

Długotęka, październik 2026

Pominięty składnik

Jak niepozorny tlenek metalu wywołuje ogólnoświatową cezurę w ochronie pracy i środowiska

Przegląd analizy fachowej, siedem porządków prawnych

Wersja 1.4 · październik 2026

Markus Sommer, ekspert ds. chromianów, Die Chromatexperten · www.chromatexperten.de

1. Stan faktyczny

Materiały izolacyjne wysokotemperaturowe zawierają tlenki zasadowe, przede wszystkim tlenek wapnia i tlenek sodu. Żaden z nich nie jest klasyfikowany jako rakotwórczy i żaden nie występuje w rozważaniach dotyczących chromu(VI). Powyżej około 300 °C reagują one z warstwą tlenku chromu gorących elementów ze stopu chromowego, tworząc chromian wapnia i chromian sodu, przy czym chromian sodu już od około 200 °C. Reakcja wymaga źródła chromu, tlenku zasadowego, tlenu i temperatury. Wszystkie cztery warunki są spełnione w izolowanej instalacji wysokotemperaturowej podczas normalnej eksploatacji. W stanie dostawy chromianu nie ma; powstaje on na granicy faz między materiałem izolacyjnym a elementem i tworzy się na nowo po każdym rozruchu. Uwalniany jest przy konserwacji, demontażu, czyszczeniu, remoncie i demontażu końcowym, i to jako pył, który opuszcza strefę pracy na narzędziach, odzieży, rękawicach i zdemontowanych elementach.

2. Co jest udokumentowane

Droga powstawania jest opisana w formie patentowej od 1939 roku. Patent USA 2 176 687 zastrzega wyraźnie wytwarzanie chromianu wapnia i chromianu sodu ze źródła chromu, wapna lub sody oraz tlenu. Eksperymentalnie potwierdzona jest ona na granicy faz między metalem a materiałem izolacyjnym: w 2015 roku na izolacji z krzemianu wapnia wykazano CaCrO_4 , a na izolacji zawierającej sól Na_2CrO_4 , z 160 mg Cr(VI) na metr kwadratowy powierzchni kontaktu po 1000 godzinach i 940 mg/m² po 5000 godzinach. Warstwa zaporowa o grubości 3 do 4 µm niemal całkowicie zahamowała powstawanie. Najwcześniejsze ostrzeżenie producenta pochodzi z kwietnia 1990 roku i w 1994 roku zostało wyraźnie rozszerzone na materiały izolacyjne i wyroby włókiennicze. Dokumenty operatorów i serwisów z lat 2019 do 2025 opisują ten sam przebieg, z oknem temperaturowym i źródłem wapnia. Dochodzą do tego własne wizje lokalne oraz próbki wymazowe i materiałowe od 2019 roku na silnikach, elektrowniach, spalarniach, statkach, pojazdach i maszynach budowlanych.

3. Dlaczego zostaje to pominięte

Termin zbiorczy chrom(VI) trafnie ujmuje zagrożenie i zakrywa przyczynę. Za każdym stwierdzonym wynikiem stoi sól, a przedrostek tej soli nazywa partnera reakcji. Kto znajduje chromian wapnia, widzi pochodzenie związku; jeżeli mówi się jedynie o chromie(VI), informacja ta pozostaje niewykorzystana.

Dochodzi do tego konstrukcja dokumentów. Karta charakterystyki opisuje stan dostawy i jest bez znaczenia dla oceny czynności konserwacyjnej. W kartach charakterystyki wyrobów włóknistych wapń nie występuje jako odrębny wiersz, mimo że jest zawarty w definicji substancji pod numerem CAS.

Trzecia przyczyna leży w analityce. Dla termicznych materiałów izolacyjnych nie istnieje metoda znormalizowana, matryca sama jest partnerem reakcji, a przeniesione metody dają wyniki zaniżone, aż do wartości bliskich zeru. Wynik ujemny bez podania odzysku na tej samej matrycy nie jest wypowiedzią o zawartości.

4. Popioły ze spalania

W izolacjach cieplnych powstawaniu można zapobiec przez wybór materiału. W popiołach ze spalania ta możliwość odpada, ponieważ partner reakcji znajduje się we wsadzie, a wsad nie podlega wyborowi. Tlenek wapnia występuje w odpadach komunalnych w ilości około 3 procent. Chromian wapnia powstaje między 500 a 850 °C przy wystarczającym ciśnieniu parcyjnym tlenu i powyżej 850 °C jest ponownie redukowany.

Krytyczna nie jest praca przy pełnym obciążeniu, lecz wyłączanie do konserwacji. Resztki popiołu pozostają na ruszcie i na gorących elementach ze stali stopowej z chromem, temperatura przechodzi okno powstawania z góry na dół, a przez otwarcie instalacji dopływa dodatkowy tlen. Przy remoncie wewnątrz instalacji montuje się rusztowania, a komponenty rusztu są obchodzone, poddawane obróbce powierzchniowej, demontowane i wymieniane. Gdzie instalacja pracuje z bezpośrednim odsiarczaniem, sorbent zawierający wapń jest dodatkowo wprowadzany do komory spalania przy około 900 °C albo do ciągów kotłowych przy około 350 °C. Dla tego obszaru pozostaje jedynie reżim ochronny.

5. Obowiązki w siedmiu porządkach prawnych

Niemieckie przepisy są w tej analizie punktem odniesienia, ponieważ wyraźnie opisują omawiany tu przypadek. Niemiecka TRGS 561 omawia go w punkcie 5.9.3, a reżim ochronny obowiązuje według niej już wtedy, gdy obciążenia chromem(VI) nie da się wykluczyć. Niemieckie rozporządzenie o substancjach niebezpiecznych wymaga w § 6 ustępach od 2a do 2c sprawdzenia, czy przy czynnościach mogą być uwalniane substancje niebezpieczne z instalacji, skorzystania z wiedzy zewnętrznej przy braku wymaganych kompetencji oraz, jeżeli konieczne jest rozpoznanie techniczne, jego przeprowadzenia jako warunku wykonania czynności. § 7 ustęp 1 zakazuje podjęcia czynności przed oceną ryzyka i przed środkami ochronnymi.

Ramy wyznacza prawo europejskie. Dyrektywa 2004/37/WE od ponad dwudziestu lat wymaga ustalenia rodzaju, rozmiaru i czasu trwania narażenia oraz uwzględnienia przy tym dalszych dróg narażenia, w tym wchłaniania przez skórę. Obowiązuje ona we wszystkich państwach członkowskich. Od 17 stycznia 2025 roku dla związków chromu(VI) obowiązuje wiążąca wartość graniczna 0,005 mg/m³.

Francja stosuje te same ramy z trzema odrębnościami. Artykuł R. 4412-61 Code du travail wymaga dla każdej czynności z możliwym ryzykiem narażenia na substancję rakotwórczą oceny rodzaju, stopnia i czasu trwania narażenia, a ocena obejmuje wszystkie drogi narażenia, w tym skórę. Artykuł R. 4412-66 wymaga zastąpienia w zakresie technicznie możliwym oraz wpisania wyniku oceny do document unique. Wiążąca wartość graniczna wynosi 0,001 mg/m³ jako wartość średnia ośmiogodzinna, pięciokrotnie poniżej wartości europejskiej; jej zachowanie podlega sprawdzeniu co najmniej raz w roku przez jednostkę akredytowaną, a przekroczenie pociąga za sobą wstrzymanie pracy na objętych nim stanowiskach. Obowiązek rozpoznania azbestu według artykułów L. 4412-2 i R. 4412-97 obejmuje sześć domen, wśród nich pojazdy szynowe, statki, statki powietrzne oraz instalacje, struktury i wyposażenie. Dla nazwanej substancji obowiązek istnieje tym samym dokładnie w tych klasach instalacji, w których powstają chromiany.

Szwajcaria nie jest członkiem Unii Europejskiej i nie ma dla tego przypadku odrębnego rozdziału. Obowiązki wynikają z artykułu 82 ustęp 1 ustawy o ubezpieczeniu wypadkowym, który wymaga wszystkich środków niezbędnych według doświadczenia, możliwych do zastosowania według stanu techniki i dostosowanych do danych warunków, oraz z rozporządzenia o zapobieganiu wypadkom i chorobom zawodowym: artykuł 3 dla środków i ich sprawdzania, artykuł 6 ustęp 1 dla informacji i instruktażu, artykuł 8 ustęp 1 dla prac o szczególnych zagrożeniach, artykuł 11a ustęp 1 dla powołania specjalistów bezpieczeństwa pracy oraz artykuł 44 ustęp 1, który wyraźnie obejmuje obchodzenie się z substancjami zagrażającymi zdrowiu i ich magazynowanie. Suva nie prowadzi dla związków chromu(VI) wartości MAK, ponieważ nie jest znany próg działania rakotwórczego; wartość 0,001 mg/m³ istnieje wyłącznie jako warunek zezwolenia wyjątkowego na podstawie rozporządzenia o ograniczaniu ryzyka związanego z chemikaliami. Jej miejsce zajmuje obowiązek minimalizacji według zasady STOP, z substytucją na pierwszym miejscu.

W Niderlandach artykuł 4.2 Arbeidsomstandighedenbesluit wymaga oceny rodzaju, rozmiaru i czasu trwania narażenia w ramach inwentaryzacji ryzyka, także wtedy, gdy takie czynności nie są obecnie wykonywane; artykuł 4.17 wymaga pierwszeństwa zastąpienia substancji i procesów rakotwórczych w zakresie technicznie wykonalnym, a wyraźny zakaz rozpoczęcia prac przed oceną znajduje się, odniesiony do azbestu, w artykule 4.54a. Niderlandzka wartość graniczna wynosi 0,001 mg/m³ jako chrom.

W Zjednoczonym Królestwie zakaz rozpoczęcia prac ujęty jest niezależnie od konkretnej substancji w regulation 6(1) COSHH Regulations 2002: pracodawca nie może wykonywać prac, przy których pracownicy mogą być narażeni na substancję zagrażającą zdrowiu, bez odpowiedniej i wystarczającej oceny oraz bez wdrożenia wynikających z niej środków. Wartość dopuszczalna na stanowisku pracy według EH40 w wydaniu czwartym 2020 wynosi 0,01 mg/m³, a dla substancji rakotwórczych COSHH Regulations wymagają zarazem ograniczenia do rozsądnie wykonalnego minimum. W Stanach Zjednoczonych 29 CFR 1926.1126(d) zobowiązuje każdego objętego pracodawcę do oznaczenia wartości średniej ośmiogodzinnej dla każdego narażonego pracownika; dopuszczalna wartość graniczna według 29 CFR 1910.1026 wynosi 5 µg/m³ przy action level 2,5 µg/m³, do tego odzież ochronna, szatnie i umywalnie oraz zakaz przedmuchiwania sprężonym powietrzem. Dochodzi do tego prawo zamówień publicznych: klauzula DFARS 252.223-7008 zakazuje dostawy przedmiotów z chromem(VI) powyżej 0,1 procent wagowego w materiale jednorodnym, a także dostawy przedmiotów, przy których chrom(VI) musiałby być w późniejszych fazach utrzymania usuwany lub nakładany na nowo.

Wartości progowej, poniżej której reżim ochronny by odpadał, nie zna żaden z tych porządków, a we wszystkich sankcja wiąże się z niewykonanym obowiązkiem, a nie z powstałą szkodą. We Francji grzywnę według artykułu L. 4741-1 Code du travail wymierza się tyle razy, ilu pracowników przedsiębiorstwa jest nią objętych, a faute inexcusable pracodawcy wymaga według orzecznictwa Cour de cassation, aby miał on wiedzę o zagrożeniu albo musiał ją mieć i nie podjął wymaganych środków. Australia pokazuje kierunek: od 1 grudnia 2026 roku Safe Work Australia nie wydaje już wartości dopuszczalnej na stanowisku pracy dla genotoksycznych czynników rakotwórczych bez wartości progowej, w tym dla związków chromu(VI); jej miejsce zajmuje obowiązek wyeliminowania narażenia albo zminimalizowania go w stopniu tak dużym, jak jest to rozsądnie wykonalne.

6. Granice obróbki następczej

Redukcja chromu(VI) do chromu(III) jest chemicznie możliwa i wymaga odpowiedniego reduktora, odpowiedniego zakresu pH, wystarczającego czasu kontaktu oraz dowodu skuteczności. W dostępnych instrukcjach roboczych brakuje warunków, które wyraźnie nazywa certyfikat badania zleconego laboratorium, a dowodu skuteczności dla matrycy materiału izolacyjnego nie ma. Kontrola skuteczności opiera się na kolorymetrycznym teście szybkim, którego wynik ujemny ta sama jednostka badawcza pisemnie uznaje za niemiarodajny; badanie terenowe wykazało na turbosprężarce 869 ng Cr(VI), podczas gdy test szybki w tym samym miejscu wypadł ujemnie.

Olej penetrujący nie redukuje chromu(VI); chromian przechodzi do fazy olejowej i zostaje wyłączony z pomiaru. Chrom(III) nie jest przy tym stanem końcowym. Rozpuszczalne związki chromu(III) noszą w niemieckiej liście wartości MAK i BAT 2026 oznaczenie uczulania Sh, które związki występują faktycznie po obróbce, nie jest nigdzie ustalane, a wraz z ponownie zabudowanym materiałem partner reakcji wraca na gorący element.

7. Rząd wielkości

Analiza fachowa zawiera szacunek liczby zdarzeń, a nie liczby wyników. Publiczne dane producentów, statystyki flot i rejestry instalacji dają między innymi 190 000 silników jednej serii w eksploatacji, ponad 100 000 sprzedanych silników dwóch dalszych serii, aktywną zainstalowaną bazę 44 GW u producenta silników gazowych, ponad 7000 turbin gazowych jednego producenta z podanym udziałem około połowy światowej bazy, około 7300 bloków elektrowni węglowych, około 109 000 statków, 6,16 miliona samochodów ciężarowych powyżej 3,5 tony w Unii Europejskiej oraz 2539 spalarni odpadów w Europie, Stanach Zjednoczonych, Chinach i Japonii.

Przy przyjętych okresach konserwacji i remontów wynika z tego około 58 000 do 61 000 zdarzeń w roku już w samych segmentach przemysłowych, do tego miliony pobyków w warsztacie, których istotny udział nie został określony liczbowo. Przedmiotem oceny nie jest tym samym pojedynczy przypadek.

8. Obowiązki w Niemczech

Rozdział 3I podaje powody, dla których w tej analizie cytowane są przede wszystkim przepisy niemieckie. Ten rozdział zestawia obowiązujące przepisy niemieckie w jednym miejscu i przy każdym stwierdzeniu podaje źródło. Powtarza przy tym punkty, które w innym miejscu występują w szerszym kontekście, aby zakład w Niemczech nie musiał zbierać obowiązków z całej analizy.

Pojęcie substancji niebezpiecznej obejmuje także to, co dopiero powstaje

Niemieckie rozporządzenie o substancjach niebezpiecznych nie wiąże się z zakupem. § 2 ustęp 1 punkt 3 zalicza do substancji niebezpiecznych „substancje, mieszaniny i wyroby, z których przy wytwarzaniu lub stosowaniu powstają lub są uwalniane substancje według punktu 1 lub punktu 2”. Punkt 4 obejmuje dodatkowo substancje i mieszaniny, które z powodu swoich właściwości oraz sposobu, w jaki występują lub są stosowane na stanowisku pracy, mogą zagrażać zdrowiu i bezpieczeństwu pracowników. Chromian, który powstaje na granicy faz między izolacją a gorącym elementem, jest tym objęty, choć nikt go nie kupił i nikt nie zamierzał go wytworzyć.

Substytucja i kolejność środków

§ 7 ustęp 3 wymaga, aby na podstawie wyniku oceny możliwości substytucji „w pierwszej kolejności przeprowadzić substytucję”, a to przez substancje, mieszaniny, wyroby lub procesy, które w danych warunkach zastosowania nie są niebezpieczne albo są mniej niebezpieczne. § 7 ustęp 4 porządkuje dalsze stopnie: ukształtowanie procesów i niskoemisyjne formy stosowania według stanu techniki, następnie zbiorowe środki techniczne u źródła zagrożenia i środki organizacyjne, a dopiero potem środki indywidualne wraz ze środkami ochrony indywidualnej. § 7 ustęp 5 zdanie 2 określa, że stosowanie obciążających środków ochrony indywidualnej nie może być środkiem stałym.

Co z tego wynika dla zakładu w Niemczech

Z wymienionych przepisów wynika sprawdzalny zestaw dokumentów. Należą do niego udokumentowana i sporządzona przez osobę posiadającą wymagane kompetencje ocena ryzyka dla połączenia materiałów gorącego elementu ze stali stopowej z chromem i zasadowego materiału izolacyjnego oraz przeprowadzona i uzasadniona ocena możliwości substytucji według § 7 ustęp 3. Należą do niego informacja podmiotu zlecającego według § 5a i rozpoznanie techniczne według § 6 ustęp 2c. Należą do niego instrukcja stanowiskowa i roczne szkolenie według § 14. Należą do niego wpis do rejestru narażenia albo jego uzasadnienie według § 10a w związku z TRGS 410, zapewnienie obowiązkowej opieki profilaktycznej oraz klasyfikacja odpadu według zawartości.

9. Obowiązki w Unii Europejskiej

Krajowe przepisy państw członkowskich wdrażają prawo Unii. Ten rozdział zestawia to, czego wymaga samo prawo Unii, i oddziela przy tym prawo ochrony pracy od prawa o substancjach i od prawa odpadowego. Wykonanie należy do państw członkowskich; obowiązki powstają dla zakładu z odpowiedniego prawa krajowego.

Zakres zastosowania dyrektywy 2004/37/WE

Dyrektywa obowiązuje zgodnie z artykułem 3 ustęp 1 „w stosunku do czynności, przy których pracownicy w wyniku swojej pracy są lub mogą być narażeni na czynniki rakotwórcze, mutageny lub substancje reprotoksyczne”. Wiąże się tym samym z narażeniem przy czynności. Artykuł 2 litera a podpunkt i definiuje czynnik rakotwórczy przez kryteria klasyfikacji załącznika I rozporządzenia (WE) nr 1272/2008 i nie zawiera ograniczenia do substancji kupionych, wprowadzonych do obrotu lub świadomie stosowanych. Chromian wapnia i chromian sodu są w załączniku VI część 3 tego rozporządzenia zaklasyfikowane w sposób zharmonizowany jako rakotwórcze kategorii 1B.

Wiążąca wartość graniczna

Załącznik III część A dyrektywy 2004/37/WE podaje wpis „związki chromu(VI), które są rakotwórcze w rozumieniu artykułu 2 litera a podpunkt i (jako chrom)” z wartością graniczną 0,005 mg/m³ jako średnią ważoną w czasie w okresie ośmiu godzin. Wartości krótkoterminowej nie ustalono, a kolumna z uwagą jest pusta. Kolumna przejściowa podaje 0,010 mg/m³ do 17 stycznia 2025 roku i 0,025 mg/m³ do tej samej daty dla prac spawalniczych i cięcia plazmowego oraz podobnych procesów powodujących powstawanie dymu.

Co z tego wynika

Dla zakładu w państwie członkowskim obowiązek powstaje z krajowego prawa wdrażającego. Miara oceny prawa Unii jest przy tym w trzech miejscach surowsza niż pytanie o pomiar. Ocena według artykułu 3 ustęp 2 jest odniesiona do czynności i należy ją powtarzać przy każdej zmianie warunków. Wchłanianie przez skórę należy zgodnie z artykułem 3 ustęp 3 wyraźnie uwzględnić. Zmniejszenie według artykułu 5 ustęp 3 nie jest powiązane z żadnym progiem; obowiązuje, gdy tylko system zamknięty nie jest technicznie możliwy. Państwo członkowskie może przewidzieć surowsze przepisy; dyrektywa ustala wymagania minimalne.

10. Obowiązki w Niderlandach

Niderlandy są państwem członkowskim Unii Europejskiej i wdrożyły dyrektywę 2004/37/WE w Arbeidsomstandighedenbesluit. Omawiany tu przypadek zastosowania również tam jest jako taki nazwany. Ten rozdział zestawia obowiązujące przepisy niderlandzkie i przy każdym stwierdzeniu podaje źródło.

Pojęcie substancji jest neutralne wobec pochodzenia

Artykuł 1.1 ustęp 5 litera b niderlandzkiego rozporządzenia o warunkach pracy definiuje substancje niebezpieczne jako „stoffen of mengsels waaraan werknemers bij de arbeid worden of kunnen worden blootgesteld die vanwege de eigenschappen van of de omstandigheden waaronder die stoffen of mengsels voorkomen gevaar voor de veiligheid of gezondheid kunnen opleveren”. Definicja wiąże się z narażeniem przy pracy i z okolicznościami występowania. Zakup, wprowadzenie do obrotu i zamierzone zastosowanie nie występują w niej.

Wartość graniczna 0,001 mg/m³

Ustawowa wartość graniczna znajduje się w Bijlage XIII część B2 Arbeidsomstandighedenregeling, w wykazie wartości granicznych ustalonych dla substancji rakotwórczych według podejścia opartego na ryzyku. Wpis brzmi „Chroom (VI)-verbindingen (als Cr)” z 0,001 mg/m³ jako średnią ważoną w czasie w okresie ośmiu godzin. Numeru CAS, wartości piętnastominutowej i notacji skórnej nie wpisano. Zgodnie z objaśnieniem do Bijlage XIII wartość odnosi się przy substancjach, które mogą występować jako cząstki, do frakcji próbkowanej jako pył wdychalny.

Co z tego wynika dla zakładu w Niderlandach

Z wymienionych przepisów wynika sprawdzalny zestaw dokumentów. Należą do niego pisemna ocena według artykułu 4.2 ustęp 1 dla połączenia materiałów gorącego elementu ze stali stopowej z chromem i zasadowego materiału izolacyjnego oraz siedem informacji według artykułu 4.13 wraz z uzasadnieniem, dlaczego substytucja nie jest technicznie wykonalna. Należy do niego ustalona przez pracodawcę wartość graniczna według artykułu 4.16 ustęp 2, o ile nie ma zastosowania wartość ustawowa. Należą do niego lista według artykułu 4.15 z czterdziestoletnim przechowywaniem, roczne szkolenie według artykułu 4.19 litera a oraz opis odpadu według artykułu 10.39 Wet milieubeheer.

11. Obowiązki w Zjednoczonym Królestwie

Ten rozdział zestawia brytyjskie przepisy w jednym miejscu, tak jak czynią to trzy poprzednie rozdziały dla Niemiec, Unii Europejskiej i Niderlandów. Zjednoczone Królestwo od 1 stycznia 2021 roku nie jest już związane dyrektywą 2004/37/WE. Podstawowy przepis, Control of Substances Hazardous to Health Regulations 2002, jest starszy niż ta dyrektywa i obowiązuje nadal w niezmienionym brzmieniu.

Zakres terytorialny jest podzielony. COSHH Regulations 2002 i Control of Asbestos Regulations 2012 noszą adnotację „E+W+S” i obowiązują tym samym w Anglii, Walii i Szkocji; Irlandia Północna ma w Control of Substances Hazardous to Health Regulations (Northern Ireland) 2003 i w Control of Asbestos Regulations (Northern Ireland) 2012 własne, zbudowane tak samo co do treści przepisy. W prawie odpadowym cztery części kraju idą własnymi drogami, z osobnymi rozporządzeniami dla Anglii, Walii, Szkocji i Irlandii Północnej. Dane tego rozdziału odnoszą się, o ile nie podano inaczej, do Anglii i Walii.

Pojęcie substancji nie zależy od klasyfikacji

Regulation 2(1) określa, co jest „substance hazardous to health”. Litera a obejmuje każdą substancję, która spełnia kryteria klasyfikacji w klasie zagrożenia dla zdrowia według rozporządzenia CLP, i to wyraźnie „whether or not the substance is classified under that Regulation”. Litera b obejmuje substancje z wartością graniczną na stanowisku pracy zatwierdzoną przez brytyjski urząd HSE, litera d pył każdego rodzaju powyżej podanego tam stężenia. Chromian, który powstaje na granicy faz między izolacją a gorącym elementem, spełnia kryteria liter a i b, bez konieczności istnienia dostawcy, karty charakterystyki ani formalnej klasyfikacji.

Zapobieganie, zastąpienie i to, co rozsądnie wykonalne

Regulation 7(1) wymaga zapobieżenia narażeniu albo, o ile nie jest to rozsądnie wykonalne, odpowiedniego jego kontrolowania. Regulation 7(2) stwierdza pierwszeństwo zastąpienia; regulation 7(3) porządkuje dalsze stopnie od ukształtowania procesów przez kontrolę u źródła do środków ochrony indywidualnej. Regulation 7(4) litera b wymaga wyraźnie „the adoption of suitable maintenance procedures”, litera c zmniejszenia liczby narażonych pracowników, wysokości i czasu trwania narażenia oraz ilości obecnej na stanowisku pracy do minimum niezbędnego dla pracy. Rozdział 30 podaje brzmienie ustępów 1, 2 i 5.

Co z tego wynika dla zakładu w Zjednoczonym Królestwie

Obowiązki zaczynają się przed pracą. Regulation 6(1) zakazuje rozpoczęcia bez odpowiedniej i wystarczającej oceny, a regulation 6(2) litera e podaje konserwację z potencjałem wysokiego narażenia jako odrębny przedmiot oceny. Ocena, która nie rozpatruje drogi powstawania na izolowanych gorących elementach ze stali stopowej z chromem, choć materiały elementów i temperatury pracy są znane, tego wymagania nie spełnia.

12. Załącznik: materiały izolacyjne z tlenkami zasadowymi i miejsca ich zabudowy

Następujące dostępne w handlu materiały izolacyjne zawierają opisane tlenki zasadowe, które mogą wywołać termochemiczne powstawanie in situ opisanych związków chromu(VI). Nie są to przypuszczenia, lecz wnioski wyprowadzone z danych producentów, ostrzeżeń użytkowników i własnych obserwacji w terenie.

Materiał i postać handlowa	Udokumentowana zawartość tlenków zasadowych
Szkło E, przedziały i tkanina do obwodów drukowanych i lotnictwa	CaO 16 do 25 %, MgO 0 do 5 %, Na ₂ O i K ₂ O 0 do 2 %
Wełna mineralna, wełna skalna i szklana: mata, mata na siatce drucianej, płyta, otulina	Na ₂ O, K ₂ O, CaO, MgO i BaO razem powyżej 18 procent masowych; wartość ta jest częścią definicji substancji według załącznika VI, numer indeksowy 650-016-00-2, a nie właściwością partii
Wełna AES, definicja substancji podana przez producentów	tlenek wapnia i tlenek magnezu razem 18 do 43 %, dwutlenek krzemu 50 do 82 %

Materiał i postać handlowa	Udokumentowana zawartość tlenków zasadowych
Wełna glinokrzemianowa i włókno ceramiczne (ASW, RCF): mata, płyta, papier, moduł	Na ₂ O, K ₂ O, CaO, MgO i BaO razem mniej lub równo 18 procent masowych; wartość rozdzielająca wobec indeksu 650-016-00-2. Karty danych producentów nie podają liczbowo tlenków metali alkalicznych i metali ziem alkalicznych
Krzemian wapnia, płyta i kształtka	CaO 38 do 43 %
Perlit ekspandowany: zasyłka i kształtka	Na ₂ O 3,7 %, K ₂ O 5,3 %, CaO 0,5 %, MgO 0,1 %. Analiza pochodzi z perlitu filtracyjnego; dla materiałów izolacyjnych do rurociągów i zbiorników producenci nie publikują analizy tlenkowej
Wermikulit ekspandowany: zasyłka i płyta	MgO 21,5 do 25,5 %, K ₂ O 3 do 6 %, CaO 2,0 do 6,0 %; karta danych wymienia dodatkowo Cr ₂ O ₃ z 0,01 do 0,15 %
Pasta montażowa do gorących elementów, zawierająca wapń	wodorotlenek wapnia 10 do poniżej 20 procent masowych

Obszar zastosowania	Temperatura
Jachty i superjachty	wymagana temperatura powierzchni poniżej 220 °C; elementy w maszynowni do 750 °C
Kontenerowce i statki handlowe, silnik dwusuwowy	w dokumencie nie podano
Kontenerowce i statki handlowe, silnik czterosuwowy	wylot turbiny 390 °C w pracy normalnej, 450 °C w założeniach projektowych, 554 °C w pracy awaryjnej
Statki wycieczkowe	jak silnik czterosuwowy
Lokomotywy i pojazdy szynowe	kształtka do 650 °C; typy mat do 816 °C i do 1149 °C
Maszyny budowlane i mobilne maszyny robocze	elementy do 750 °C, obniżenie temperatury powierzchni poniżej 220 °C
Elektrociepłownie blokowe i kogeneracja	spaliny 421 °C przy pełnym obciążeniu, 476 °C przy połowie obciążenia
Instalacje zasilania rezerwowego i awaryjnego, także w centrach danych	od 371 °C do prawie 538 °C
Turbiny gazowe i parowe	obudowa powyżej 500 °C, kanał spalin powyżej 480 °C, kocioł odzysknicowy do 1093 °C
Pojazdy drogowe, samochody ciężarowe i samochody osobowe	osłona cieplna do 1100 °C w zależności od materiału; szczytowa temperatura kolektora 1000 °C
Piece przemysłowe, kotły, spalarnie odpadów i instalacje na biomasę	do 640 °C, wykonanie ciężkie do 649 °C
Instalacje chemiczne i rafinerie	do 640 °C, otuliny do 650 °C

Pełne tabele, ze wskazaniem źródła przy każdym wierszu, znajdują się w załączniku do analizy.

13. Co należy zrobić

Tam, gdzie powstawaniu można zapobiec, należy mu zapobiec. Wynika to z kolejności z § 7 ustęp 3 i 4 niemieckiego rozporządzenia o substancjach niebezpiecznych, z artykułu 4 dyrektywy 2004/37/WE, z artykułów R. 4412-66 i R. 4412-67 Code du travail, z artykułu 4.17 Arbeidsomstandighedenbesluit oraz, w Szwajcarii, ze stanu techniki według artykułu 82 ustęp 1 ustawy o ubezpieczeniu wypadkowym. W izolacji wysokotemperaturowej dostępne są substancje zastępcze bez tlenków metali alkalicznych i metali ziem alkalicznych; oceny możliwości substytucji nie da się tym samym przeprowadzić bez wyniku.

Tam, gdzie powstawaniu nie można zapobiec, pracę należy zorganizować jako czynność z substancją rakotwórczą, z rozpoznaniem przed rozpoczęciem pracy, udokumentowaną oceną ryzyka, pracą o niskim zapyleniu, odciąganiem, strefowaniem, oddzielnymi szatniami i umywalniami, środkami ochrony indywidualnej oraz uregulowanym unieszkodliwianiem.

Czyszczenie i dekontaminacja działają dla pojedynczego przypadku i nie usuwają przyczyny materiałowej. Jeżeli izolacja zawierająca wapń pozostaje na gorącym elemencie ze stali stopowej z chromem, chromian powstaje na nowo przy następnym obciążeniu termicznym.

Wersja 1.4, październik 2026. Brytyjska wartość graniczna została sprostowana do 0,01 mg/m³ według EH40 w wydaniu czwartym 2020, a rozdział o obowiązkach w Zjednoczonym Królestwie uwzględnia zwroty wskazujące rodzaj zagrożenia. Niniejszy przegląd oddaje stan analizy fachowej i streszczenia w wersji 1.10. Dowody, odesłania do źródeł i wykaz źródeł znajdują się tam.