Cr(VI) procesmatig ontstaan in HT-omgevingen: hoe het werkt en wat een werkgever moet weten

Veiligheid, wet- en regelgeving · https://seefbv.com/docs/chroom-6-procesmatig-ontstaan-ht-omgevingen/

Wanneer mensen denken aan chroom-6, denken ze aan oude verflagen op stalen bruggen, sluizen, kozijnen en treinen. Dat is een belangrijk deel van het verhaal, maar niet het hele verhaal. In hogetemperatuur-omgevingen zoals motorruimten, gasturbines, biomassaketels, refractair-ovens en stoomcrackers kan Cr(VI) procesmatig ontstaan, zonder dat het ooit als grondstof is ingekocht. De stof wordt dan gevormd door een reactie tussen het metaal van de installatie en het materiaal eromheen, onder invloed van warmte en vocht. Voor werkgevers in industrie, energie en scheepvaart is dit het minst zichtbare maar vaak het meest onderschatte Cr(VI)-risico.

Wat is procesmatig ontstaan Cr(VI)?

Bij verf bevat het materiaal de Cr(VI) verbindingen al voordat de verf wordt aangebracht. En dus ook als deze later wordt bewerkt, zoals schuren. Bij procesmatige vorming is de Cr(VI) er aanvankelijk niet, en ontstaat de stof tijdens of na bedrijf. De grondstof is chroom uit het metaal van de installatie zelf: roestvast staal, hittebestendig staal, chroomhoudende legeringen of chroomhoudende coatings. Onder hoge temperatuur en in contact met bepaalde reactiepartners gaat dit chroom in oxidatietoestand +VI over, waarna het zich als chromaatzout afzet in de isolatie, op het oppervlak en in stof eromheen.

Dat maakt deze vorm van Cr(VI) lastig te voorspellen en lastig vooraf te onderzoeken. Een werkgever ziet bij oplevering van een installatie geen rode of gele coating(in andere kleuren kan het natuurlijk ook voorkomen); pas tijdens onderhoud, refit of demontage komt de blootstelling in beeld. De fabrikanten van de installaties weten dit. Caterpillar, Siemens, GE Power, MAN Energy Solutions, MTU/Rolls-Royce, Innio, Frenzelit en de Europese isolatiebranche-organisatie EiiF hebben de afgelopen jaren technische bulletins en informatiebladen gepubliceerd waarin het fenomeen wordt beschreven. Voor de uitvoerende partij is het echter regelmatig nieuwe informatie.

Hoe ontstaat Cr(VI) in HT-omgevingen?

Cr(VI)-vorming in HT-omgevingen is geen toevalsproces. Het vereist het samenkomen van een aantal voorwaarden. Wie deze voorwaarden in de eigen installatie kan herkennen, weet meteen waar de risico's zitten.

Vijf voorwaarden voor chromaatvorming

1. Een chroomhoudend metaal: roestvast staal (RVS), chroomhoudend hittebestendig staal, chroom-nikkel-legeringen of chroomhoudende coatings.
2. Hoge temperatuur: in de praktijk hanteert SEEF een drempelwaarde van ongeveer 250 °C als ondergrens voor relevante chromaatvorming. Reactiesnelheid neemt sterk toe bij hogere temperaturen. Sayano-Kanno (2015) beschrijft specifiek calciumchromaat-vorming rond 500–600 °C; dit dekt niet alle werkingsmechanismen in HT-installaties.
3. Een reactiepartner met alkali- of aardalkali-ionen: natrium (Na), calcium (Ca), kalium (K). Deze komen in de praktijk uit isolatiematerialen, brandstof, condensaat en omgevingsdeposities.
4. Vocht of cyclische condensatie: waterdamp activeert de reactie en transporteert de gevormde chromaten naar plekken weg van de bron.
5. Tijd en oppervlak: hoe langer de installatie in bedrijf is, hoe meer kans op accumulatie van Cr(VI) in isolatie en stof.

Reactiepartners in de praktijk

De reactiepartners komen uit een breder palet dan veel werkgevers verwachten. In de praktijkmappen van SEEF zijn we onder meer tegengekomen:

- Mineraalwol- en steenwol-isolatie (Na, Ca uit het bindmiddel en het basismateriaal).
- Calciumsilicaat-isolatie en refractair-cementen (Ca-rijk).
- Vliegas en brandstofresidu in stookinstallaties (Na, K, Cl).
- Strooizout, mariene aerosol en brakwater (NaCl).
- Stof uit kunstmest of agrochemicaliën (Na, K, NH_4).
- Procesresidu en condensaat met opgeloste zouten.
- Pakkingen en afdichtingsmateriaal in HT-toepassingen waarin alkali-bindmiddelen zijn verwerkt.

Reactieproducten en mobiliteit

De gevormde chromaatzouten zijn niet inert. Ze zijn in verschillende mate wateroplosbaar, en dat heeft directe gevolgen voor de blootstellingsroute:

Chromaatzout	Wateroplosbaarheid	Praktische implicatie
Calciumchromaat ($CaCrO_4$)	circa 16 g/L (20 °C)	Sterk mobiel via de lucht, en al voldoe voor dermale opname werkzaamhede
Natriumchromaat (Na_2CrO_4)	circa 873 g/L (20 °C)	Sterk mobiel. Spoelt uit met condensa plaatsen weg van de bron, ook in stof
Kaliumchromaat (K_2CrO_4)	circa 650 g/L (20 °C)	Vergelijkbaar mobiel als natriumchron
Chroomtrioxide (CrO_3)	circa 1 690 g/L (20 °C)	Bekend tussenproduct in chromaatvor REACH Annex XIV en Annex XVII (voor gereguleerd.

De combinatie van hoge wateroplosbaarheid en aanwezigheid in stof heeft consequenties voor het werken aan deze installaties. Bevochtigen met water tijdens demontage, een gangbare techniek om stof te beperken, kan bij Cr(VI) juist een secundaire blootstellingsroute openen via afdruipend en verdampend water. Dit risico wordt in standaardprotocollen voor stofbeheersing zelden expliciet behandeld.

Waar kom je procesmatig ontstaan Cr(VI) tegen?

De relevante doelgroepen zitten in industrie, energie, scheepvaart en bouw, met verschillende gebruikssituaties. Onderstaand overzicht is geen uitputtende lijst, maar geeft de typecasussen waar SEEF in de praktijk mee werkt of waarvoor de fabrikant zelf publiek heeft gewaarschuwd.

Sector / installatie	Typische bron en context
Stationaire gasturbines (energieopwekking)	Caterpillar, Siemens, GE Power, MAN Energy Solutions en Innio hebben te bulletins gepubliceerd over Cr(VI)-residu rond hete delen en in akoestisch
Scheepvaart en jachtbouw (motorruimten, refit)	Cr(VI) in pakkingen, isolatie van uitlaatcollectoren en in stof in machineka Reactiepartners onder andere mariene aerosol en brandstofresidu.
Industriële stoom- en biomassaketels	Vliegas met alkali-componenten, refractair-cementen, hittebestendige steellegeringen.

Sector / installatie	Typische bron en context
Petrochemie (stoomcrackers, fornuizen, reactoren)	Cyclische temperatuur, condensatie tijdens stilstand, alkali in voeding en
Refractaire ovens, gietbedrijven, smelterijen	Calciumrijke vuurvaste materialen in contact met chroomhoudend staal.
Diesel- en gasmotoren in transport en off-grid	MTU/Rolls-Royce heeft een eigen bulletin over Cr(VI) bij onderhoud aan di vergelijkbare situatie bij grote gasmotoren.
Bestaande gebouwen met oude installaties	Stof in installatieruimten en machinekamers kan Cr(VI) bevatten ook als d al jaren niet meer in vol bedrijf is.

In Nederland komt het thema in snel tempo op bij eindgebruikers, terwijl de regelgeving en sectorkaders nog grotendeels op verfwerk zijn ingericht. Een schip in refit, een biomassaketel in onderhoud of een gasturbine die wordt gestript valt vandaag onder dezelfde Arbo-zorgplicht als een verfsanering, maar zonder vergelijkbaar protocol om op terug te vallen.

Waarom Beheersregime 2.0 hier niet werkt

Beheersregime 2.0 (RWS, ProRail en Rijksvastgoedbedrijf, april 2022) is een waardevol kader voor planmatig onderhoud aan oude staalconserveringen. Voor procesmatig ontstaan Cr(VI) loopt het op vier punten vast.

6. De drempelwaarden zijn uitgedrukt in mg/kg in de droge verflaag. Voor isolatie, refractair-cement of stof in een machinekamer is die eenheid en de bijbehorende monstername niet één-op-één toepasbaar.
7. De werksoorten in Beheersregime 2.0 (handmatig schuren, machinaal schuren, branden, schroeven) horen bij verfsanering. Demontage van isolatie, vervanging van een pakking of het reinigen van stof in een machinekamer staat er niet in.
8. Beheersregime 2.0 gaat ervan uit dat de Cr(VI)-concentratie vooraf representatief kan worden bepaald. Bij procesmatige vorming is de verdeling per definitie inhomogeen en sterk locatie-afhankelijk.
9. De aanpak in oranje en rood is gebouwd op statische bronnen. Bij wateroplosbare chromaatzouten in een vochtige machinekamer komt secundaire blootstelling via condensaat en huidcontact in beeld die niet expliciet in het regime zit.

Wat blijft staan, is het algemene kader: Arbowet artikel 3 (zorgplicht) en hoofdstuk 4 Arbobesluit (kankerverwekkende stoffen). Substitutie, STOP-strategie, registratie 40 jaar en Periodiek Medisch Onderzoek gelden onverkort. Voor de invulling per situatie is geen sectormatrix beschikbaar; dit vraagt om maatwerk per casus.

Onderzoekstrategie: drie monstertypen die elkaar aanvullen

Omdat representatief vooronderzoek bij procesmatige Cr(VI) niet werkt zoals bij verf, gebruikt SEEF in deze situaties drie monstertypen die elkaar aanvullen. Welke combinatie nodig is, hangt af van de installatie, de geplande ingreep en de werkgevers-vraag.

Materiaalmonster

Een afgenomen stuk isolatiemateriaal, refractair-cement, stof of pakking wordt in het laboratorium kwantitatief geanalyseerd op Cr(VI) per kg materiaal. Deze meting geeft een uitspraak over de stof zelf: zit er Cr(VI) in, en in welke concentratie? Voor isolatie en stof werkt SEEF met de matrixcode HTI01. Voor de huidige stand van validatie hanteert SEEF de detectiegrenzen uit de gerelateerde matrix AIR01 als referentie, aangevuld waar nodig.

Veegmonster

Een gestandaardiseerd oppervlak (10 × 10 cm conform ASTM D6966) wordt afgenomen en geanalyseerd. De uitslag wordt gerapporteerd als µg Cr(VI) per oppervlak. Veegmonsters zijn waardevol om vast te stellen of een schoongemaakt oppervlak voldoet aan een streefniveau, en om verspreiding in een ruimte in beeld te brengen. SEEF hanteert hiervoor in de praktijk een detectiegrens in de orde van 0,1 µg Cr(VI) per 100 cm².

Luchtmonster

Tijdens de werkzaamheden zelf wordt de blootstelling in de ademzone gemeten met persoonsgebonden bemonstering. Voor Cr(VI) in lucht volgt SEEF NIOSH 7600 als basis (matrix AIR01). De keuze van filtermedium, flow en monstertijd wordt afgestemd op de specifieke werkzaamheid; SEEF adviseert hierin per situatie. Eenmalige metingen leveren een momentopname; voor toetsing aan de grenswaarde volgens NEN-EN 689 zijn meerdere metingen per werkzaamheid nodig.

Locatiebezoek en samenwerking met de uitvoerder

De keuze van de monstername-strategie laat zich niet remote bepalen. Voor casussen waarin de werkzaamheid niet planmatig is (zoals een pakkingvervanging tijdens een refit) gaat SEEF mee op locatie en stemt de bemonstering af met de uitvoerende partij. Dat voorkomt dat een onderzoek wordt opgezet op een vooronderzoek-logica die voor procesmatige Cr(VI) niet houdbaar is.

Wat moet een werkgever bij procesmatige Cr(VI) regelen?

De checklist uit pagina A (Wet- en regelgeving Cr(VI) in Nederland) blijft het uitgangspunt. Een paar punten verdienen bij procesmatige Cr(VI) extra aandacht:

10. RI&E uitbreiden naar de daadwerkelijke installatie: niet alleen kijken naar wat is ingekocht, maar naar wat onder bedrijfscondities kan ontstaan. Specifiek bij installaties met chroomhoudend staal of RVS in combinatie met isolatie, refractair-cement of stookresidu.
11. Substitutie afwegen op materiaalkeuze: bestaan er chroomvrije of chroomarme alternatieven voor isolatie, pakkingen en refractair-cement? Voor sommige toepassingen wel, voor andere nog niet.
12. Procedures voor onderhoud, demontage, refit en stofreiniging voorzien van een Cr(VI)-paragraaf, ook al staat er in de installatie geen rode of gele coating.
13. Rekening houden met dermale blootstelling. Wateroplosbare chromaatzouten kunnen via huidcontact in het lichaam komen, vooral bij vochtige werkzaamheden, bevochtiging of zweet.
14. Stof in oude installatieruimten als secundaire bron behandelen, ook bij niet-actieve werkzaamheden zoals revisie van apparatuur of inspectie.
15. Voorlichting aan eigen personeel én onderaannemers: bij procesmatige Cr(VI) is de stof voor velen onbekend. Aantoonbare instructie is hier extra belangrijk.

Hoe SEEF in deze situaties werkt

De gepatenteerde methode van SEEF (WO2023219493) is ontworpen om Cr(VI) selectief en kwantitatief te detecteren in complexe matrices, ook in aanwezigheid van interferenten zoals zink, ijzer, koper en aluminium. Die interferentie-tolerantie is bij procesmatige Cr(VI) bijzonder relevant: vliegas, refractair-cement en machinekamerstof bevatten een breed palet aan metalen. Een methode die op deze interferenties niet bestand is, onderschat de Cr(VI)-concentratie systematisch.

Naast de analyse levert SEEF bemonstering op locatie, interpretatie en advies. Voor een typische scheepscasus betekent dit een rondgang met de uitvoerder, identificatie van risicovolle onderdelen, een combinatie van materiaal- en veegmonsters voorafgaand aan de ingreep, en luchtmetingen tijdens de uitvoering. De rapportage is bruikbaar voor de eigen RI&E, voor onderbouwing richting opdrachtgever en voor afstemming met arbodienst en arbeidsinspectie.

Waar staat de sector op dit moment?

Procesmatig ontstaan Cr(VI) is wetenschappelijk goed onderbouwd. Karlsson (2012), Sayano-Kanno (2015) en Van Leeuwen (2024) beschrijven de chemie en de rol van condensatie. Internationale fabrikanten waarschuwen er sinds enkele jaren expliciet voor in technische bulletins. In de Nederlandse uitvoeringspraktijk komt het thema in een hoog tempo op, maar nog niet met de bekendheid en het sectorkader die er voor verf wel zijn.

Voor werkgevers betekent dat: niet wachten op een sectormatrix om de eigen verplichtingen te vervullen. De Arbo-zorgplicht en hoofdstuk 4 Arbobesluit zijn ook zonder sectorkader leidend. Voor opdrachtgevers en onderhoudsbedrijven is dit tegelijk een kans om vroeg op het thema aan te haken; voor werknemers is het de verklaring waarom SEEF en partners regelmatig bij installaties aanwezig zijn die er aan de buitenkant niets van laten zien.

Voor de algemene wettelijke context, zie de pagina ‘Wet- en regelgeving chroom-6 in Nederland’. Voor blootstellingsmetingen in lucht, zie ‘Blootstellingsmetingen Cr(VI)’. Voor de keuze van PBM en STOP-maatregelen, zie ‘STOP-strategie, ALARA en PBM bij Cr(VI)’. Voor specifieke vragen over een installatie of refit kan SEEF rechtstreeks worden benaderd.

Bronnen en achtergrondliteratuur

Wetenschappelijke literatuur en publieke informatiebladen

- Karlsson, S. (2012). Alkali-induced high-temperature corrosion of stainless steel: studies in the laboratory and in the field. Beschrijft het reactiemechanisme tussen alkali (Na, K) en chroomhoudend staal onder hoge temperatuur.
- Sayano-Kanno e.a. (2015). Beschrijft de vorming van calciumchromaat in HT-context (orde 500–600 °C).
- Van Leeuwen (2024). Beschrijft de invloed van condensatie en waterdamp op chromaatvorming en mobiliteit.
- EiiF (European Industrial Insulation Foundation), Information Paper: Chromium(VI) compounds in technical installations. Publiek beschikbaar via eiif.org.

- Rockwool, Cr(VI) Safe Use Instruction Sheet. Publiek beschikbaar via rockwool.com.
- ASTM D6966, Standard practice for collection of settled dust samples using wipe sampling methods.
- NIOSH 7600, Method for hexavalent chromium in air (basis voor SEEF AIR01).

Fabrikantenbulletins (op aanvraag bij SEEF)

Diverse internationale fabrikanten van gasturbines, dieselmotoren, gasmotoren, pakkingen en industriële installaties hebben de afgelopen jaren technische bulletins en informatiebladen gepubliceerd over Cr(VI)-residu in en rond hun installaties. Onder andere Caterpillar, Siemens, GE Power, MAN Energy Solutions, MTU/Rolls-Royce, Innio en Frenzelit. SEEF beschikt over deze bulletins en kan citaten en specifieke verwijzingen op aanvraag delen, voor zover de fabrikant zelf publicatie toestaat.

Voor de actuele wet- en regelgeving rondom Cr(VI) en lood, zie de pagina ‘Wet- en regelgeving chroom-6 in Nederland’.