Chromaten op de werkplek

Verdere waarnemingen van de vorming van chroom(VI) door het gebruik van alkali en/of aardalkali metaal houdende isolatiematerialen op chroomhoudende metalen hete delen op motoren en turbines

Verdere observaties over chromaten op de werkplek

door Lloyd Hopes, Markus Sommer en Florian Sommer

31 januari 2025

Versie 1.1 · november 2026

Samenvatting

Deze collectie dient te worden gezien als een aanvulling op de veldstudie op het voorblad en is bedoeld om aan te tonen dat de

Veldstudie Chromaten op de werkplek

Veldwaarneming FB01: isolatiecassettes

Veldwaarneming FB02: hantering en opslag

De aanwezigheid van kankerverwekkende en chronisch voor het milieu schadelijke chroom(VI)-verbindingen (chromaten), in het bijzonder calciumchromaat, en de daarmee gepaard gaande stofontwikkeling en (achtergrond)verontreiniging (inhaleerbare , inhaleerbare fractie) is geen alleenstaand geval.

De auteurs observeren al enkele jaren de aanwezigheid van chromaten en hebben hun ervaringen vanaf het eerste moment fotografisch en tekstueel gedocumenteerd, maar de detectiemethoden waren aanvankelijk beperkt.

Aan de ene kant werd hen soms de toegang ontzegd, werd analyse bemoeilijkt en aan de andere kant waren testmogelijkheden alleen mogelijk door middel van sneltests.

Pas door de aanschaf van de mobiele Cr(VI) testkit TK01 (fabrikant: SEEF B.V., NL) konden positieve sneltesten dieper wetenschappelijk geverifieerd worden.

Met behulp van de laboratoriumanalyses met analyserapport van SEEF B.V. kan nu ook de werkelijke chroom(VI) stofbelasting worden bepaald in betrouwbare cijfers en chemische analyses.

In december 2024 werd de SG 10-2 filterpomp van het Duitse bedrijf GSA mbH aangeschaft en konden voor het eerst luchtmetingen worden uitgevoerd volgens "Door de ongevallenverzekeringsinstellingen erkende meetmethode voor de bepaling van de concentraties van kankerverwekkende, mutagene of reprotoxische stoffen in geslachtscellen in de lucht in werkruimten" ("Methode voor de bepaling van zeswaardig chroom" van de Duitse sociale ongevallenverzekering (DGUV); Informatie 231-505).

De meetresultaten werden bepaald als achtergrondconcentratie in de veldstudie, de veldwaarneming FB02 onderzocht het inademingsrisico voor chroom(VI)-verbindingen tijdens de loutere hantering/opslag van verontreinigde isolatie-elementen.

In beide onderzoeken werden met een standaardmethode chroom(VI)-concentraties bepaald die als minimumwaarden moeten worden beschouwd; bij hantering/opslag lag de minimumwaarde al boven de beoordelingsmaatstaf van 0,001 mg/m³.

Het luchtmonster werd door GSA Schadstoffanalyse mbH volgens een standaardmethode geanalyseerd. De terugvinding van deze methode bij calciumhoudend isolatiestof is niet bepaald. Voor standaardmethoden bij calciumhoudende isolatiematerialen geeft SEEF B.V. onderschattingen aan van 20 tot 30 procent in milde gevallen tot meer dan 90 procent; de door SEEF B.V. voor deze matrix ontwikkelde methode bereikt volgens dezelfde bron een terugvinding van meer dan 80 procent. De gemeten luchtconcentraties moeten daarom als minimumwaarden worden opgevat. De stofmonsters van de totaalstofanalyse werden in het laboratorium van SEEF B.V. geanalyseerd. (Bron: SEEF B.V., kennisbank, seefbv.com, geraadpleegd november 2026)

Bij de voorzichtige beschouwing van de belangrijkste stofontwikkeling in de laadgang tijdens demontagewerkzaamheden lag de afgeleide belasting van de ademzone bijna 700% boven de in TRGS 910 in Duitsland gespecificeerde tolerantiewaarde.

Verdere metingen zijn in behandeling, maar er worden nog hogere metingen verwacht, aangezien het aantal verwijderbare isolatie-elementen in de veldstudie extreem laag was en de chroom(VI)-belasting van de verontreinigde elementen, die slechts werden gestapeld en gemanipuleerd, vrij matig was.

Deze uitwerking toont het uittreksel uit vele jaren onderzoek op foto's met verwijzingen naar het gebruikte isolatiemateriaal en de plaats van gebruik of de aanduiding van het thermisch geïsoleerde apparaat.

De inhoud van de hoofdstukken 1-11 van de hierboven genoemde veldstudie en veldwaarneming FB01s blijft ongewijzigd en is van toepassing op alle latere observaties.

De onderzochte energieproducenten vormen vaak het "hart" van grote energiecentrales met alle in- en uitgangen, maar ook warmtekrachtkoppelingscentrales of installaties van de zogenaamde "warmtekrachtkoppeling" (WKK) in continu of flexibel bedrijf, evenals noodstroom- en aandrijfeenheden in openbare gebouwen zoals

- Ziekenhuizen en zorginstellingen
- Zwembaden en andere recreatieve voorzieningen
- Woonblokken met decentrale energievoorziening en

motoren (eenheden) voor de

- Verzending, in de
- Spoorvervoer en tot op zekere hoogte ook
- Wegverkeer op voertuigen met uitlaatgasnabehandelingssystemen volgens de nieuwste emissienormen

maken deel uit van het onderzoek.

Pagina's 3 en 4 tonen de verschillende materiaalklassen van alkalische en/of aardalkalimetaaloxidehoudende isolatiematerialen, die meer dan 90% van de huidige isolatiemarkt uitmaken, afhankelijk van de plaats van gebruik en de structurele omstandigheden, ondersteund door twee waarschuwingen van fabrikanten van de verschillende materiaalklassen, ook representatief voor de industrie.

Op pagina's 5 en 6 wordt ingegaan op met chromaat verontreinigde toepassingsvoorbeelden op motoren en turbines van bekende fabrikanten, ook aangevuld met twee waarschuwingen van selectieve leveranciers.

Isolatiematerialen:



Fig.1 Minerale wol

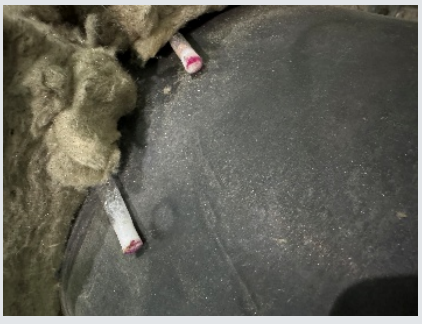


Fig.2 Minerale wol



Fig. 3 Minerale wol



Fig. 4 Glasweefsel



Fig.5 Glasweefsel



Fig. 6 Glasweefsel



Fig. 7 Glasvezel naaldmatten



Fig.8 Glasvezel naaldmatten

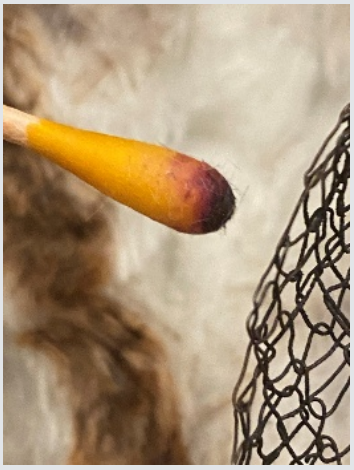


Fig. 9 Glasvezel naaldmatten



Fig.10 Microtherm producten



Fig.11 Microtherm producten

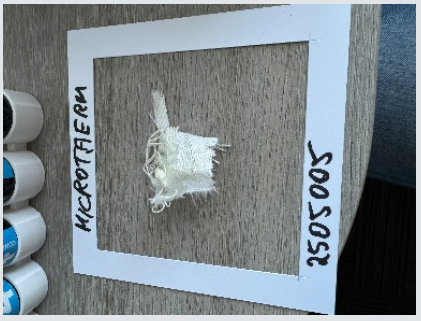


Fig.12 Microtherm producten



Fig.13 Superwool/AES



Fig.14 Superwool AES



Fig.15 Superwool/AES

Figuren 1-15 tonen de meest voorkomende isolatiematerialen die in de afgelopen vijf jaar consequent positief zijn getest op chroom(VI)-verbindingen als ze gedurende een bepaalde periode in gebruik zijn geweest en direct in contact zijn geweest met het chroomhoudende hete deel.

Alle materialen hebben een gehalte aan alkali- en/of aardalkalimetaaloxiden gemeen, vooral calciumoxide (CaO), soms ook natriumoxide (Na2O) van meer dan 10% tot bijna 50%:

Materiaal	CaO-klasse en/of	Na2O inhoud	Opmerking
Minerale wol	ca. 18%		Soda-lime glas (gerecycled)/ minerale vezel
Glas	10-20%		E-glas
Glasvezel naald mat	10-20%		E-glas
Microtherm	10-20%		E-glas omhulsel
AES/Superwool	45-50%		Alkalische aarde silicaatvezel

Zowel de fabrikanten van minerale vezelproducten (met name de ondernemingen Rockwool en Saint Gobain) als de fabrikanten van glasweefsels en glasvezelnaaldmatten (waaronder Frenzelit) waarschuwen in hun gegevensbladen voor de vorming van chroom(VI)-verbindingen:

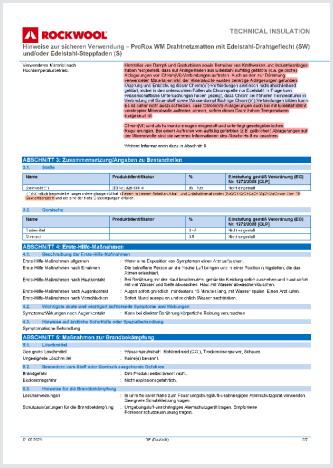

ROCKWOOL
TECHNICAL INSULATION
Hinweise zur sicheren Verwendung - ProRox WM Drahtnetzmatten mit Edelstahl-Drahtgeflecht (SW) und/oder Edelstahl-Steppfäden (S)

Fig. 13 Gegevensblad van Rockwool, fabrikant van minerale wolproducten voor de industrie

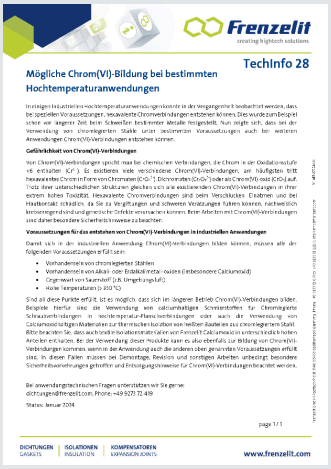

Frenzelit
creating hightech solutions
TechInfo 28
Mögliche Chrom(VI)-Bildung bei bestimmten Hochtemperaturanwendungen

Fig. 14 Technische informatie van Frenzelit, fabrikant van E-glasweefsels en E-glasvezel naaldmatten en afdichtingen

Motor- en turbinefabrikanten – voorbeelden van chromaatvervuiling:

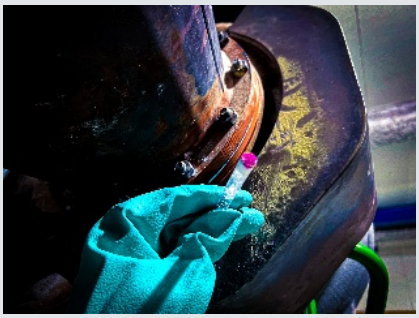


Fig.15 Innio Jenbacher

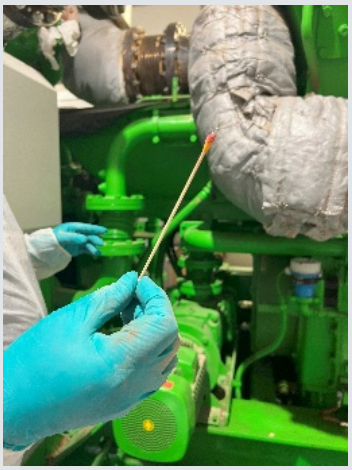


Fig.16 Innio Jenbacher



Fig.17 Innio Jenbacher



Fig.18 Innio Jenbacher



Fig.19 Innio Jenbacher



Fig.20 Innio Jenbacher

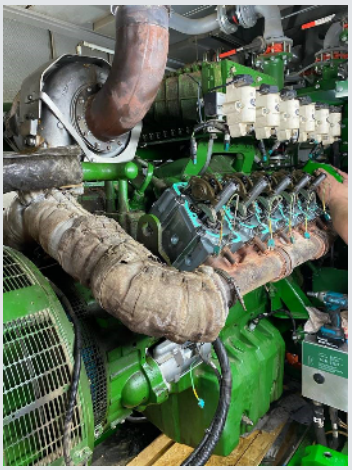

Fig.21 2G Energie


Fig.22 Liebherr


Fig.23 Rupsband


Fig.24 Rupsband


Fig.25 MAN


Figuur 26 MWM


Fig.27 Siemens gasturbine

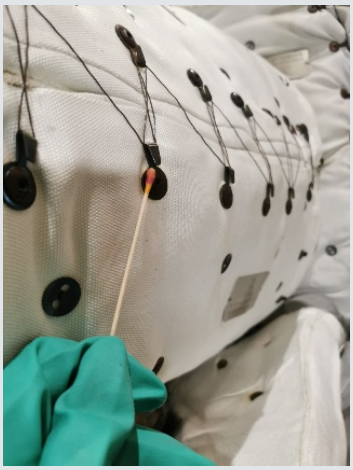

Fig.28 Siemens stoomturbine

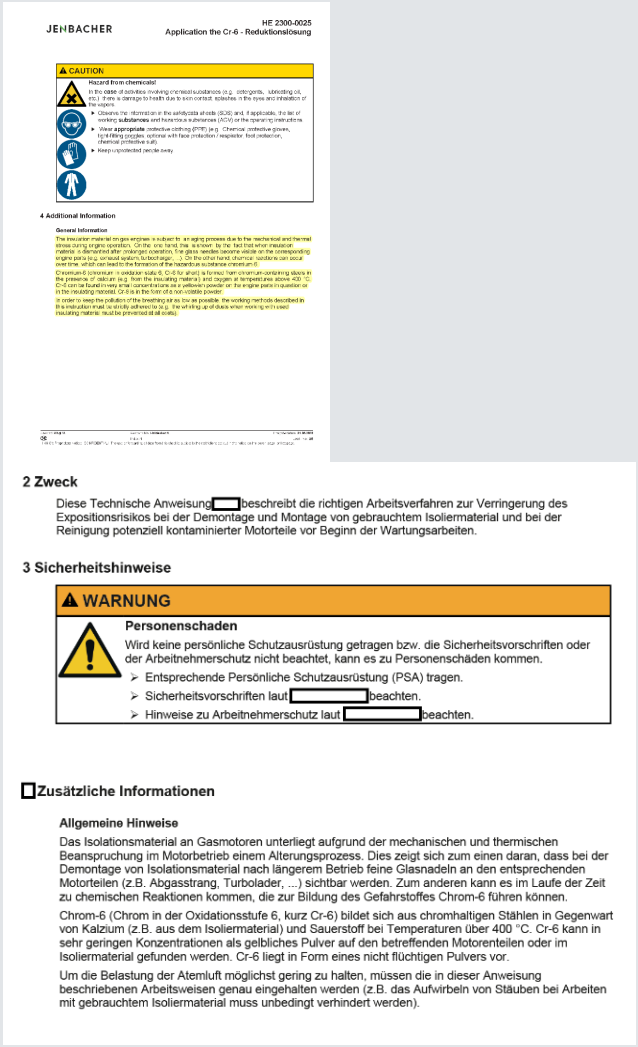

Fig.29 Siemens gasturbine

In alle getoonde voorbeelden van afbeeldingen is er een directe thermochemische relatie tussen

- Chroomhoudend roestvrijstalen heet onderdeel, met een bedrijfstemperatuur >300°C
- Calcium- en/of natriumoxidehoudend isolatiemateriaal/isolatiesysteem in
- Zuurstof-open omgeving

Zoals u gemakkelijk kunt zien, worden alle soorten energieopwekkers en ook alle verschillende vormen van de huidige thermische isolatieconcepten beïnvloed.

De twee selectief geselecteerde waarschuwingen van motorfabrikanten die hun energiegeneratoren al in de fabriek met alkalische en/of aardalkalische metaalisolatiematerialen verkopen, rapporteren over de vorming van calciumchromaat door het gebruik van calciumhoudende isolatiesystemen:



JENBACHER

HE 2300-0025
Application the Cr-6 - Reduktionslösung

⚠ CAUTION

Hazard from chemicals!

4 Additional Information

General Information

2 Zweck

Diese Technische Anweisung [redacted] beschreibt die richtigen Arbeitsverfahren zur Verringerung des Expositionsrisikos bei der Demontage und Montage von gebrauchtem Isoliermaterial und bei der Reinigung potenziell kontaminierter Motorteile vor Beginn der Wartungsarbeiten.

3 Sicherheitshinweise

⚠ WARNUNG

Personenschaden

Wird keine persönliche Schutzausrüstung getragen bzw. die Sicherheitsvorschriften oder der Arbeitnehmerschutz nicht beachtet, kann es zu Personenschäden kommen.

- Entsprechende Persönliche Schutzausrüstung (PSA) tragen.
- Sicherheitsvorschriften laut [redacted] beachten.
- Hinweise zu Arbeitnehmerschutz laut [redacted] beachten.

☐ Zusätzliche Informationen

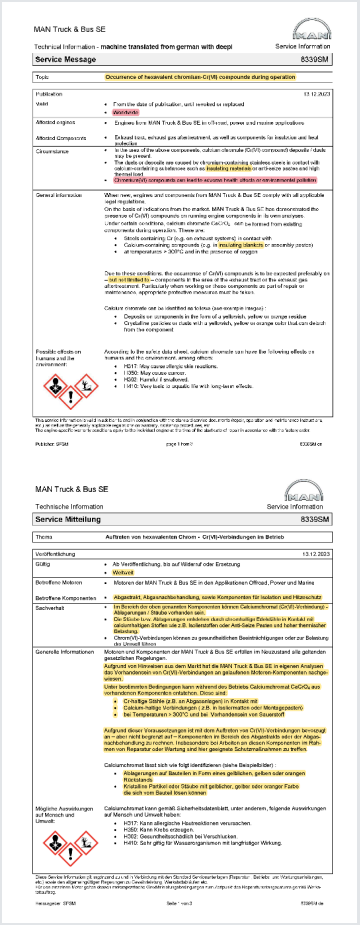
Allgemeine Hinweise

Das Isolationsmaterial an Gasmotoren unterliegt aufgrund der mechanischen und thermischen Beanspruchung im Motorbetrieb einem Alterungsprozess. Dies zeigt sich zum einen daran, dass bei der Demontage von Isolationsmaterial nach längerem Betrieb feine Glasnadeln an den entsprechenden Motorteilen (z.B. Abgasstrang, Turbolader, ...) sichtbar werden. Zum anderen kann es im Laufe der Zeit zu chemischen Reaktionen kommen, die zur Bildung des Gefahrstoffes Chrom-6 führen können.

Chrom-6 (Chrom in der Oxidationsstufe 6, kurz Cr-6) bildet sich aus chromhaltigen Stählen in Gegenwart von Kalzium (z.B. aus dem Isoliermaterial) und Sauerstoff bei Temperaturen über 400 °C. Cr-6 kann in sehr geringen Konzentrationen als gelbliches Pulver auf den betreffenden Motorenteilen oder im Isoliermaterial gefunden werden. Cr-6 liegt in Form eines nicht flüchtigen Pulvers vor.

Um die Belastung der Atemluft möglichst gering zu halten, müssen die in dieser Anweisung beschriebenen Arbeitsweisen genau eingehalten werden (z.B. das Aufwirbeln von Stäuben bei Arbeiten mit gebrauchtem Isoliermaterial muss unbedingt verhindert werden).

Fig. 30 Waarschuwing van de Oostenrijkse firma Innio Jenbacher voor met calciumchromaat verontreinigde isolatie-elementen



MAN Truck & Bus SE

Technical Information - machine translated from german with deepl

Service Information

Service Message 8339SM

Topic: Occurrence of hexavalent chromium-Cr(VI) compounds during operation

Publication: 13.12.2023

Valid:
- From the date of publication, until revoked or replaced
- overdrawn

Affected engines:
- Engines from MAN Truck & Bus SE in off-road, power unit and marine applications

Affected Components:
- Exhaust track, exhaust gas aftertreatment, as well as components for insulation and heat protection

Circumstance:
- In the area of the above components, calcium chromate (CaCrO4) compound deposits / dusts may be present.
- The dusts or deposits are caused by chromium-containing stainless steels in contact with calcium-containing as a reference such as insulating materials or adhesive pastes and high thermal load.
- Chromium(VI) compounds can lead to acutes health effects or environmental pollution

General Information: When new, engines and components from MAN Truck & Bus SE comply with all applicable legal regulations.
On the basis of indications from the market, MAN Truck & Bus SE has demonstrated the presence of Cr(VI) compounds on running engine components in its own engines.
Under certain conditions, calcium chromate (CaCrO4) can be formed from existing components during operation. These are:
- Metals containing Cr (e.g. on exhaust systems) in contact with
- Calcium-containing components (e.g. in insulating blankets or assembly pastes)
- at temperatures > 300°C and in the presence of oxygen

Due to these conditions, the occurrence of CaCrO4 components is to be expected preferably on [redacted] components in the area of the exhaust duct or the exhaust gas aftertreatment. Particularly when working on these components as part of repair or maintenance, appropriate protective measures must be taken.

Calcium chromate can be identified as follows (see example images):
- Deposits or components in the form of a yellowish, yellow or orange residue
- Crystalline particles or dusts with a yellowish, yellow or orange color that can detach from the component

Possible effects on humans and the environment: According to the safety data sheet, calcium chromate can have the following effects on humans and the environment, among others:
- H317: May cause allergic skin reactions.
- H350: May cause cancer.
- H340: Harmful if swallowed.
- H410: Very toxic to aquatic life with long-term effects.

Publisher: SFSM — page 1 from 2 — 8339SM en

MAN Truck & Bus SE

Technische Information

Service Information

Service Mitteilung 8339SM

Thema: Auftreten von hexavalentem Chrom + Cr(VI)-Verbindungen im Betrieb

Veröffentlichung: 13.12.2023

Gültig:
- Ab Veröffentlichung, bis auf Widerruf oder Ersetzung
- Weltweit

Betroffene Motoren:
- Motoren der MAN Truck & Bus SE in den Applikationen Offroad, Power und Marine

Betroffene Komponenten:
- Abgastrakt, Abgasnachbehandlung, sowie Komponenten für Isolation und Hitzeschutz

Sachverhalt:
- Im Bereich der oben genannten Komponenten können Calciumchromat (CaCrO4) Verbindungen / Ablagerungen / Stäube vorhanden sein.
- Die Stäube bzw. Ablagerungen entstehen durch chromhaltige Edelstähle in Kontakt mit calciumhaltigen Stoffen (z.B. Isolierstoffen oder Anti-Seize Pasten und hoher thermischer Belastung.
- CrororO3-Verbindungen können zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen oder zur Belastung [illegible] führen.

Generelle Informationen: Motoren und Komponenten der MAN Truck & Bus SE erfüllen im Neuzustand alle geltenden gesetzlichen Regelungen.
Aufgrund von Hinweisen aus dem Markt hat die MAN Truck & Bus SE in eigenen Analysen das Vorhandensein von Cr(VI)-Verbindungen an gebrauchten Motoren-Komponenten nachgewiesen.
Unter bestimmten Bedingungen kann während des Betriebs Calciumchromat $CaCrO_4$ aus vorhandenen Komponenten entstehen. Dieser sind:
- Chromhaltige Stähle (z.B. im Abgasstrang) in Kontakt mit
- Calcium-haltige Verbindungen (z.B. in Isoliermatten oder Montagepasten)
- bei Temperaturen > 300°C und bei Vorhandensein von Sauerstoff

Aufgrund dieser Voraussetzungen ist mit dem Auftreten von Cr(VI)-Verbindungen bei+bezeichnet an – aber nicht begrenzt auf – Komponenten im Bereich des Abgastrakts oder der Abgasnachbehandlung zu rechnen. Insbesondere bei Arbeiten an diesen Komponenten im Rahmen von Reparatur oder Wartung sind hier geeignete Schutzmaßnahmen zu treffen.

Calciumchromat lässt sich wie folgt identifizieren (siehe Beispielbilder):
- Ablagerungen auf Bauteilen in Form eines gelblichen, gelben oder orangen Rückstands
- Kristalline Partikel oder Stäube mit gelblicher, gelber oder oranger Farbe die sich vom Bauteil lösen können

Mögliche Auswirkungen auf Mensch und Umwelt: Calciumchromat kann gemäß Sicherheitsdatenblatt, unter anderem, folgende Auswirkungen auf Mensch und Umwelt haben:
- H317: Kann allergische Hautreaktionen verursachen.
- H350: Kann Krebs erzeugen.
- H302: Gesundheitsschädlich bei Verschlucken
- H410: Sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung.

Diese Service Information ist [illegible] Verbindung mit den Gültigkeitsbedingungen [illegible] [illegible] [illegible]

Samenvatting | Verdere vooruitzichten

Deze samenvatting "Rapporten uit de praktijk" is een aanvulling op de reeds genoemde veldstudie en veldwaarnemingen van de auteurs en wordt voortdurend aangevuld met voortgezette metingen, analyseresultaten daarvan en de nieuwste bevindingen en ontwikkelingen.

Uit het aantal opgedane ervaringen, de documentatie met foto's, films en literatuurverwijzingen blijkt dat de vorming van kankerverwekkende en chronisch milieubelastende chromaten geenszins - zoals vaak ten onrechte wordt beweerd - slechts geïsoleerde incidenten zijn, maar een probleem dat tot nu toe wereldwijd volledig is onderschat, en het is ook duidelijk dat dit probleem al tientallen jaren op de agenda staat, correct beoordeeld sinds het begin van de vervanging van asbesthoudende chromaten. isolatiematerialen en -systemen, bestaat.

De metingen en hun resultaten zijn niet langer alleen gebaseerd op lokaal gemaakte sneltests, die vooral vaak tot "vals-negatieve" resultaten leiden.

Zowel de onderzoeken die zijn uitgevoerd met het mobiele laboratorium "Chroom(VI) Test Kit TK01" van de firma SEEF B.V., als de materiaalmonsters die zijn onderzocht in erkende testlaboratoria, evenals de luchttests die zijn uitgevoerd met de filterpomp "SG 10-2" door de firma GSA mbH schetsen een consistent zorgwekkend totaalbeeld, namelijk het regelmatige gevaar voor mens en milieu door kankerverwekkende stoffen (inhaleerbare fractie), die zowel bij inademing als bij inademing een hoog gezondheidsrisico vormen.

In de analyses werden zelfs de grenswaarden overschreden die in sommige landen nog niet zijn aangepast en dus aanzienlijk hoger zijn dan de lage waarden die al in Duitsland, Frankrijk en Nederland zijn vastgesteld.

Aangezien er geen drempelwaarden zijn voor CMR-stoffen zoals chroom(VI)-verbindingen op de werkplek die een bepaald niveau van verontreinigende stoffen accepteren, is voor chromaten geen acceptatieconcentratie vastgesteld; bepalend is de minimaliseringsplicht van EU-richtlijn 2004/37/EG.

Zodra chromaten in de vorm van vaste stoffen of stof aanwezig zijn, geldt al een "gemiddeld risico" gevarenzone, vanaf een luchtconcentratie van

0,001 mg/m³

De ene bevindt zich in het bereik van "hoog risico", wat normaal werk in de buurt van de blootstelling onmogelijk maakt en de facto verder werk uitsluit totdat de bron is geëlimineerd.

Helaas hebben noch de industrie, noch de autoriteiten nog begrepen hoe groot het gevaar voor mens en milieu eigenlijk is.

Mogen deze veldwaarnemings en uitgebreide observaties leiden tot een verandering in het denken zodat de blootstelling-risicorelatie van 1:250 (dodelijke) kankers niet wordt vervuld bij een blootstelling van 0,001 mg/m³.

De reeks studies zal worden voortgezet en voortdurend worden aangevuld.

Wrocław, februari 2025

©De Chromaatexperts

Supplementen | Updates

Herziening: 1.xDatum __-__-__

5. Aanbevelingen voor actie

Het actiegebied schetst de voorgeschreven maatregelen die moeten worden toegepast als contact met zogenaamde "CMR-stoffen" (kankerverwekkende, mutagene en reprotoxische stoffen) door werknemers niet kan worden uitgesloten en wordt voornamelijk geïmplementeerd in nationale regelgeving door EU-richtlijn 2004/37/EG.

De volgende punten zijn afgeleid van de Duitse verordening inzake gevaarlijke stoffen (GefStoffV) en verschillende technische regels voor gevaarlijke stoffen (TRGS).

De lijst toont duidelijk de immense invloed die de aanwezigheid van zeswaardige chroomverbindingen zal hebben op eerdere werkprocessen.

Als de bevindingen van deze veldwaarneming worden begrepen, staat de hele energieproducerende industrie voor een ware paradigmaverschuiving.

Opgemerkt moet worden dat alle maatregelen alleen rekening houden met de beheersing van de verontreiniging die reeds heeft plaatsgevonden om het aantoonbaar bestaande risico voor mens en milieu te beheersen en verdere schade te voorkomen.

Op lange termijn moet de zogenaamde "minimaliseringseis" worden toegepast, d.w.z **. dat gevaarlijke stoffen moeten worden vervangen door stoffen die minder gevaarlijk zijn of in het beste geval helemaal niet gevaarlijk** zijn (vervanging (5.2.1)).

Aangezien chromaten niet aanwezig zijn vóór de inbedrijfstelling van de thermisch geïsoleerde systemen, maar alleen tijdens en na de inbedrijfstelling, ligt de prioriteit op de lange termijn bij het vervangen van de bron van chromaatvorming, d.w.z. de calciumhoudende isolatie. Calciumvrije isolatiesystemen zijn al beschikbaar en hebben betere eigenschappen dan de huidige stand van de techniek.

Een andere benadering zou het gebruik van hete onderdelen zijn die geen chroom bevatten, maar een dergelijke verandering zou alleen in nieuwe gebouwen kunnen worden aangebracht als onderdeel van verdere ontwikkelingen in de motortechnologie.

Vanuit het perspectief van vandaag is de enige optie voor de duizenden en duizenden installaties die al in bedrijf zijn, het verwijderen van de huidige isolatiematerialen, een grondige reiniging van de installatie (ontsmetting) en de daaropvolgende toepassing van genoemde (aard)alkalische metaaloxidevrije isolatie.

Ook al zijn deze nieuwe isolatiesystemen voor het eerst iets duurder in aanschaf en brengt de ontsmetting en afvoer van de oude thermische isolatie ook op korte termijn extra kosten met zich mee, deze kosten - zelfs als ze niet gepland zijn - waarschijnlijk nog steeds goedkoper dan het permanent blijven exploiteren van de getroffen systemen na de hieronder genoemde maatregelen.

In dit opzicht zal de geschiedenis zich herhalen, zoals die al bekend is uit de tijd van asbestverwijdering. Voor het volledige pakket aan maatregelen, de planning, uitvoering en monitoring ervan, is het aan te raden om toezicht te houden door deskundige veiligheidsfunctionarissen die ook de nodige contacten hebben met externe bedrijven die nodig zijn voor de uitvoering van de maatregelen.

5.1 Onmiddellijke maatregelen

5.1.1 Technische maatregelen

Behuizing en afzuiging

- Installatie van volledig afgesloten werkruimtes
- Onderdruk behoud met minimaal 20 Pascal
- Meertraps filtersystemen met HEPA H13/H14
- Luchtverversingssnelheid > 10 keer per uur
- Gescheiden toevoer- en afvoerluchtkanalen

Minimalisatie van stof

- Gebruik van stofarme ontmantelingsprocessen
- Bevochtiging van de werkruimtes waar mogelijk
- Speciaal gereedschap voor zacht werk
- Stofafzuiging direct op de plaats van oorsprong
- Regelmatige reiniging van het oppervlak

Inrichting van de werkplek

- Zwarte en witte gebieden instellen
- Professionele ontsmettingsluizen
- Gescheiden transportroutes voor materialen
- Markering van besmette gebieden
- Speciaal ingerichte reinigingszones

5.1.2 Organisatorische maatregelen

Toegangsbeperkingen

- Toegang alleen voor getraind personeel
- Documentatie van alle aanwezige personen
- Beperking in de tijd van de werktijd
- Rotatieprincipe voor blootgestelde activiteiten
- Coördinatie van parallel werk

Werkstromen

- Gedetailleerde werkinstructies
- Risicobeoordeling voor elke stap van het proces
- Bepaling van noodprocedures
- Regelmatige monitoring van de werkplek
- Documentatie van alle activiteiten

Hygiënemaatregelen

- Strikte scheiding van werk- en privékleding
- Regelmatige verandering van beschermende kleding
- Douchegelegenheid na het werk
- Verbod op eten/drinken op de werkplek
- Regelmatige reiniging van de werkgebieden

5.1.3 Persoonlijke beschermingsmiddelen

Ademhalinggerelateerd

- Volgelaatsmaskers met blaasondersteuning
- P3-filter voor zwevende deeltjes
- Regelmatig onderhoud en testen
- Individuele aanpassing, lektest voor elk gebruik

Beschermende kleding

- Wegwerp beschermende pakken Categorie III Type 5/6
- Chemisch bestendige handschoenen
- Speciale veiligheidsschoenen met overjassen
- Veiligheidsbril met zijbescherming
- Hoofd- en nekbescherming

Accessoires

- Communicatie
- Persoonlijke meetapparatuur
- Uitrusting voor noodgevallen
- Schoonmaakmateriaal
- EHBO-doos

5.2 Maatregelen op lange termijn

5.2.1 Vervanging

Alternatieve materialen

- Ontwikkeling van chroomvrije isolatieoplossingen
- Gebruik van Cleansulation producten
- Innovatieve bevestigingssystemen
- Verbeterde coatingtechnologieën
- Mechanisch stabielere constructies

Wijzigingen in het ontwerp

- Optimalisatie van isolatiegeometrieën
- Verbeterde toegankelijkheid voor onderhoud
- Modulair ontwerp
- Geïntegreerde monitoringsystemen
- Temperatuur-geoptimaliseerd ontwerp

Proces aanpassingen

- Herziening van onderhoudsintervallen

- Preventieve vervanging van bedreigde onderdelen
- Optimalisatie van bedrijfsparameters
- Aanpassing van reinigingsprocedures
- Ontwikkeling van speciaal gereedschap

5.2.2 Toezicht

Metrologische monitoring

- Continue luchtmetingen
- Regelmatige wistests
- Persoonlijke dosimetrie
- Biomonitoring
- Materiaalanalyses

Documentatie

- Digitaal onderhoudsbeheer
- Volledige documentatie over blootstelling
- Registratie van materiële wijzigingen
- Registratie van incidenten, langdurige archivering van alle gegevens

Kwaliteitsbewaking

- Regelmatige audits
- Certificering van processen
- Herziening van de beschermende maatregelen
- Validatie van meetmethoden
- Controle van documentatie

5.2.3 Kwalificatie

Basisopleiding

- Potentieel gevaar van chroom(VI)
- Maatregelen op het gebied van gezondheid en veiligheid op het werk
- Gedrag in noodgevallen
- Documentatieverplichtingen
- Rechtsgrondslag

Hands-on training

- Omgang met PBM's
- Decontaminatie proces
- Bemonstering technieken
- Reinigingsmethoden
- Oefeningen voor noodgevallen

Hoger onderwijs

- Regelmatige bijscholingen
- Updates over nieuwe regelgeving
- Uitwisseling van ervaringen
- Workshops over beste praktijken
- Gecertificeerde trainingen

5.2.4 Preventie

Gezondheidszorg

- Regelmatige arbeidsgeneeskundige keuringen
- Programma's voor biomonitoring
- Psychologische ondersteuning
- Ergonomisch ontwerp van de werkplek
- Beheer van gezondheid op het werk

Milieubescherming

- Verwijdering concepten
- Minimalisering van emissies
- Weg
- Strategieën voor recycling
- Monitoring van het milieu

Economie

- Kostenraming van de maatregelen
- Investering
- Verzekeringsaspecten
- Minimalisering van aansprakelijkheid
- Bescherming van het beeld

6. Conclusies

6.1 Blootstellingsrisico's

De gemeten waarden, bepaald uit een mix van verschillende isolatiematerialen en -systemen, bewijzen een systematische en significante overschrijding van de toepasselijke grenswaarden voor beroepsmatige blootstelling:

- **De gemeten chroom(VI)-concentraties van 2,33-6,99 µg/m³ in het directe werkgebied overschrijden vele nationale grenswaarden meermaals**
- **Zelfs bij de achtergrondbelasting (0,526-0,556 µg/m³, minimumwaarden) kan een overschrijding van de beoordelingsmaatstaf van 1 µg/m³ niet worden uitgesloten**
- **Het gevaar treft niet alleen direct blootgestelde werknemers, maar ook mensen in de uitgebreide werkomgeving**
- **De verticale verdeling van de belasting toont een effectieve verspreiding van het verontreinigde stof over het gehele werkgebied**

6.2 Systemische problemen

De veldwaarneming brengt fundamentele zwakke punten in de eerdere praktijk aan het licht:

- **De historische ontwikkeling van isolatiematerialen heeft geleid tot een inherent probleem**
- **De combinatie van calciumhoudende isolatiematerialen met chroomhoudende componenten creëert ideale omstandigheden voor chromaatvorming**
- **Mechanische belasting en veroudering verhogen de vorming en daaropvolgende afgifte van chromaten**
- **De bestaande beschermingsconcepten zijn ontoereikend voor de geïdentificeerde gevaren**

6.3 Risico's van overdracht

De veldwaarneming laat meerdere manieren van overdracht zien:

- **Primaire stofvrijlating door directe werkzaamheden aan de isolatie**
- **Secundaire contaminatie door oproeren en verspreiden**
- **Overdracht via gereedschappen, arbeidsmiddelen en persoonlijke beschermingsmiddelen**
- **Verspreiding via ventilatiesystemen en structurele openingen**

6.4 Economische implicaties

De noodzakelijke maatregelen hebben een aanzienlijke economische impact:

- **Directe investeringen in beschermingsmiddelen en technische faciliteiten**
- **Meer personeel en meer tijd nodig voor onderhoudswerkzaamheden**
- **Bijkomende kosten voor monitoring en documentatie**
- **Langetermijnuitgaven voor vervanging en preventie**

6.5 Paradigmaverschuiving nodig

De resultaten illustreren de noodzaak van een fundamentele heroverweging:

- **Eerdere praktijken zijn niet meer actueel en juridisch twijfelachtig**
- **Onmiddellijke technische en organisatorische maatregelen zijn essentieel**
- **Er is geen alternatief voor langdurige vervanging van chromaatvormende materialen**
- **Er moeten holistische preventiestrategieën worden ontwikkeld**

7. Aanbevelingen

Op basis van de onderzoeksresultaten worden de volgende aanbevelingen gedaan:

7.1 Strategische oriëntatie

De industrie moet een gecoördineerde aanpak volgen:

- **Ontwikkeling van een gemeenschappelijke strategie om het chromaatprobleem aan te pakken**
- **Opstellen van industrienormen voor niet-chromaatvormende isolatieoplossingen**
- **Oprichting van competentienetwerken voor de uitwisseling van ervaringen**
- **Gecoördineerde initiatieven op het gebied van onderzoek en ontwikkeling**

7.2 Technische innovatie

Focus op toekomstbestendige oplossingen:

- **Versnelde ontwikkeling van (aard)alkalische metaalvrije of laag-alkalische metalen isolatiematerialen**
- Optimalisatie van verwerkings- en assemblagetechnieken
- **Integratie van monitoringsystemen in nieuwe installatieconcepten**
- **Verbetering van ontsmettings- en reinigingstechnologieën**

7.3 Organisatorische herschikking

Aanpassing van de operationele structuren:

- **Implementatie van systematische risicobeoordelingen**
- **Opzetten van beroepsopleidings- en kwalificatieprogramma's**
- **Opzetten van effectieve documentatie- en verificatiesystemen**
- **Ontwikkeling van specifieke nood- en interventieplannen**

7.4 Regelgevende maatregelen

Aanbevelingen voor het regelgevend kader:

- **Aanscherping van monitoring en controle**
- **Standaardisatie van meetmethoden en documentatie**
- **Harmonisatie van internationale grenswaarden en normen**
- **Ontwikkeling van specifieke richtlijnen voor de industrie**

7.5 Preventieve strategieën

Preventiebenaderingen op lange termijn:

- **Systematische vervanging van chromaatvormende materialen (isolatie, afdichtingen, pasta's)**

- **Implementatie van concepten voor preventief onderhoud**
- **Ontwikkeling van verbeterde strategieën voor gezondheid en veiligheid op het werk**
- **Opzetten van continue verbeteringsprocessen**

7.6 Noodzaak van onderzoek

Geïdentificeerde onderzoeksinteresses:

- **Verdere ontwikkeling van meettechnologie en analysemethoden**
- **Onderzoek naar langetermijneffecten en chronische effecten**
- **Optimalisatie van ontsmettings- en reinigingsmethoden**
- **Ontwikkeling van innovatieve beveiligingsconcepten**

7.7 Economische aspecten

Aanbevelingen voor kostenoptimalisatie:

- **Ontwikkeling van kosteneffectieve beschermingsmaatregelen**
- **Optimalisatie van workflows en processen**
- **Gebruik van synergie-effecten tijdens de implementatie**
- **Rekening houden met levenscycluskosten bij investeringen**

Deze aanbevelingen moeten worden opgevat als richtsnoeren voor de toekomstige ontwikkeling van de industrie en moeten als basis dienen voor de ontwikkeling van specifieke actieplannen.

8. Bibliografie (bronnen/referentie)

Zie document "Veiligheid voor mens en milieu" van 06.12.2024

Aanvullend: TRGS 561, versie van 4 mei 2026; SEEF B.V., kennisbank over Cr(VI)-analyse in thermische isolatie, seefbv.com, geraadpleegd november 2026.

9. Test- en meetmethode (analyse van het totale stofgehalte)



9.1 Chroom(VI) uitstrijkje Test ST01



9.2 Cr(VI) testkit TK01



9.3 Cr(VI) Laboratoriumanalyse

9.1 "Chroom(VI) snelle tests"

In alle voorgaande onderzoeken en onderzoeken zijn zogenaamde "snelle tests" gebruikt voor de eerste detectie en identificatie van chroom(VI)-verbindingen.

Bij deze procedure wordt een in DPC gedrenkte testtip die hieronder wordt beschreven, afgeveegd of gedept over een te testen oppervlak om een colorimetrische reactie op te wekken in aanwezigheid van chroom(VI).

De werking van de sneltests, die door verschillende bedrijven worden aangeboden (bijv. product "HexChecks" (Figure Engineering Ltd. USA) of product "TK11" (MATInspired NL)), is gebaseerd op een "colorimetrische methode"; de testprocedure maakt gebruik van een chemische reactie met 1,5-difenylcarbazide (DPC), die in aanwezigheid van chroom(VI) oxideert tot 1,5-difenylcarbazon en een violette tot roze verkleuring produceert.

De intensiteit van de kleur is evenredig met de chroom(VI) concentratie en kan visueel of met een colorimeter worden beoordeeld.

De testresultaten zijn vrij betrouwbaar, **vals-positieve resultaten zijn zeer zeldzaam, maar vals-negatieve resultaten wel, omdat het kan gebeuren dat stof en afzettingen, maar ook olieachtige oppervlakken, de reactie tussen chroom(VI) en de DPC tijdens het wattenstaafje kunnen voorkomen**.

Sinds 2023 biedt het Nederlandse bedrijf "SEEF B.V." een speciaal voor chromaat vervuild thermisch isolatiesysteem "Chromaat Speedtest" aan, dat ook is ontworpen volgens de bovengenoemde methoden, maar iets minder gevoelig is voor stofafzettingen, maar deze toch niet volledig kan voorkomen.

Veldtests hebben aangetoond dat de **uitstrijkjes een "echt positieve" treffer hebben van meer dan 99%** en een **"vals-negatieve" ratio van minder dan 50%,** dus is besloten om deze testmethode in de toekomst te behouden.

Het is voordelig om bij de selectie van testmethoden te vermelden dat SEEF een mobiel laboratorium heeft ontwikkeld voor relatief eenvoudige maar diepere Cr6-analyse, dat ook stationair kan worden gebruikt en een relatief snelle laboratoriumachtige test voor materiaalmonsters biedt.

9.2 "Mobiel laboratorium" Cr(VI) testkit TK01 (SEEF B.V.)

De TK01 Chroom-6 testkit maakt een snelle en betrouwbare analyse van chroom-6 ter plaatse mogelijk en is ontwikkeld voor de meting van calciumchromaat in onder andere isolatie, montagepasta's, smeermiddelen en RVS onderdelen. De analyse vindt plaats binnen 45 minuten en maakt de gelijktijdige analyse van 6 monsters mogelijk. Het gepatenteerde proces voorkomt de reductie van chroom-6 tot chroom-3 tijdens het analyseproces en

minimaliseert tegelijkertijd de interferentie van zink en aluminium.

Kleinere materiaalmonsters of zogenaamde wipe swabs worden voorbehandeld met bepaalde chemische stoffen en verwarmd in reageerbuisjes, zodat een bijna 100% veilige colorimetrie kan worden uitgevoerd.

In de praktijk kunnen bijvoorbeeld bij verdere tests volgens deze procedure bijvoorbeeld sterk met stof bedekte of anderszins vervuilde gebieden ondanks een negatieve sneltest als positief en dus chromaathoudend worden gedetecteerd.

9.3 Laboratoriumanalyse (veegtest | Materiaal monsters) (SEEF B.V.)

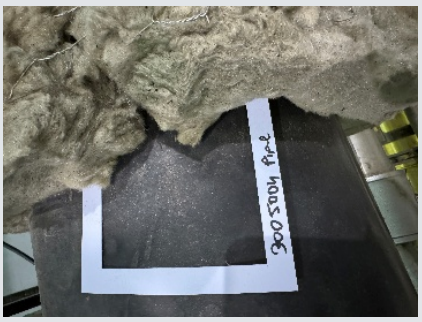
Bij de zogenaamde "veegtest" wordt een ruimtelijk afgebakend gebied van 10 x 10 cm diagonaal en horizontaal met een doek afgeveegd om het oppervlaktestof te absorberen en in het doek te binden.

Als het doek vervolgens niet wordt onderzocht met behulp van de mobiele laboratoriummethode, wordt het naar het laboratorium gestuurd voor analyse van de chroom(VI)-belasting voor het geteste gebied. Een paar dagen later werd de exacte besmetting in ppm | mg/kg schriftelijk; Het veegmonster wordt ook getest op andere zware metalen.

In het geval van materiaalmonsters worden monsters van vezelstof of andere afzettingen naar het laboratorium gestuurd en vervolgens geanalyseerd en geëvalueerd volgens dezelfde procedure als bij de veegtest.



9.3 Test wissen



9.3 Test wissen



9.3 Testanalyse wissen met TK01



9.3 Materiaal monster



9.3 Materiaal monster



9.3 Analyse van materiaalmonsters met TK01

10. Test- en meetmethode (achtergrondbelasting)



10.1 Bemonstering apparaat



10.1 Pompende kop



10.1 Meetprincipe

10.1 "Bemonsteringsapparaat SG 10-2 (GSA)"

Het **SG10-2 bemonsteringsapparaat** incl. oplader voor **de persoonlijke** en **stationaire** bemonstering van gevaarlijke stoffen tot 12 l/min volgens EN 481.

Het **SG10-2 bemonsteringsapparaat** is ontwikkeld voor het meten van gevaarlijke stoffen, vooral wanneer **grote volumestromen** nodig zijn.

De SG10-2 biedt een debiet van 1-12 l/min en maakt zo aanzienlijk kortere meettijden mogelijk.

De verschillende door IFA gelicentieerde bemonsteringskoppen maken het mogelijk om inhaleerbaar stof (**E-stof, totaal stof**) en/of de alveolaire stoffractie (A-stof, fijnstof) te meten.

Voor de bepaling van chroom(VI)-verbindingen in de lucht die we inademen, is een volumedebiet van 10 l/min ingesteld.

De metingen werden uitgevoerd op basislagers van de DGUV (Duitse sociale ongevallenverzekering) in overeenstemming met informatie 213-505 als erkende meetmethode voor het bepalen van de concentratie zeswaardig chroom in de lucht in werkruimtes.

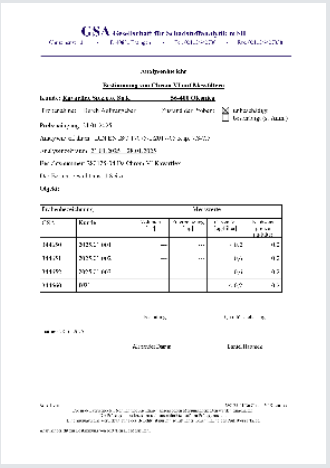
Een paar dagen nadat het in de analyseoplossing opgeloste filter is verzonden, wordt het resultaat gegeven in microgrammen/filters, gevolgd door conversie en evaluatie (totale hoeveelheid lucht, afgeleid van deze microgram/kubieke meter).



10.2 Opgelost filter in oplossing



10.2 Analyse oplossing



10.2 Certificaat van analyse

11. Vooruitzichten en verder onderzoek

11.1 Status van deze veldwaarneming

De veldstudie over het chroom(VI)-probleem vormt de basis van de onderzoeksreeks.
Het vormt de wetenschappelijke en methodologische basis voor alle verdere onderzoeken. De observaties uit de veldwaarneming FB01 en metingen en analyses uit de veldwaarneming FB02 verbreden het perspectief.
Toekomstige en vroegere metingen en empirische waarden worden gebruikt als aanvullende gegevensverzameling ("observaties uit de praktijk"), waarbij de vastgestelde methoden en parameters van het hoofdonderzoek als standaard dienen.

11.2 Representativiteit en overdraagbaarheid

Er moet uitdrukkelijk op worden gewezen dat de MWM-motor die in de veldstudie werd onderzocht, toevallig de eerste eenheid was die werd geanalyseerd met behulp van de modernste meettechnologie.

Het is opmerkelijk dat deze motor een relatief kleine hoeveelheid textielisolatie heeft in vergelijking met andere fabrikanten. De onderzochte isolatiecassettes zijn professioneel en van hoge kwaliteit, maar houden geen rekening met de vorming van chromaten. Veel andere motorfabrikanten gebruiken aanzienlijk meer textielisolatietechnologie en aanzienlijk inferieure cassettes, wat mogelijk tot nog hogere belastingen kan leiden.

11.3 Uitgebreide bevindingen

De aanzienlijke chroom(VI)-concentraties die in verwijderbare metalen cassettes worden gedetecteerd, worden geproduceerd volgens het duidelijke thermochemische patroon in gebieden waar calciumhoudende isolatiematerialen met luchttoevoer ("zuurstof-open") zijn geïnstalleerd. Deze waarneming ondersteunt de theoretische beschouwingen over het vormingsmechanisme van chromaten opnieuw op een praktische manier.

11.4 Automobielsector

Eerste vooronderzoeken hebben ook chromaten gedetecteerd in de motorruimte van verschillende automodellen (vooral Mercedes en Audi). Verdere specifieke studies worden momenteel voorbereid voor dit doel. De mogelijke implicaties van deze bevindingen voor de automobielsector zijn het onderwerp van lopende onderzoeken.

11.5 Maatschappelijke relevantie

De omvang van het probleem wordt vooral duidelijk wanneer men de uiteenlopende toepassingsgebieden van de betrokken motoren in aanmerking neemt. Aggregaten van het bestudeerde type zijn onder meer te vinden in:

- ziekenhuizen, openbare gebouwen (energievoorziening | Noodstroomgeneratoren)
- Liners | Centrales
- Industriële installaties

Dit onderstreept de noodzaak van verder systematisch onderzoek en preventieve maatregelen.

11.6 Vooruitzichten

De beschikbare bevindingen markeren slechts het begin van een uitgebreide inventarisatie. De geïdentificeerde blootstellingsrisico's en de mogelijke gevolgen ervan voor de veiligheid op het werk en de volksgezondheid vereisen verder gedetailleerd onderzoek. Op basis van de hier ontwikkelde methoden en normen worden verdere toepassingsgebieden en scenario's systematisch geanalyseerd.

De resultaten van deze veldwaarneming suggereren dat een sectoroverschrijdende herbeoordeling van het gebruik van calciumhoudende hogetemperatuurisolatie dringend nodig is. De bescherming van blootgestelde werknemers en de ontwikkeling van veilige alternatieven moeten op de voorgrond staan.

11.7 Verdere documentatie

Deze veldwaarneming en alle daaropvolgende evaluaties zullen worden uitgevoerd op basis van de veldstudie en verschillen in toelichting op 2.1 (werksituatie en milieu, toestand van de isolatie), 2.2 (meetmethoden en uitvoering) en 2.2.2 (totale stofanalyse), alsmede de meetresultaten; Alle andere informatie kan in dezelfde context worden behandeld en geïnterpreteerd, zij het met kleine variaties.

Versiegeschiedenis

Versie	Datum	Wijziging
1.0	januari 2025	Eerste uitgave
1.1	november 2026	Nieuwe opmaak in het ontwerpsysteem van de Chromaatexperts; schrijfwijze chroom(VI) geüniformeerd. Actualisering: beoordeling aan de beoordelingsmaatstaf van 1 µg/m³ (TRGS 910, TRGS 561), geen acceptatieconcentratie; luchtmeetwaarden (standaardmethode GSA) als minimumwaarden aangeduid, met gegevens van SEEF B.V. over de terugvinding; Britse grenswaarde gecorrigeerd (EH40: 0,01 mg/m³); Nederlandse grenswaarde volgens het Arbobesluit; TRGS 561 in de versie van 4 mei 2026 opgenomen; kruisverwijzingen omgezet naar veldstudie en veldwaarnemingen; technische regels voor gevaarlijke stoffen.