een nabehandeling. De corrosiebestendigheid is minder dan bij gebruik van chroom-6 verbindingen.

##### **Oppervlaktebehandeling met trivalent chroom**

Het sealen met gebruik van chroom-3 structuren komt overeen met het chroom-6 proces, en wordt binnen de luchtvaartindustrie al gebruikt voor specifieke toepassingen. Het grootste verschil zit in de samenstelling van de baden, en het gebruik van extra apparatuur. De stoffen die hiervoor gebruikt kunnen worden zijn gebaseerd op sulfaat en fluoride. De verkregen corrosiebestendigheid is met gebruik van chroom-3 aanzienlijk minder dan bij chroom-6. Na sealing met chroom-3 blijft het oppervlak enigszins poreus. Naast de verminderde corrosiebestendigheid van chroom-3 structuren op zich,

zorgt deze porositeit voor verhoogde corrosiegevoeligheid. Uit onderzoek is gebleken dat de resterende poriën gesloten kunnen worden zonder gebruik van chroom-6. Op dit twee-staps proces berust een patent, en verder onderzoek wordt nog gedaan.

### **Sealing met heet water**

Het geanodiseerd oppervlak wordt gedompeld in kokend, gedeïoniseerd water.

Er wordt gehydreerd aluminium oxide gevormd, welke in de poriën neerslaat als een gel. Deze reactie kan worden gestuurd door diffusie, pH en chemische samenstelling van de oplossing. Bij een oplopende pH condenseert de gel, en vult de poriën in kristallijne vorm.

Om het proces beter te laten verlopen, kunnen verschillende additieven worden toegevoegd. Vanwege de aard van de reactie is dit alternatief alleen toe te passen op geanodiseerd aluminium en amalgamen hiervan. De corrosiebestendigheid is met gebruik van dit alternatief aanzienlijk minder dan bij sealen met chroom-6 structuren. De resultaten zijn sterk afhankelijk van de kwaliteit van de onderliggende geanodiseerde laag. Op laboratoriumschaal zijn goede resultaten behaald op een coating gevormd met zwavelzuur.

De kwaliteit van het bad is lastig constant te houden. Ook wordt de toplaag snel te glad, waardoor verven en lakken niet goed meer hechten.

### **Nikkel acetaat en nikkel fluoride**

De toepassing van nikkel acetaat is gebaseerd op een ander principe dan chroom-6 processen. Nikkel acetaat vormt een barrière over de poriën in de geanodiseerde laag, en levert geen chemische remming van corrosievorming. Nikkel acetaat wordt toegepast als toplaag over gekleurde geanodiseerde lagen, en als maskeermiddel voor vervolgoatings.

Nikkel fluoride is in het verleden vaak onderzocht vanwege de mogelijkheid bij kamertemperatuur te sealen. Nikkel acetaat en nikkel fluoride zijn carcinogeen en reprotoxisch, en toepassing van deze alternatieven resulteert niet in een veiliger gebruik.

### **Sealing gebaseerd op zirconium**

In de laatste jaren is een nieuwe generatie milieuvriendelijke conversie coatings op basis van zirconium oxiden ontwikkeld. Deze structuren binden aan het substraat middels een reactie met protonen aan het oppervlak. Zirconium oxiden vertonen goede corrosiebestendigheid en slijtvastheid. Ook kunnen deze conversie coatings bij lagere temperatuur worden aangebracht. De toepassing van zirconium oxiden is met name op aluminium en magnesium, en de amalgamen hiervan.

Producten die gebaseerd zijn op fluorozirconium zuur worden onderzocht als alternatieven voor het sealen van geanodiseerde lagen in de luchtvaartsector. Er is een patent op een chroomvrije conversie coating, specifiek voor aluminium. Het onderzoek richt zich nu op de toepassing van deze techniek op geanodiseerde onderlagen.

## **8.2.2**

### *Alternatieven voor passiveren van metallische coatings*

De alternatieven die onderzocht worden voor de passivering van metallische coatings zijn veelal identiek aan die voor chromateren. Er zijn enkele autorisatieverzoeken goedgekeurd met als specifieke



toepassing het passiveren van cadmium gecoate connectoren. In de bijbehorende analyses van alternatieven worden vooral bedrijfsspecifieke methoden naar voren gebracht, en deze zijn dan ook grotendeels vertrouwelijk.



## 9 Gebruik van chroom in verf en primers

De toepassing van chroom in verf en primers is in het verleden veelvuldig onderwerp geweest van discussie en zorg (Rijkswaterstaat 2020, SZW 2019). Alhoewel deze coatings in het verleden veelvuldig werden toegepast, is het gebruik hiervan aanzienlijk afgenomen (RIVM 2020). Vanuit het oogpunt van onderzoek naar geschikte alternatieven is dit, ondanks het wijdverbreide gebruik, een zeer smalle toepassing. Er zijn slechts enkele autorisaties verleend voor het gebruik van chroom in verf en primers. Door de vaak commerciële achtergrond van verfproducenten is er bovendien weinig bekend over de gebruikte alternatieven.

### 9.1 Toepassingen

Chroomverbindingen worden in verven, primers en coatings gebruikt wegens de corrosiewerende werking. Anders dan bij oppervlaktebehandelingen blijft bij deze toepassingen chroom-6 aanwezig op het oppervlak. Aangezien particulieren in contact zouden kunnen komen met een behandeld oppervlak, wordt chroom-6 in verf of coating tegenwoordig vrijwel uitsluitend gebruikt voor toepassingen binnen defensie, lucht- en ruimtevaart, en de maritieme sector (RIVM 2020). Gemiddeld bevat het coatingmateriaal <10% Chroom-6 w/w.

Loodchromaten worden gebruikt als geel of rood pigment. Binnen deze groep stoffen lopen er nog enkele autorisaties, andere zijn verlopen zonder vernieuwing. Hierdoor is het aannemelijk dat er voor de pigmenten alternatieven beschikbaar zijn en gebruikt worden. Chromaten als pigmenten zijn dan ook verder niet opgenomen in deze inventarisatie.

Chroomverbindingen kunnen op verschillende manieren in verf en primers worden toegepast.

- Washprimer. Een dunne grondverf die de oppervlakte van een substraat passivert door neutralisatie van metaalhydroxiden en/of het etsen van het oppervlak. Hierna kan een verf of topcoat worden aangebracht.
- Tankprimer. De chroomverbinding wordt aan de brandstof toegevoegd om de binnenkant van een brandstoftank te beschermen tegen corrosie.
- Gealumineerde primer. Dient om corrosiebestendigheid te verhogen, beter bestand te maken tegen hoge temperaturen en een aluminium uiterlijk te geven.

De chroom-6 houdende verven en primers hebben de volgende kritieke eigenschappen.

- Corrosiebestendigheid / actieve corrosieremming
- Goede adhesie vervolglagen
- Bestand tegen chemicaliën
- Bestand tegen hoge temperaturen
- Laagdikte
- Compatibiliteit met sealers en coatings

De onderzochte alternatieven dienen voor deze eigenschappen geen mindere resultaten te geven dan de chroom-6 verbindingen. Hierbij is de corrosiebestendigheid de belangrijkste eigenschap.

## **9.2 Analyse van alternatieven voor verven en coatings**

Over het algemeen bestaan primersystemen uit een actieve corrosieremmer, een bindingsmatrix (zoals epoxy of polyurethaan), een katalysator en een verdunningsmiddel. De werkzaamheid van een primersysteem is afhankelijkheid van de interactie tussen al deze componenten. Ook bij de analyse van alternatieven voor verven en primers wordt onderscheid gemaakt tussen categorie 1 (vroeg stadium van onderzoek, niche-toepassingen, geringe kans van slagen) en categorie 2 alternatieven (alleen experimentele data, voldoen nog niet aan technische vereisten of leveren een hoger risico). Ook sol-gel coatings worden onderzocht als alternatief primersysteem (zie 5.2.1). Toepassing specifieke resultaten zijn hiervan niet bekend.

In categorie 1 vallen onder meer primersystemen gebaseerd op calcium, fosfaat en magnesium. De ontwikkeling van alternatieve verven en primers ligt over het algemeen bij specialistische bedrijven, en niet bij de aanvragers die de verf uiteindelijk gebruiken. Hooguit wordt bij deze laatste partijen het primersysteem samengesteld. Als gevolg is er weinig informatie beschikbaar over de identiteit van de corrosieremmende component, dit is doorgaans confidentiële informatie. De algemene indruk is dat er het einde van de review periodes alternatieve primersystemen op grote schaal ontwikkeld zijn.

## 10 Corrosieremmer in koelsystemen

De corrosieremmende werking van chromaatverbindingen wordt onder meer gebruikt in ammonia absorptie koelsystemen (AAC). Hiervoor zijn slechts enkele autorisatieverzoeken ingediend. Bij twee van deze verzoeken zijn Nederlandse bedrijven autorisatiehouder.

De koelsystemen zijn gemaakt van koolstofstaal. Het aanwezige water/ammonia koelmengsel heeft een corroderende werking op het koolstofstaal, zeker bij hogere temperaturen. Om lekkage van ammonia te voorkomen is een corrosieremmer in deze systemen vereist.

De systemen zijn gesloten, en ongeveer 30 kg chromaatverbinding per jaar per systeem is nodig om corrosie te voorkomen. De chromaatverbinding wordt gehydrolyseerd, waarbij chromaat gevormd wordt ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ). Het chromaat wordt gereduceerd naar chroom-3, waarbij een beschermingslaag op het metaaloppervlak wordt gevormd. Deze laag bestaat uit chroom-3, geoxideerd ijzer en zuurstof.

De volgende alternatieven zijn bestudeerd:

- Vervangende technologie, zoals een dampcompressie koelsysteem. Hierbij is geen corrosieremming vereist.
- Vervanging van corrosiegevoelige onderdelen
- Alternatieve corrosieremmer

Alternatieve koelsystemen worden al veelvuldig gebruikt, en zijn breed verkrijgbaar. Dit alternatief heeft dan ook de voorkeur van de aanvragers.

In het geval van dit autorisatieverzoek is er een technisch geschikt alternatief beschikbaar. De levensduur van de huidige installaties is nog meer dan 10 jaar. Om ten tijde van het autorisatieverzoek nieuwe installaties te plaatsen is economisch niet haalbaar.

Naast toepassing in grote, industriële AAC's, werden chromaatverbindingen ook toegepast in de koelsystemen van kleinere apparaten, zoals minibars en camper-koelkastjes. Het implementeren van een alternatief kan bij deze apparatuur op kortere termijn plaatsvinden. Bij het autorisatieverzoek was voor deze kleinere systemen het voornemen tot substitutie uitgesproken, en inmiddels maken deze systemen geen gebruik meer van chromaatverbindingen voor corrosieremming.



## 11 Alternatieven buiten de autorisatieverzoeken

Het is niet mogelijk om in dit rapport een uitputtend overzicht te geven van alle mogelijke alternatieven voor de verschillende toepassingen van chroom. Veel informatie is vertrouwelijk of in een vroeg stadium van onderzoek. Hieronder staat een impressie van informatie met betrekking tot alternatieven wat buiten de autorisatieverzoeken te vinden is.

### 11.1 Openbare consultatie (hard)verchromen

Na het indienen van de aanvraag voor autorisatie organiseert ECHA een publieke consultatie. Deze openbare raadpleging duurt acht weken, en begint wanneer ECHA de uitgebreide informatie over het gebruik waarvoor een aanvraag wordt ingediend op de website publiceert. Hierbij wordt de uitnodiging gedaan aan belanghebbenden (leveranciers van alternatieve stoffen of technologieën, burgers, NGO's) om informatie te verstrekken over mogelijke alternatieve stoffen of technologieën voor iedere toepassing waar een autorisatie voor wordt gevraagd. De aanvrager krijgt vervolgens de kans om publiekelijk te reageren op eventuele opmerkingen.

Bij de analyse van de binnengekomen stukken tijdens de publieke consultaties is gebleken dat er sprake is van drie soorten commentaar.

1. Steun voor het verlenen van autorisatie, vaak door afnemers of opdrachtgevers.
2. Argumentatie tegen het verlenen van autorisatie, bijvoorbeeld door NGO's
3. Informatie over mogelijke alternatieve stoffen of technologieën

De meeste commentaren vallen in de eerste twee categorieën.

Wanneer informatie over mogelijke alternatieve stoffen of technologieën wordt bestudeerd, valt het op dat het doorgaans gaat om een aanvulling op de door de aanvrager geleverde alternatieven. Met name het trivalent verchromen wordt vaak als mogelijk alternatief aangevoerd.

De gebruiksgroepen hardverchromen en verchromen met decoratief karakter zijn de enige groepen waarvoor alternatieven zijn aangedragen door derde partijen. Hierbij gaat het om variaties op alternatieven die door de aanvrager onderzocht worden, zoals thick CVD, micro-PVD, DLC (CVD), cold liquid carbon nitriding. Ook komt het voor dat een nog te patenteren techniek wordt aangedragen. De onderliggende gegevens hiervan zijn doorgaans niet openbaar, en een vergelijking is in deze inventarisatie dan ook niet te maken.

### 11.2 Externe openbare informatie

Veel informatie over de onderzochte alternatieven is te vinden op het openbare domein, waardoor het mogelijk is een gevoel te krijgen voor de trend van het onderzoek. Bedrijven die (hard)verchromen commercieel aanbieden adverteren met chroom-3 technieken. Ook chromateren wordt chroom-6-vrij uitgevoerd. Het Massachusetts

Institute of Technology (MIT) heeft online lezingen en filmpjes gepubliceerd om het recente onderzoek naar PVD en CVD te promoten.

Alhoewel deze openbare informatie het gevoel geeft dat er chroom-6-vrije technieken beschikbaar zijn, zijn de gegevens niet concreet. Er is geen informatie beschikbaar over de specifieke substraten die behandeld worden, of de sectoren die de substraten gaan gebruiken (en daarmee de sectorspecifieke wet- en regelgeving). Ook is niet bekend wat de kritieke eigenschappen van de gevormde coating zijn, of welke verdere (chrom-6) stappen er in het totaalproces gebruikt worden.

Om aan te kunnen geven welke alternatieven in de toekomst chroom-6 gaan vervangen is meer concrete informatie nodig. Het valt buiten de scope van deze inventarisatie om al het huidige onderzoek uit te vragen, waarbij het vaak ook om vertrouwelijke informatie gaat. Vaak wordt technisch onderzoek gepatenteerd, wat vervolgens (deels) openbaar wordt gemaakt. Door weergave van het aantal patenten dat sinds 2015 is geregistreerd op het gebied van alternatieven voor (hard)verchromen wordt een beeld geschetst van recente onderzoeksinspanningen. Omdat patenten inhoudelijk beoordeeld worden op techniek, originaliteit en claim, geeft dit een accuraat beeld van technieken waar de nadruk in onderzoek op ligt. Dit overzicht wordt hieronder weergegeven.

Aantallen patenten vanaf 2015 per alternatief voor (hard)verchromen.

Trivalent verchromen	7500-8000
CVD	3000-3500
PVD	3500-4000
HVOF	200-250
Thermal spray	500-800
Vernikkelen	N/A
Oppervlakteharden	1500-2000



## 12 Discussie en conclusie

### 12.1 Doel en aanpak inventarisatie

Het doel van de inventarisatie zoals beschreven in dit rapport is een overzicht te presenteren van mogelijke alternatieven voor het gebruik van chroom-6. Hiervoor is gebruik gemaakt van openbare informatie, gepresenteerd in ondersteunende rapporten bij autorisatieverzoeken voor chroom-6 toepassingen. De inventarisatie bestond uit de volgende onderdelen:

1. De groepering van Chroom-6 toepassingen waarvoor een autorisatie is aangevraagd. Dit leidde tevens tot een groepering van het soort alternatieven.
2. Het per groep inventariseren en analyseren van door de aanvragers onderzochte alternatieven. Deze analyse leidt tot een overzicht van stoffen en methoden die door de industrie onderzocht zijn als mogelijke vervanger voor chroom-6 toepassingen. Ook geeft dit overzicht inzage in mogelijke technische problemen en tekortkomingen van de alternatieven, economische gevolgen, voornemens tot toekomstig onderzoek en het risiconiveau van deze alternatieve processen.
3. Het inventariseren van alternatieven die tijdens beoordeling van het autorisatieverzoek door derde partijen naar voren zijn gebracht. Deze inventarisatie heeft in enige mate inzicht gegeven in de alternatieven die in de toekomst de focus van onderzoek zullen zijn, of die nu naar alle waarschijnlijkheid al worden toegepast.
4. Het duiden van toekomstige substitutie mogelijkheid. Naast de informatie die beschikbaar is in de autorisatieverzoeken, is hiervoor gekeken naar patenten uit de laatste 5 jaar en commerciële, openbare informatie op internet.

### 12.2 Overzicht van onderzochte alternatieven voor chroom-6 toepassingen

De huidige inventarisatie heeft geresulteerd in een overzicht van alternatieven voor chroom-6 toepassingen die onderzocht zijn ten tijde van de autorisatieverzoeken. Dit overzicht is weergegeven in de onderstaande tabellen 4-7. Tevens is in dit overzicht aangegeven welke alternatieven in de laatste 5 jaar ontwikkelingen hebben doorgemaakt, voor zover bekend. De alternatieven waarvan kan worden verwacht dat ze op grote schaal zullen worden toegepast zijn gemarkeerd.

Tabel 4: Onderzochte alternatieven voor voorbehandelingen met chroom-6

<b>Voorbehandeling met chroom-6</b>		
<b>Alternatief</b>	<b>Proces</b>	<b>Bijzonderheden</b>
		Algemeen: het alternatief dat gebruikt wordt voor de voorbehandeling is sterk afhankelijk van de hierop volgende processen
*Anorganische zuren	Etsen, deoxideren	Met name salpeterzuur en waterstoffluoride
*Kalium permanganaat (KMnO <sub>4</sub> )	Etsen van plastics	Veelvuldig gebruikt als voorbehandeling voor decoratief verchromen
*Waterstofperoxide geactiveerd benzylalcohol (met zuur)	Strippen van verf	
Gesmolten zouten	Etsen	Hoge incidentgevoeligheid, geen grote toepassingen verwacht
*Stralen	Etsen, strippen	

Tabel 5: Onderzochte alternatieven voor oppervlaktebehandelingen met chroom-6

<b>Oppervlaktebehandelingen met chroom, uitgezonderd (hard)verchromen</b>		
<b>Alternatief</b>	<b>Proces</b>	<b>Bijzonderheden</b>
Anorganische zuren	Chromateren (CCC)	Geen elektrische geleiding Verandering dimensies substraat Geen bescherming tegen corrosie Geschikt voor substraten die nog worden geverfd
	*Anodiseren met chroomzuur (CAA)	In de luchtvaartindustrie wordt nog chroom-6 gebruikt, verder is dit vervangen door gebruik van met name zwavelzuur
Silaan/siloxaan en sol-gel coatings	Chromateren (CCC)	Geen elektrische geleiding Geen bescherming tegen corrosie Dimensies substraat blijven gelijk Geschikt voor substraten die nog worden geverfd
*Chroom-3	Chromateren (CCC)	Geen actieve corrosieremming Proces lastig te sturen Veel patenten gericht op het stabiel houden van het bad

Tabel 6: Onderzochte alternatieven voor (hard)verchromen

<b>Functioneel verchromen en verchromen met decoratief karakter</b>		
<b>Alternatief</b>	<b>Bijzonderheden</b>	<b>Patenten sinds 2015, gericht op (hard)verchromen</b>
*Chroom-3	Drop-in alternatief Volgens externe bronnen al veelvuldig toegepast	7500-8000
CVD	Niet geschikt voor zeer grote onderdelen of reparaties Goed alternatief voor grote batches kleine onderdelen Variaties als DLC worden nog onderzocht	3000-3500
*PVD	Line-of-sight methode: complexe vormen niet mogelijk Niet geschikt voor zeer grote onderdelen of reparaties	3500-4000
HVOF	Zeer geschikt voor reparaties Inefficiënte methode door overspray Voor- en nabehandeling vereist voor goede resultaten Minder geschikt voor grote oppervlakken	200-250
Thermal spray	Niet geschikt voor hittegevoelige substraten Inefficiënte methode door overspray	500-800
Vernikkelen	Gewenste eigenschappen van het eindproduct zijn lastig te sturen Nikkel wordt verdacht van carcinogeniteit	N/A
Oppervlakteharden	Niet geschikt voor hittegevoelige substraten Geen bescherming tegen corrosie Sterke verhoging hardheid van het substraat	1500-2000

Tabel 7: Onderzochte alternatieven voor nabehandelingen met chroom-6

<b>Nabehandeling met chroom-6</b>		
<b>Alternatief</b>	<b>Proces</b>	<b>Bijzonderheden</b>
		Algemeen: Voor het sealen na anodiseren is het onderzoek vooral gericht op vervanging van het gehele proces. Hierbij ligt de nadruk op de voorgaande processtappen.
Silaan/siloxaan en sol-gel coatings	Sealen na anodiseren	Geen corrosiebescherming Geschikt voor substraten die nog worden geleverd
	Passiveren van metallische coatings	Geen elektrische geleiding Geen corrosiebescherming
*Chroom-3	Sealen na anodiseren	Drop-in alternatief Geen actieve corrosieremming
	Passiveren van metallische coatings	Drop-in alternatief Additieven noodzakelijk, vertrouwelijk
Sealing met heet water	Sealen na anodiseren	Wordt al toegepast, is niet overal geschikt voor
Nikkel acetaat en nikkel fluoride	Sealen na anodiseren	Nikkel wordt verdacht van carcinogeniteit
Zirconium-sealings	Sealen na anodiseren	Vroeg stadium van onderzoek voor brede toepassingen
Anorganische zuren	Passiveren van metallische coatings	Geen elektrische geleiding Verandering dimensies substraat (met name bij connectoren) Geen bescherming tegen corrosie

### 12.3 Overwegingen met betrekking tot de inventarisatie

Vanwege een aantal redenen levert de analyse van REACH autorisatieaanvragen een overzicht met beperkte volledigheid omtrent de substitutie mogelijkheden van Chroom-6.

- De bestudeerde autorisatieverzoeken, analyses van alternatieven en RAC/SEAC opinies zijn voor de meeste toepassingen enkele jaren oud. Tussen de analyse van alternatieven en de publieke consultatie zit bij enkele verzoeken meer dan een jaar, wat zichtbaar wordt in de genoemde technieken. Alhoewel de mogelijkheden van de onderzochte technieken destijds accuraat waren, is er in de tussentijd verdere ontwikkeling geweest. De huidige stand van zaken is mede door de bedrijfsvertrouwelijke aard niet volledig in kaart te brengen. Alhoewel de Commissie de mogelijkheid heeft om in uitzonderlijke gevallen tussentijds informatie op te vragen, is er geen verplichting om het

autorisatiedossier tijdens de looptijd bij te werken met nieuwe onderzoeksresultaten.

- Meerdere vroege autorisatieverzoeken zijn zeer breed opgezet, en omvatten veel toepassingen. Bij de analyse van mogelijke alternatieven is er onderzocht of er voor alle toepassingen gebruik kon worden gemaakt van dit alternatief. De substitutiemogelijkheden voor kleinere, meer specifieke toepassingen worden in de analyserapporten niet nader belicht.
- Een upstream autorisatie omvat een analyse van alternatieven, welke representatief hoort te zijn voor alle downstream gebruikers. In de verschillende rapporten is dit middels een consultatie uitgevraagd. Bij deze consultaties hebben niet alle downstream gebruikers gereageerd. Van de gebruikers die wel gereageerd hebben, is niet bekend of alle alternatieven getest zijn. Het is ook mogelijk dat downstream gebruikers zelf initiatieven ondernemen om alternatieven te ontwikkelen.
- Aanvragers hebben de mogelijkheid in de openbare analyse van alternatieven bedrijfsvertrouwelijke informatie weg te laten. De resultaten van studies worden genoemd, maar de identiteit van het alternatief is onbekend. Dit wordt met name gezien bij kleinere bedrijven, die specialistische diensten aanbieden.
- Autorisatiehouders voor toepassingen van Chroom-6 zijn niet altijd de eindgebruikers, en dus niet de partij die beoordeelt of een product aan de technische vereisten voldoet. Met name het (hard)verchromen van substraten wordt veelvuldig uitbesteed. De ongeschiktheid van een alternatief door bezwaren van de afnemer wordt regelmatig als reden voor afwijzing genoemd. Hierdoor kan er informatie achterblijven.

## 12.4 Discussie en conclusie

Op dit moment zijn 14 Chroom-6 verbindingen opgenomen in Bijlage XIV van REACH. Globaal worden deze stoffen in de volgende toepassingsgroepen gebruikt:

1. Voorbehandelingen met Chroom-6
2. Oppervlaktebehandelingen met chroom, uitgezonderd (hard)verchromen
3. Hardverchromen
4. Verchromen met decoratief karakter
5. Nabehandelingen met chroom
6. Gebruik van chroom in verf en primers
7. Overige toepassingen

De huidige inventarisatie is vanuit de gebruiksgroepen ingestoken. De zeven stoffen in Annex I zijn representatief voor deze groepen.

Een eerste bevinding is dat het onderzoek naar alternatieven voor Chroom-6 niet op stofniveau kan plaatsvinden. Een veelgelezen argument tijdens de openbare consultatie van het autorisatieproces is dat een alternatief alleen een alternatieve stof kan zijn. ECHA hanteert echter de volgende definitie: "Een alternatief is een mogelijke vervanging voor de Annex XIV stof. Het [alternatief] moet in staat zijn de functie te vervangen die de Annex XIV stof heeft. Het alternatief kan een andere stof zijn, of een techniek (e.g. proces, procedure, mechaniek

of aanpassing van eindproduct) of een combinatie van beide". Het uitgangspunt bij de beoordeling van alternatieven is dat het resultaat van de substitutie gelijkwaardig dient te zijn aan dat van het Chroom-6 proces. De identiteit van de gebruikte chroomstructuur is hierbij van ondergeschikt belang. Enkele bekende Chroom-6 verbindingen staan noch in Bijlage XIV, noch in de kandidaatslijst voor autorisatie (o.a. zinkchromaat, calciumchromaat). Het is echter niet waarschijnlijk dat deze verbindingen worden gebruikt in toepassingen die buiten bovengenoemde groepen vallen. De alternatieven in deze inventarisatie zijn dan ook relevant voor de niet geplaatste Chroom-6 verbindingen.

Het inventariseren van mogelijke alternatieven voor Chroom-6 processen geeft geen specifiek beeld voor Nederland. De verantwoordelijk voor het presenteren van alternatieven ligt bij de autorisatiehouder, welke in de meeste gevallen niet Nederlands is. Aangezien er voor enkele van de grote upstream aanvragen nog geen besluit van de Europese Commissie beschikbaar is, blijven veel Nederlandse downstream gebruikers buiten beeld. Het RIVM kan niet inschatten in hoeverre de individuele Nederlandse gebruikers zelf inspanningen leveren om alternatieven te vinden, of deze al gebruiken.

De analyse van autorisatieverzoeken leert dat een alternatief voor Chroom-6 makkelijker gevonden kan worden naarmate de toepassing specifieker is. Breed gedefinieerde toepassingen leiden tot onzekerheden ten aanzien van de beschikbaarheid van alternatieven, en tot discussie bij besluitvorming. In deze autorisatieverzoeken worden alternatieven niet alleen afgewezen wegens het niet voldoen aan technische vereisten, maar met name omdat ze niet geschikt zijn voor alle beschreven toepassingen. De technische geschiktheid van een alternatief wordt bepaald door de aanvrager van de autorisatie, en wordt niet onafhankelijk beoordeeld. Ook al wordt een alternatief voor andere toepassingen al op industriële schaal toegepast, dan kan het nog het geval zijn dat dit alternatief niet tot de gewenste resultaten voor de specifieke toepassing leidt.

Naast discussies tussen lidstaten en de Europese Commissie heeft dit voor een aantal bepalende autorisatieverzoeken geleid tot Resoluties van het Europese Parlement en rechtszaken die op het moment van schrijven van deze publicatie nog aanhangig zijn. In meer recente autorisatieverzoeken is al wel een nadere specificering van toepassingen op te merken, wat de beoordeling van mogelijke alternatieven vergemakkelijkt.

Er is sprake van een lacune in de informatie die beschikbaar is met betrekking tot alternatieven die autorisatiehouders tot hun beschikking hebben. De meest recente informatie is ingediend tijdens het autorisatieverzoek. Alhoewel de Europese Commissie de mogelijkheid heeft om in het geval van belangrijke ontwikkelingen tussentijds informatie op te vragen, is er voor de autorisatiehouders geen verplichting tussentijds informatie te delen met betrekking tot inspanningen om alternatieven te vinden. Informatie met betrekking tot recente ontwikkelingen kan dan ook vooral worden gevonden bij derde partijen die hun gegevens openbaar maken.

Het is opvallend dat er tijdens de publieke consultatie van het autorisatieproces relatief weinig nieuwe alternatieven worden ingebracht, zeker wanneer informatie op openbare domeinen in aanmerking wordt genomen. Hier zijn meerdere oorzaken voor aan te voeren.

In de eerste plaats gaat het vaak om commerciële partijen die de alternatieve technieken hebben ontwikkeld. Het inbrengen van een techniek in een openbare consultatie met een eventuele concurrent kan leiden tot conflicten en verminderde afname. Vervolgens is het de vraag in hoeverre de publieke consultatie in de belangstelling staat van gewenste derde partijen.

Wanneer recente ontwikkelingen op het gebied van Chroom-6 substitutie worden bekeken, moet in het oog worden gehouden dat de technieken weliswaar beschikbaar zijn, en al op industriële schaal gebruikt kunnen worden, maar dat hiermee niet automatisch geschiktheid als alternatief wordt aangetoond. Bij de publieke consultatie in het autorisatieproces wordt dit ook duidelijk. Door derde partijen kunnen alternatieve technieken worden aangedragen, maar hiermee is nog niet bewezen dat deze ook geschikt zijn voor de toepassing in het autorisatieverzoek. Dit kan een aanvullende reden zijn dat derde partijen met alternatieve technieken rechtstreeks contact zoeken met de autorisatiehouders, in plaats van de dialoog met RAC/SEAC op te zoeken.

In de komende tijd zal er veel additionele informatie vrijkomen met betrekking tot alternatieven voor Chroom-6 processen, met name wanneer de eerste review rapporten voor huidige autorisaties worden ingediend. Dit kan resulteren in de mogelijkheid voor verdere verfijning van de huidige inventarisatie. Met het oog op beleidsdoelstellingen met betrekking tot substitutie is het aan te bevelen deze kans te benutten.

Op het gebied van het proces van het signaleren van alternatieven kan worden geconcludeerd dat er verschillende punten zijn die de voortgang belemmeren. Aangezien er geen verplichting is om tussentijds onderzoeksinspanningen openbaar te maken, blijft veel informatie onbelicht. Tevens is het proces voor het aanvragen van autorisatie een gevoelige balans tussen verschillende belangen, waarbij de verantwoordelijkheid en mogelijkheid voor het delen van informatie bij de aanvrager ligt. Aan de ene kant is er de doelstelling de chroom-6 verbindingen zo snel mogelijk te vervangen door veiliger alternatieven of processen. Daarnaast gaat het hierbij om commerciële partijen, en is er sprake van complexe concurrentieverhoudingen.

Het RIVM zou graag zien dat bedrijven meer informatie delen over lopend onderzoek, zodat een actueel beeld ontstaat van de alternatieven voor chroom-6. Dit zorgt ook voor een accuratere risicobeoordeling van een autorisatieaanvraag. Het huidige proces gaat uit van de informatie die de aanvrager bereid is te delen, en is niet ingericht op het onafhankelijk verkrijgen van zoveel mogelijk informatie. Ook de inhoudelijk technische beoordeling van alternatieven ligt op dit moment volledig bij de aanvrager. Gezien de complexe commerciële belangen is het de vraag of dit wenselijk is.

Concluderend kan gesteld worden dat er veel ontwikkelingen zijn op het gebied van alternatieve stoffen en processen voor het gebruik van Chroom-6. Een vermindering in chroom-6 toepassingen is te verwachten bij de eerstvolgende verlenging van verschillende autorisaties, aangezien de beschikbare informatie achterloopt bij de realiteit. De (aanvragen tot) verlenging van autorisaties leiden waarschijnlijk tot registratie van vermindering in het totale gebruik van chroom-6. Tevens kan worden geconcludeerd dat het huidige autorisatieproces niet is ingesteld om een volledig beeld van mogelijke alternatieven te geven.



## 13 Referenties

Arbeidsomstandighedenbesluit. Artikel 4.13, lid a.  
<https://wetten.overheid.nl/BWBR0008498/2020-07-01>

BAuA (2020). Survey on technical and economic feasibility of the available alternatives for chromium trioxide on the market in hard/functional and decorative chrome plating. A. Müller, H. Nicolai, W. Luther. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund.  
<https://www.baua.de/EN/Service/Publications/Report/Gd101.html>

EC (2006). Verordening (EG) nr. 1907/2006 van het Europees Parlement en de Raad van 18 december 2006 inzake de registratie en beoordeling van en de autorisatie en beperkingen ten aanzien van chemische stoffen (REACH), tot oprichting van een Europees Agentschap voor chemische stoffen, houdende wijziging van Richtlijn 1999/45/EG en houdende intrekking van Verordening (EEG) nr. 793/93 van de Raad en Verordening (EG) nr. 1488/94 van de Commissie alsmede Richtlijn 76/769/EEG van de Raad en de Richtlijnen 91/155/EEG, 93/67/EEG, 93/105/EG en 2000/21/EG van de Commissie.

EC (2020). Notitie 27 mei 2020 naar aanleiding van zaak T-837/16 met betrekking tot de beschikbaarheid van alternatieven en het substitutieplan.  
[https://echa.europa.eu/documents/10162/13637/ec\\_note\\_suitable\\_alternative\\_in\\_general.pdf/5d0f551b-92b5-3157-8fdf-f2507cf071c1](https://echa.europa.eu/documents/10162/13637/ec_note_suitable_alternative_in_general.pdf/5d0f551b-92b5-3157-8fdf-f2507cf071c1)

Gezondheidsraad (2016). Chroom VI-verbindingen. Beoordeling van de carcinogeniteit. Den Haag: Gezondheidsraad, 2016; publicatienr. 2016/3.  
<https://www.gezondheidsraad.nl/documenten/adviezen/2016/05/18/chroom-vi-verbindingen>

I-SZW (2019). Handreiking vervangingsverplichting CM-stoffen. Inspectie SZW. Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid.  
<https://www.inspectieszw.nl/publicaties/publicaties/2019/10/11/handreiking-vervangingsverplichting-cm-stoffen>

RIVM (2019). Blootstelling van consumenten aan chroom-6. S.W.P. Wijnhoven, W. Brand, F.A. Groothuis, J. Herremans. RIVM Rapport 2019-0035. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2019-0035.pdf>

RIVM (2020). Inventarisatie van toepassingen van chroom-6 op de werkplek. L. Geraets, J. van Triel, F. Groothuis, R. Beetstra, W. ter Burg. RIVM Rapport 2020-0080. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2020-0080.pdf>

Rijkswaterstaat (2020). Toe te passen arbeidshygiëne bij het werken aan chroom-6-houdende verven en coatings. Beheersregime chroom-6. Rijkswaterstaat, Rijksvastgoedbedrijf en ProRail. Versie 1.1, 15 januari 2020. <https://www.arboportaal.nl/onderwerpen/chroom-6/documenten/publicatie/2020/02/05/beheersregime-chroom-6>

SZW (2019). Kamerbrief chroom-6. Brief van staatssecretaris Van Ark (SZW) aan de Tweede Kamer inzake de kabinetsappreciatie over het onderzoeksrapport over werklozen in Tilburg die tijdens een re-integratietraject in Tilburg in contact zijn gekomen met chroom-6. <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2019/03/05/kamerbrief-chroom-6>

## 14 Annex I - Chromiumverbindingen op de autorisatielijst

De volgende tabellen geven de verschillende chromiumverbindingen weer die op de autorisatielijst staan en gebruikt zijn voor deze inventarisatie. De stof-informatie is gegeven evenals de belangrijkste geregistreerde toepassingen.

**Chromium trioxide**

<b>EC-nr</b>	231-906-6	<b>Geharmoniseerde C&amp;L</b>	Carc 1B
<b>CAS-nr</b>	7778-50-9		Muta 1B
<b>Entry nr Annex XIV</b>	19		Repr 1B
<b>Sunset date</b>	21-09-2017		STOT RE 1
			Acute Tox 2,3,4
			Aquatic Chronic 1
			Aquatic Acute 1
<b>Belangrijkste geregistreerde toepassingen</b>			
Hardverchromen			
	17 besluiten, RP 2022	0,5-360 ton/jaar per autorisatie	>50 sites, incl NL
	3 autorisatieverzoeken	50-6000 ton/jaar per autorisatie	>1500 sites, incl NL
Decoratief verchromen			
	2 besluiten, RP 2025	600 ton/jaar totaal	5 sites
	6 autorisatieverzoeken	50-3000 ton/jaar per autorisatie	>1500 sites, incl NL
Oppervlaktebehandelingen muv (hard)verchromen			
	5 besluiten, RP 2022	0.05-100 ton/jaar per autorisatie	5-10 sites, incl NL
	7 autorisatieverzoeken	250-1000 ton/jaar per autorisatie	>600 sites, incl NL
Passivering metallische coatings			
	2 besluiten, RP 2022	10 ton/jaar	2 sites
Passivering vertind staal (ETP)			
	2 autorisatieverzoeken	1000 ton/jaar	2 sites
Voorbehandeling			
	2 besluiten, RP 2029	<100	<10 sites
	2 autorisatieverzoeken	<100	<10 sites

**Natrium dichromaat**

<b>EC-nr</b>	234-190-3	<b>Geharmoniseerde C&amp;L</b>	Carc 1B
<b>CAS-nr</b>	10588-01-9		Muta 1B
<b>Entry nr Annex XIV</b>	18		Repr 1B
<b>Sunset date</b>	21-09-2017		STOT RE 1
			Acute Tox 2,3,4
			Aquatic Chronic 1
			Aquatic Acute 1
<b>Geregistreerde toepassingen</b>			
Reagens in de productie van natrium chloraat			
	8 besluiten, RP 2027	<80 ton/jaar	8 sites
	1 autorisatieverzoek	2 ton/jaar	1 site
Corrosieremmer in koelsystemen			
	4 besluit, RP 2027	<5 ton/jaar	4 sites, incl NL
Oppervlaktebehandelingen muv (hard)verchromen			
	3 besluiten, RP 2022	2600 ton/jaar	>100 sites, incl NL
Passivering van vertind staal			
	2 besluiten , RP 2022	2600 ton/jaar	10 sites, incl NL
Passivering metallische coatings			
	1 besluit, RP 2027	5 ton/jaar	5 sites
Sealen na anodiseren			
	1 autorisatieverzoek	5 ton/jaar	>100 sites, incl NL

**Kalium dichromaat**

<b>EC-nr</b>	231-906-6	<b>Geharmoniseerde C&amp;L</b>	Carc 1B
<b>CAS-nr</b>	7778-50-9		Muta 1B
<b>Entry nr Annex XIV</b>	19		Repr 1B
<b>Sunset date</b>	21-09-2017		STOT RE 1
			Acute Tox 2,3,4
			Aquatic Chronic 1
			Aquatic Acute 1
<b>Geregistreerde toepassingen</b>			
Oppervlaktebehandelingen muv (hard)verchromen			

	2 besluiten, RP 2022	200 ton/jaar	>200 sites, incl NL
<b>Passivering metallische coatings</b>			
	1 besluit, RP 2027	5 ton/jaar	5 sites, incl NL
<b>Chromateren</b>			
	1 besluit, RP 2017	5 ton/jaar	5 sites, incl NL
Sealen na anodiseren			
	1 besluit, RP 2022	5 ton/jaar	>100 sites, incl NL

**Natrium chromaat**

EC-nr	231-889-5	Geharmoniseerde C&L	Carc 1B
CAS-nr	7775-11-3		Repr 1B
Entry nr Annex XIV	22		Acute Tox 2,3,4
Sunset date	21-09-2017		Muta 1B
			STOT RE 1
			Aquatic Acute 1
			Aquatic Chronic 1
<b>Geregistreerde toepassingen</b>			
Corrosieremmer in koelsystemen			
	1 besluit, RP 2027	2 ton/jaar	2 sites, HU, DE
	1 autorisatieverzoek	4 ton/jaar	1 site, It
Oppervlaktebehandelingen muv (hard)verchromen			
	1 besluit, RP 2022	1 ton/jaar	>100 sites, incl NL

**Dichroom tris(chromaat)**

EC-nr	246-356-2	Geharmoniseerde C&L	Carc 1B
CAS-nr	24613-89-6		Aquatic Acute 1
Entry nr Annex XIV	28		Aquatic Chronic 1
Sunset date	22-01-2019		Skin Corr 1A
			Ox Sol 1
			Skin Sens 1
<b>Geregistreerde toepassingen</b>			
Oppervlaktebehandelingen muv (hard)verchromen			
	2 besluiten, 1 <sup>e</sup> RP 2022	1 ton/jaar	10-100 sites, incl NL

**Strontium chromaat**

EC-nr	232-142-6	Geharmoniseerde C&L	Carc 1B
CAS-nr	7789-06-2		Aquatic Acute 1
Entry nr Annex XIV	29		Acute Tox 4
Sunset date	22-01-2019		Aquatic Chronic 1
<b>Geregistreerde toepassingen</b>			
Gebruik in primers voor corrosiebescherming			
	1 besluit, RP 2024	200 ton/jaar	>100 sites, incl NL
	1 autorisatieverzoek	10 ton/jaar	>100 sites, incl NL

**Kalium hydroxyoctaoxodizincatedichromaat**

EC-nr	234-329-8	Geharmoniseerde C&L	Carc. 1A
CAS-nr	11103-86-9		Aquatic Acute 1
Entry nr Annex XIV	30		Acute Tox 4
Sunset date	22-01-2019		Skin Sens 1
			Aquatic Chronic 1
<b>Geregistreerde toepassingen</b>			
Gebruik in primer voor corrosiebescherming			
	1 besluit, RP 2024	100 ton/jaar	>100 sites, incl NL

**Pentazinc chromaat octahydroxide**

EC-nr	256-418-0	Geharmoniseerde C&L	Carc. 1A
CAS-nr	49663-84-5		Aquatic Acute 1
Entry nr Annex XIV	31		Skin Sens 1
Sunset date	22-01-2019		Aquatic Chronic 1
			Acute Tox 4
<b>Geregistreerde toepassingen</b>			
Gebruik in primer voor corrosiebescherming			
	2 besluiten, 1 <sup>e</sup> RP 2029	<1.5 ton/jaar	>100 sites, incl NL

## 15 Annex II – Verchromen met decoratief karakter

Tabel 1: Sector-specifieke functionaliteitseisen aan elektrolytisch verchromde onderdelen. Niet uitputtend

Hoofdfunctie	Automotive exterieur	Automotive interieur	Cosmetica	Meubels	Technische toepassingen	Sanitair	Winkelbouw	Witgoed	Anders (voorbeeld)
Corrosie- bestendig- heid	480 h NSST EN ISO 9227 ...	240 h NSST EN ISO 9227	24 h SST ASTM B117	EN ISO 6270-2  EN ISO 9227	*	300 h EN ISO 9227 CAS EN ISO 9227 3 cycles EN ISO 6988 / DIN 50018	*	240 h in NSST EN ISO 9227	96 h NSST EN ISO 9227 (wielen en meubelwiel- tjes)
Chemische resistentie	Geen visuele degradatie zichtbaar op coating na blootstelling verschillende chemicaliën	Geen visuele degradatie zichtbaar op coating na blootstelling verschillende chemicaliën	Geen visuele degradatie zichtbaar op coating na blootstelling verschillende chemicaliën	*	*	Geen visuele degradatie zichtbaar op coating na blootstelling verschillende chemicaliën	*	Geen visuele degradatie zichtbaar op coating na blootstelling verschillende chemicaliën	Geen visuele degradatie zichtbaar op coating na blootstelling verschillende chemicaliën

Hoofdfunctie	Automotive exterieur	Automotive interieur	Cosmetica	Meubels	Technische toepassingen	Sanitair	Winkelbouw	Witgoed	Anders (voorbeeld)
Slijtvastheid	Taber abrasion: 80% glans aanwezig na 20 uur dubbel strijken EN 2813 Autowas ISO 20566	Taber abrasion: 10,000 hubs Verdere testen volgens OEM specificaties	Geen effecten na testen 'consumenten handtas gedrag'	*	*	Taber abrasion: geen met het oog zichtbare beschade- gingen	25,000 dubbel strijken in abrasion testen	Taber abrasion: geen met het oog zichtbare beschadiging na 500 dubbel strijken	
Ni uitloging	0.5 µg/cm <sup>2</sup> per week (Bed GgstV)	0.5 µg/cm <sup>2</sup> per week (Bed GgstV)	0.5 µg/cm <sup>2</sup> per week (Bed GgstV)	0.5 µg/cm <sup>2</sup> per week (Bed GgstV)	0.5 µg/cm <sup>2</sup> per week (Bed GgstV)	0.5 µg/cm <sup>2</sup> per week (Bed GgstV) Ni test EN 16058 < 20 µg/L in drinkwater	0.5 µg/cm <sup>2</sup> per week (Bed GgstV)	0.5 µg/cm <sup>2</sup> per week (Bed GgstV)	0.5 µg/cm <sup>2</sup> per week (Bed GgstV)
Hechting (adhesion)	GT0 GT1 EN ISO 2409 afpelweesta nd > 3.5 N/cm tot 9 N/cm (ABS: 7 N/cm)	GT0 GT1 EN ISO 2409 afpelweesta nd > 3.5 N/cm tot 9 N/cm (ABS: 7 N/cm)	EN ISO 2409 GT0			EN ISO 249 (na temperatuur cyclus test)			EN ISO 249
Bestand tegen zonlicht	3200 h Florida simulatie	10 cycles ISO 75202	6 maanden winkellicht simulatie	*	*	Bedrijfsspeci fieke testen	*	Zontest met 1,500 W xenon lamp en 765 W/m <sup>2</sup>	



<b>Hoofdfunctie</b>	<b>Automotive exterieur</b>	<b>Automotive interieur</b>	<b>Cosmetica</b>	<b>Meubels</b>	<b>Technische toepassingen</b>	<b>Sanitair</b>	<b>Winkelbouw</b>	<b>Witgoed</b>	<b>Anders (voorbeeld)</b>
Temperatuur (verandering) bestendigheid	OEM specificatie	OEM specificatie	*	*	Bestand tegen T > 750°C	5 cycles EN 248	*	3 cycles in temperatuur test 1 cycle in temperatuur shock test	3 cycles EN ISO 2409
Elektrische geleiding	Nvt	Nvt	Nvt	Nvt	Hoge elektrische geleiding vh oppervlak	Nvt	Nvt	Nvt	Nvt
Reflectie / absorptie- capaciteit	Nvt	Nvt	Nvt	Nvt	Het oppervlak absorbeert licht en warmte (lage reflectie)	Nvt	Nvt	Nvt	Nvt

Hoofdfunctie	Automotive exterieur	Automotive interieur	Cosmetica	Meubels	Technische toepassingen	Sanitair	Winkelbouw	Witgoed	Anders (voorbeeld)
Esthetische eigenschap- pen	Oppervlak is vrij van defecten zoals scheurtjes Kleurtesten EN ISO 11664 'finish' kan getest worden in vergelijking met oorspronkelijk ke substraat	Oppervlak is vrij van defecten zoals scheurtjes Kleurtesten EN ISO 11664 'finish' kan getest worden in vergelijking met oorspronkelijk ke substraat	Oppervlak is vrij van defecten zoals scheurtjes Na testen van 'consument n handtas gedrag'	Oppervlak is vrij van defecten zoals scheurtjes	Oppervlak is vrij van defecten zoals scheurtjes	Oppervlak is vrij van defecten zoals scheurtjes	Oppervlak is vrij van defecten zoals scheurtjes	Oppervlak is vrij van defecten zoals scheurtjes Helderheid testen	Oppervlak is vrij van defecten zoals scheurtjes

\*Geen specifieke waarden op deze parameter, andere parameters zijn meer relevant voor deze toepassing in deze sector



**RIVM**

*De zorg voor morgen begint vandaag*