

Evaluation of Workers Exposure to Hexavalent Chromium Compounds in a Cement Industry

Hazrati S¹, Rezazadeh Azari M², Fazlzadeh M*¹

1. Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Ardabil University of Medical Sciences, Ardabil, Iran

2. Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

* *Corresponding author.* Tel: +984533513428 Fax: +984533512004 E-mail: m.fazlzadeh@gmail.com

Received: May 1, 2015 Accepted: Oct 11, 2015

ABSTRACT

Background & objectives: Airborne particulate matters in the cement plant contain hexavalent chromium (HVCr) that, as an important harmful agent, would adversely affect worker's health. This study was conducted to assess workers exposure to hexavalent chromium through monitoring of ambient air and workers blood samples in 2011.

Methods: In a cross sectional study occupational exposure of 56 non-smoker workers was investigated. Inhalation exposure of subjects was monitored using personal pumps according to National Institute of Occupational Safety and Health method No 7600. After receiving subjects consent for blood donation, total chromium in packed red blood cells, serum and total blood were determined using Induced Coupled Plasma (ICP) method.

Results: Personal exposure of workers to HVCr in the groups 1 (low exposure), 2 (medium exposure) and 3 (high exposure) were measured respectively at the concentrations of 0.34 ± 0.18 , 17.47 ± 22.18 , and 86.59 ± 269 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Workers exposure in group 1 (grinding, crashing, and preheater) was significantly lower than the groups 2 (loading) and 3 (furnace maintenance) ($p=0.001$). Inhalation exposure of group 2 was also significantly lower than the group 3 ($p=0.001$). Chromium concentrations of blood samples in different groups were mostly below the detection limit of ICP method ($1\mu\text{g}/\text{L}$) utilized for analysis.

Conclusion: Occupational exposures of 30 percent of group 2 and 50 percent of group 3 were higher than the corresponding Threshold Limit Value ($50\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Keywords: Hexavalent Chromium; Biological Monitoring; Cement.

بررسی میزان مواجهه شغلی کارگران یک کارخانه سیمان با ترکیبات کروم شش ظرفیتی

صادق حضرتی^۱، منصور رضازاده آذری^۲، مهدی فضل زاده^{۱*}

۱. عضو هیئت علمی گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، اردبیل، ایران
۲. عضو هیئت علمی گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
* نویسنده مسئول. تلفن: ۰۴۵۳۳۵۱۳۴۲۸، فکس: ۰۴۵۳۳۵۱۲۰۰۴، ایمیل: m.fazlzadeh@gmail.com

چکیده

زمینه و هدف: هوای محیط کارخانه سیمان آلوده به ذرات معلق هوای آغشته به ترکیبات کروم شش ظرفیتی است که می‌تواند بعنوان عوامل زیان‌آور بسیار مهمی در سلامت کارگران صنعت سیمان محسوب گردد. این مطالعه با هدف ارزشیابی میزان مواجهه شغلی کارگران با ترکیبات کروم شش ظرفیتی از طریق پایش هوای تنفسی و نمونه‌های خون کارگران شاغل در یکی از کارخانجات سیمان کشور در سال ۱۳۸۸ انجام گرفت.

روش کار: در این مطالعه مقطعی مواجهه شغلی کلیه کارگران شاغل غیر سیگاری در خط تولید کارخانه سیمان به تعداد ۵۶ نفر مورد بررسی قرار گرفت. مواجهه تنفسی کارگران با استفاده از پمپ فردی متصل به هد نمونه‌بردار مطابق روش NIOSH به شماره 7600 ارزیابی گردیدند. برای پایش بیولوژیکی کارگران، پس از دریافت رضایت کتبی و گرفتن نمونه خون ترکیب کروم در سرم، خون تمیز شده و گلبول‌های قرمز با روش Induced Coupled Plasma تعیین گردید.

یافته‌ها: مواجهه فردی کارگران در گروه‌های ۱ (مواجهه کم)، ۲ (مواجهه متوسط) و ۳ (مواجهه بالا) به ترتیب در میزان‌های 0.11 ± 0.34 ، $17/47 \pm 22/18$ و $86/59 \pm 269$ میکروگرم بر مترمکعب اندازه‌گیری شدند. مواجهه کارگران گروه ۱ (آسیاب، سنگ شکن و پری هیتر) بطور معنی‌داری کمتر از کارگران گروه ۲ (بارگیرخانه) و گروه ۳ (تعمیر کوره) بود ($p=0/001$). همچنین مواجهه شاغلین در قسمت بارگیرخانه بطور معنی‌داری کمتر از تعمیرکاران کوره مشاهده گردید ($p=0/001$). تراکم کروم در خون، گلبول قرمز و سرم نمونه‌های خون کارگران اکثراً زیر حد تشخیص روش Induced Coupled Plasma در میزان $1 \mu\text{g/L}$ اندازه‌گیری شد.

نتیجه‌گیری: مواجهه شغلی ۳۰ درصد از کارگران گروه ۲ و ۵۰ درصد از کارگران گروه ۳ با ترکیبات کروم شش ظرفیتی بیشتر از حد استاندارد شغلی دیده شد.

واژه‌های کلیدی: کروم شش ظرفیتی، پایش بیولوژیکی، سیمان

دریافت: ۹۴/۲/۱۱ پذیرش: ۹۴/۷/۱۹

مقدمه

تماس شغلی کارکنان به ترکیبات کروم‌دار در تعداد زیادی از صنایع شامل معادن و فراوری مواد معدنی کرومیت، تولید و کاربرد آلیاژهای فلزی، تولید و کاربرد مواد شیمیایی کرومات، نگهدارنده‌های چوب و رنگدانه‌ها، صنایع سیمان و جوشکاری گزارش شده است (۱-۴). وضعیت سلامت کارکنان در صنایع یاد شده بستگی به نوع ترکیبات کروم‌دار، میزان مواجهه

و راه دریافتی آن دارد. عنصر کروم با والانس صفر نسبتاً خنثی می‌باشد و دارای سمیت بسیار کمی است. کروم سه ظرفیتی نیز به صورت یک ریز مغذی برای متابولیسم ترکیبات کربوهیدرات مورد نیاز می‌باشد (۵). بطور کلی ترکیبات کروم‌دار سه ظرفیتی بعنوان عوامل موتاژنیک و سرطانزا گزارش نشده (۶) ولیکن برخی از ترکیبات آن بصورت ترکیبات حساس‌کننده^۱

^۱ Sensitizer

تامین سلامت شاغلین، ایمنی و حفاظت محیط زیست است. لذا این مطالعه به منظور ارزیابی غلظت کروم شش ظرفیتی در هوای تنفسی و نمونه‌های خون یکی از کارخانجات سیمان کشور در سال ۱۳۸۸ انجام گرفت.

روش کار

در این مطالعه مقطعی کلیه افراد غیرسیگاری شاغل در کارخانه سیمان (به تعداد ۵۶ نفر) انتخاب شدند. میزان مواجهه شغلی با ترکیبات کروم شش ظرفیتی در یک دوره شش ماهه انجام شد. پایش فردی کارکنان از طریق پمپ فردی متصل به هد نمونه‌بردار مجهز به فیلتر PVC با اندازه تخلخل $0.5 \mu\text{m}$ و گذر حجمی ۱ الی ۴ لیتر و مدت زمان حداقل ۴ ساعت، انجام شد. پس از نمونه‌برداری با افزودن ۷ میلی لیتر اسید سولفوریک 0.5N بر روی فیلتر، ترکیبات کروم شش ظرفیتی استخراج گردید. پس از صاف کردن، نمونه‌ها به یک بالن ژوژه ۲۵ میلی لیتری منتقل و 0.5 میلی لیتر ترکیب Diphenylcarbazide به آنها افزوده و با اسید سولفوریک 0.5N به حجم رسانده شد. کمپلکس رنگی تشکیل شده در طول موج 540nm در گستره $5-50 \text{ppb}$ بر حسب کروم شش ظرفیتی آنالیز گردید. برای آنالیز ترکیب کروم شش ظرفیتی نامحلول، فیلتر از هد پمپ نمونه‌بردار برداشته و به آن ۵ میلی لیتر محلول استخراج کننده ($2\% \text{NaOH}$ و $3\% \text{Na}_2\text{CO}_3$) افزوده و پس از حرارت دادن تا نزدیک نقطه جوش به مدت ۳۰ الی ۴۵ دقیقه و صاف نمودن آن، نمونه به یک بالن ژوژه ۲۵ میلی لیتر منتقل و به آن $1/9$ میلی لیتر اسید سولفوریک 6N و 0.5 میلی لیتر ترکیب Diphenylcarbazide افزوده و با اسید سولفوریک 0.5N به حجم رسانده شد و کمپلکس رنگی در طول موج 540nm در گستره $5-50 \text{ppb}$ بر حسب کروم شش ظرفیتی آنالیز شد (۱۲). بدلیل مغایرت شرایط محیطی از نظر دما و

معرفی شده‌اند (۷). از طرفی ترکیبات کروم شش ظرفیتی دارای سمیت گسترده‌ای هستند که شامل خوردگی، حساس‌کننده پوست و سرطان‌زایی می‌باشد (۸-۶). استاندارد حد مجاز تماس شغلی برای ترکیبات کروم شش ظرفیتی محلول قابل جذب در سیستم ریوی به میزان 0.5 میلی گرم در متر مکعب اعلام شده است که بسیار کمتر از استاندارد ترکیبات کروم سه ظرفیتی (0.5 میلی گرم در متر مکعب)، به صورت میانگین وزن یافته زمانی هشت ساعت کار در روز می‌باشد (۹). بر اساس مطالعات اپیدمیولوژیک مواجهه شغلی با کروم شش ظرفیتی باعث افزایش ریسک ابتلا به سرطان ریه شده و کروم شش ظرفیتی در گروه عوامل سرطان‌زای تأیید شده انسانی معرفی شده است (۹). از عوارض دیگر مواجهه شغلی کارگران به ترکیبات کروم شش ظرفیتی درماتیت مزمن است و این بیماری در اثر تحریک پوست توسط خصوصیات قلیایی، خوردگی ترکیبات مذکور در سیمان کاران گزارش شده است (۷،۸). در فرایندهای صنعت سیمان آلاینده‌های مختلفی تولید و در محیط پراکنده می‌گردد. عمده‌ترین آلاینده در کارخانه سیمان به صورت گرد و غبار است که در محیط کار و محیط‌های اطراف کارخانه پخش می‌گردد (۱۰). گرد و غبار منتشرشده در محیط کارخانه به ویژه در فرایندهای نهایی (بعد از مرحله پخت) با توجه به عوامل موثر گوناگونی نظیر ماهیت مواد خام و افزودنی و تحت تأثیر جو اکسیداسیون در کوره حاوی مقادیر قابل ملاحظه‌ای از ترکیبات کروم شش ظرفیتی می‌باشد که می‌تواند بعنوان عوامل زیان‌آور بسیار مهمی در سلامت کارگران صنعت سیمان و ساختمان محسوب گردد (۱۱). کارخانجات سیمان با توجه به وفور مواد خام اولیه در اقصی نقاط کشور و نیاز روزافزون سیمان در فعالیت‌های عمرانی و صادرات آن به کشورهای همجوار، رشد چشمگیری در سال‌های اخیر داشته است و از طرفی توسعه پایدار این صنعت منوط به

در عرض ۱۵ دقیقه از زمان نمونه برداری برای ۳ دقیقه در دور ۳۰۰۰rpm سانتریفیوژ گردید. پلاسمای نمونه‌ها در دمای پنج درجه سانتیگراد نگهداری و در عرض ۸ ساعت کروم به روش HR-ICP-MS آنالیز شد. برای آنالیز کروم گلبول‌های قرمز پنج میلی‌لیتر نمونه خون در دمای پنج درجه سانتیگراد در عرض ۸ ساعت از زمان نمونه برداری به آزمایشگاه انتقال داده شد و سپس بمدت ۱۵ دقیقه در ۲۰۰۰g سانتریفیوژ گردید و سپس گلبول‌های قرمز با محلول Phosphate Buffer Saline (PBS) در pH=۷/۴ سه بار شسته شد و با آب مقطر به حجم رسانده شد. نمونه در دمای ۸۰- درجه سانتیگراد منجمد و ذوب شد و این عمل سه بار تکرار و سپس در ۳۰۰۰g سانتریفیوژ گردید و نمونه صاف شده طبق روش HR-ICP-MS آنالیز شد (۳۳). داده‌ها با استفاده از روش‌های آماری متناسب توسط نرم افزار SPSS آنالیز گردید.

یافته‌ها

نتایج حاصل از پایش هوای تنفسی افراد مورد مطالعه بر حسب محل اشتغال در جدول ۱ خلاصه شده است. تفاوت میزان مواجهه کارگران در سه گروه با ترکیبات کروم شش ظرفیتی بصورت آزمون آماری ANOVA مورد بررسی قرار گرفته و مشخص گردید گروه یک بطور معنی داری دارای مواجهه کمتر از گروه‌های دو و سه ($p < 0.001$) و همچنین گروه دو بطور معنی داری دارای مواجهه کمتر از گروه سه می‌باشد ($p < 0.001$).

جدول ۱. میزان مواجهه شغلی کارگران در سه گروه با ترکیبات محلول کروم شش ظرفیتی بر حسب $\mu\text{g}/\text{m}^3$

انحراف معیار	تعداد افراد	میانگین	شماره گروه
۰/۳۴	۲۲	۰/۱۸	۱ (آسیاب، سنگ شکن و پری هیتز)
۲۲/۱۸	۲۲	۱۷/۴۷	۲ (بارگیر خانه)
۲۹۶/۱۳	۱۲	۸۶/۵۹	۳ (تعمیر کوره)

فشار با شرایط استاندارد (دما ۲۵ درجه سانتی گراد و فشار ۷۶۰ میلی‌متر جیوه) حجم هوای نمونه برداری شده در شرایط استاندارد تصحیح گردید.

پایش بیولوژیکی کارگران

برای پایش بیولوژیکی از کلیه افراد مورد مطالعه پس از اخذ رضایت نامه کتبی نمونه خون تهیه شد. هر نمونه خون برای آنالیز ترکیب کروم در خون، سرم و گلبول‌های قرمز در سرم خون مورد استفاده قرار گرفت. به منظور جلوگیری از آلودگی خون توسط سوزن‌های استیل، ۵ میلی لیتر آب دیونیزه شده از طریق سوزن درون سرنگ کشیده و سپس تخلیه شد. از کل ۱۵ میلی لیتر خون برداشته شده، ۵ میلی‌لیتر برای اندازه‌گیری کروم سرم خون، ۵ میلی‌لیتر برای آنالیز کروم کل در خون و ۵ میلی‌لیتر برای آنالیز کروم گلبول‌های قرمز تخصیص داده شد. برای آنالیز کروم کل خون ۵ میلی‌لیتر از نمونه خون برداشته شده از کارگران در دمای ۵ درجه سانتیگراد به آزمایشگاه منتقل و در عرض ۸ ساعت آنالیز شد (۱۳). یک میلی‌لیتر خون با مخلوطی از ترکیب‌های 0.01 Ammonium Hydroxide (BDH) و 0.0002mol/L EDTA (Aldrich) و Triton 10 ml/L X-100 (Scrnton grade; BDH) ده مرتبه رقیق سازی شد. محلول‌های استاندارد از استاندارد اولیه کروم شش ظرفیتی (غلظت ۱۰mg/L) در غلظت‌های 0.1, 0.2, 0.5, 0.75, 1.0 $\mu\text{g}/\text{L}$ استاندارد داخلی^۱ به غلظت 1 $\mu\text{g}/\text{L}$ با آب مقطر فوق خالص^۲ حاوی اسید نیتریک به غلظت 0.7mol/L آماده سازی گردید. غلظت ترکیب کروم در خون توسط دستگاه High Resolution-Ion Coupled Plasma-Mass Spectroscopy در وضوعیت Medium Mode (Resolution, 3400) در آزمایشگاه سازمان انرژی اتمی ایران تعیین گردید. برای آنالیز کروم در سرم خون ۵ میلی لیتر از نمونه خون سریعاً

^۱ Rhodium

^۲ Ultra-Pure

میانه غلظت کروم کل در اریتروسیت جوشکاران فولاد معادل ۱۰ میکروگرم در لیتر اندازه‌گیری شد که از مقادیر اندازه‌گیری‌شده در این مطالعه (به جز ۴ نفر از تعمیرکاران کوره) بیشتر می‌باشد (۱).

بر اساس مطالعات اخیر در مورد ریسک تماس شغلی در حد استاندارد تماس شغلی OSHA، مواجهه شغلی بیش از حد مجاز تماس شغلی با ترکیبات کروم شش ظرفیتی می‌تواند باعث بروز سرطان ریوی به میزان ۱۰ الی ۳۰ درصد از کارگران یاد شده پس از مدت زمان فعال کاری (۴۵ سال) گردد (۱۴). از این رو مواجهه برخی از افراد گروه دو (کارگران بارگیرخانه) و همچنین تعدادی از افراد گروه سه (کارگران تعمیرکار کوره) می‌بایست از طریق سیستم‌های فنی مهندسی کاهش داده شود و یا عمر مفید کاری آنها به سنوات کمتری برای جبران مواجهه بیشتر از حد استاندارد، کاسته شود. لازم به ذکر است مواجهه شغلی در استاندارد جدید سازمان OSHA ($1/0 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (۱۵)، دارای میزان ریسک ۹/۱-۲/۱ نفر در هر ۱۰۰۰ نفر برای مدت اشتغال ۴۵ سال اعلام شده است (۱۵). با توجه به ضرورت کنترل مواجهه با کروم شش ظرفیتی در صنایع، توصیه می‌شود که فرایندهای صنعتی در حد امکان تغییر یابد (به عنوان مثال عایق کاری کوره سیمان و کوره‌های مشابه با آجرهایی غیر از آجر کرومیت) و بدین ترتیب پیدایش کروم شش ظرفیتی به حداقل ممکن رسانده شود. متأسفانه در این تحقیق موفقیت کامل در مورد اندازه‌گیری کروم در نمونه‌های خون حاصل نگردید و فقط کروم در نمونه گلبول‌های خون چهار نفر از گروه ۴ با میزان مواجهه‌های نسبتاً زیاد با ترکیبات کروم شش ظرفیتی در گستره ۲۲۰ الی ۶۰۰ میکروگرم در مترمکعب اندازه‌گیری گردید که می‌تواند بعثت حد آشکارسازی نسبتاً کم روش ICP (به میزان $1 \mu\text{g}/\text{l}$) در این مطالعه باشد.

تراکم کروم در خون، گلبول قرمز و سرم نمونه‌های خون گرفته شده از سه گروه کارگران اکثراً زیر حد تشخیص دستگاه Induced Coupled Plasma در میزان $1 \mu\text{g}/\text{L}$ از طرف آزمایشگاه سازمان انرژی اتمی گزارش گردید و فقط خون ۴ مورد از کارگران تعمیرکار کوره با مواجهه با ترکیبات کروم شش ظرفیتی در میزان‌های ۲۲۰، ۲۷۰، ۵۰۰ و ۶۰۰ میکروگرم در متر مکعب به ترتیب دارای مقادیر ترکیب کروم کلی در گلبول‌های قرمز به ترتیب $15/90$ ، $6/51$ ، $11/20$ و $14/22$ میکروگرم در لیتر بودند و غلظت کروم در مابقی نمونه‌های خون در زیر حد آشکارسازی روش ($1 \mu\text{g}/\text{L}$) تعیین گردید.

بحث و نتیجه گیری

تماس شغلی کارگران گروه ۱ (بخش‌های آسیاب، سنگ شکن و پری هیتر) با ترکیبات کروم شش ظرفیتی بمراتب کمتر از دو گروه دیگر اندازه‌گیری شد که نشانگر وجود مقادیر ناچیز ترکیبات کروم شش ظرفیتی در فرایندهای مربوطه می‌باشد. بنابراین مواجهه کارگران شاغل در قسمت‌های یادشده فقط می‌تواند بصورت مواجهه زمینه‌ای در کارخانه مطرح باشد. مواجهه گروه سوم نیز بمراتب بیشتر از دو گروه دیگر اندازه‌گیری گردید که به لحاظ پیدایش فعال ترکیبات کروم شش ظرفیتی در کوره و همچنین فعالیت تعمیرکاری در کوره است. بطور کلی در مقایسه با حد آستانه مجاز تماس شغلی پیشنهاد شده توسط اتحادیه کارشناسان دولتی بهداشت حر فهای کشور امریکا برای ترکیبات محلول کروم شش ظرفیتی ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (۹)، ۱۳ درصد از افراد گروه دو و ۵۰ درصد از تعمیرکاران کوره (گروه سه) دارای مواجهه بیش از حد مجاز می‌باشند. میانگین غلظت کروم شش ظرفیتی در هوای تنفسی ($34/75$) میکروگرم در مترمکعب) به مراتب بیشتر از تماس تنفسی جوشکاران فولاد (۰/۰۸-۰/۲۳ میکروگرم در مترمکعب) می‌باشد (۱). لکن

تشکر و قدردانی

آموزش و تحقیقات شرکت احداث صنعت و همچنین کارخانه سیمان مربوطه به علت تامین بودجه این پروژه تشکر و قدردانی می‌نمایند.

نویسندگان از شورای پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید بهشتی، دفتر

References

1. Scheepers PTJ, Heussen GAH, Peer PGM, Verbist K, Anzion R, Willems J. Characterisation of exposure to total and hexavalent chromium of welders using biological monitoring. *Toxicology Letters*. 2008;178(3):185-90.
2. Potgieter SS, Panichev N, Potgieter JH, Panicheva S. Determination of hexavalent chromium in south african cements and cement-related materials with electrothermal atomic absorption spectrometry. *Cement and Concrete Research*. 2003;33(10):1589-93.
3. Isikli B, Demir TA, Ser SM, Berber A, Akar T, Kalyoncu C. Effects of chromium exposure from a cement factory. *Environmental Research*. 2003;91(2):113-8.
4. Frías M, Sánchez de Rojas MI. Total and soluble chromium, nickel and cobalt content in the main materials used in the manufacturing of spanish commercial cements. *Cement and Concrete Research*. 2002;32(3):435-40.
5. Adib M. Chromium in parenteral nutrition: Too little or too much? *Gastroenterology*. 2009;137(5, Supplement):S18-S28.
6. Hopkins J. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans : Vol. 49, chromium, nickel and welding, world health organisation, international agency for research on cancer, 1990 (isbn 92-832-1249-5). 677 + viii pp. Price sf 95.00. *Analytica Chimica Acta*. 1991;248(2):628.
7. Kanerva L. A review of skin sensitization caused by chromium. The Chromium File N° 2 October 1996 International Chromium Development Association. 1996.
8. Aitio A. Stainless steel kitchen utensils as a source of chromium: Toxicological implications. The Chromium File N° 1 September 1 International Chromium Development Association. 1996.
9. ACGIH. Threshold limit values for chemicals substances and physical agents & biological exposure indices. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Inc Cincinnati, Ohio USA. 201.
10. Hazrati S, Azarai MR, Sadeghi H, TRahimzadeh S, Mostaed N. Dust concentrations in an ardabil portland cement industry. *Journal of Ardabil University of Medical Sciences*. 2009;9(4):292-8.
11. Azari MR. Developing a new neutralizing method for the carcinogenic hexa-valent chromium compounds in spent refractory chromite bricks from the cement kilns. *Pajoohandeh Journal*. [Original]. 2007;12(4):283-92.
12. NIOSH. Niosh manual of analytical methods Fourth Edition. 1994; Available at <http://www.cdc.gov/niosh/pdfs/97-162-f.pdf>.
13. Granadillo VA, Parra de Machado L, RA R. Determination of total chromium in whole blood, blood components, bone, and urine by fast furnace program electrothermal atomization aas and using neither analyte isoformation nor background correction. *Anal Chem*. 1994;66(21):3624-31.
14. Park RM, Bena JF, Stayner LT, Smith RJ, Gibb HJ, PS L. Hexavalent chromium and lung cancer in the chromate industry: A quantitative risk assessment. *Risk Anal*. 2004;24(5):1099-108.
15. OSHA. Occupational exposure to hexavalent chromium” (29 cfr parts 1910, 1915, 1917, 1918, and 1926). Occupational safety and health administration. Available online at: <Http://ecomments.Osha.Gov/>. 2004.