محور مقاله: فن آوری های نوین در علوم خاک

بررسی کاربرد روش‌های ژئوتکنیک در حذف پسماند صنایع آبکاری

فؤاد نگارستانی[۱]، کاملیا علوی[۲*]، اکرم نشاط[۳]

[۱] کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی محیط‌زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان

[۲] استادیار گروه علوم و مهندسی محیط‌زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان

[۳] استادیار گروه علوم و مهندسی محیط‌زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان

چکیده

پیشرفت، صنعت وتکنولوژی، سه کلمه‌ای است که بشر بعد از انقلاب صنعتی با آنها سروکار داشته، اما این پیشرفت که در گروی صنعت و تکنولوژی بوده است به همراه خود آلودگی، نابودی و سایر مسائل تخریبی را به همراه داشته است. صنعت آبکاری با مواد شیمیایی سروکار دارد و در طی فرآیندهای مختلف آلاینده‌هایی از جمله لجن و پسماند خطرناک بوجود میاورد که متاسفانه عمدتا بدون نظارت و بررسی مهندسی، آلودگی‌ها وارد طبیعت میگردد. در این مقاله به بررسی کارایی روشهای ژئوتکنیک و خاک محور در مدیریت پسماندهای خطرناک صنایع آبکاری پرداخته شده که اساس کار بر مبنای آزمایشTCLP میباشد. برای تعیین ویژگی‌های مواد زاید خطرناک از روش EP (روش استخراج سمیت) استفاده می‌شود. به این صورت که شیرابه حاوی مواد شیمیایی خطرناک موجود در مواد زاید را با غلظت کروم ورودی ۱۲ و ۱گرم بر لیتر مورد بررسی قرار می‌دهند. براساس نتایج بدست آمده غلظت کروم ورودی به ترتیب مشخص گردید که با افزودن ۱۰ درصد میکروسیلیس به مخلوط لجن با سیمان به نسبت ۲۵/۷۵، حذف ۹۲ درصد کروم و همچنین با افزودن ۱۰ درصد میکروسیلیس به پسماند با غلظت ۱ درصد به مخلوط لجن با سیمان به همان نسبت ۹۵ درصد کروم موجود در پسماند حذف می‌گردد.

کلمات کلیدی: ژئوتکنیک، آزمایش TCLP، پسماند، میکروسیلیس، صنعت آبکاری.

مقدمه

مواد جامد، مایع و گاز که از نظر بشر زائد تلقی می‌شود و خود در تولید آن به صورت مستقیم و غیرمستقیم نقش دارد را پسماند یا زباله گویند (EPA, 2014). با رشد تکنولوژی و استفاده بیشتر از انواع مواد شیمیایی، پسماند تولید شده نیز افزایش یافته که در این بین مواد زایدی وجود دارد که دارای خصوصیات خاصی از قبیل: فعالیت شیمیایی، سمیت، خاصیت احتراق و انفجار، خورندگی و سایر ویژگی‌هایی است که برای سلامتی انسان و محیط‌زیست خطراتی بوجود می‌آورند این گروه از مواد را مواد زاید خطرناک می‌نامند (Technical Guideline on specially Engineeredlandfill, Switzerland, 2002, EPA, 2014). در سال ۱۹۹۱ حدود ۵۰ درصد از مبلغ ۸/۲ میلیون دلار مربوط به مشاوره در زمینه محیط‌زیست، به پسماندهای خطرناک اختصاص یافت (LaGrega و همکاران ۲۰۰۱).

محصولات صنعتی در اغلب اوقات با تولید پسماندهایی همراه می‌باشد، محصولات تولید شده با توجه به نیاز جامعه امری اجتناب‌ناپذیر است (امیر سلیمانی و همکاران، ۱۳۸۸)، یکی از معضلات و مشکلات موجود که شهرهای مختلف دنیا علی‌الخصوص ایران با آن مواجهه هستند، مدیریت مواد زاید تولیدی، اعم از شهری، صنعتی، درمانی و مواد زاید خطرناک می‌باشد (سرتاج و همکاران، ۱۳۸۶)، فعالیت‌های صنعتی و توسعه تکنولوژی آلودگی فلزات سنگین را به همراه دارد، فلزات سنگین به دلیل سمیت، غیر قابل تجزیه بیولوژیکی بودن و تجمع زیستی تهدیدهای جدی برای سلامت انسان و سایر موجودات و آلودگی محیط‌زیست را به وجود می‌آورد (Guo و همکاران ۲۰۱۰)، فلزات سنگین مانند: کادمیوم، مس، جیوه، سرب، نیکل و روی در لیست اولویت‌دار آلاینده‌های خطرناک می‌باشند (Lefebvre و همکاران ۲۰۱۰)، عدم مدیریت مناسب در امر تولید و دفع این قبیل پسماندها، خسارات جبران‌ناپذیری بر محیط زیست و جامعه وارد می‌سازد (امیر سلیمانی و همکاران، ۱۳۸۸).

مدیریت مواد زاید از مجموعه‌ای از مقررات و دستورالعمل‌ها در زمینه‌ی کنترل تولید، ذخیره و یا جمع‌آوری، حمل و نقل، پردازش و در نهایت دفع مواد زاید می‌باشد، که باید منطبق با اصول مهندسی، اقتصادی، بهداشتی، زیباشناختی، زیست محیطی و سایر الزامات و مطلوبیت های عمومی موجود باشد (Xue و همکاران ۲۰۱۰)، این مدیریت در مورد مواد زاید خطرناک بسیار مورد توجه بیشتری قرار می‌گیرد، در تمامی مراحل موجود در امر مدیریت مواد زاید مقداری ماده باقی می‌ماند که لزوما باید دفن گردند، لذا بررسی و انتخاب محل مناسب و روش‌های دفن بسیار حائز اهمیت می‌باشد (Şener و همکاران ۲۰۰۶).

برای سالهای بسیاری زباله‌های خطرناک رادر محل‌های دفن زباله به صورت معمولی دفن می‌کردند (Komilis و همکاران ۱۹۹۹)، با توجه به خاصیت خاک که بخشی از سیستم زمین‌شیمیایی می‌باشد و نقش مهمی در چرخه عناصر ایفا می‌کند حفظ و نگهداری و شناخت رفتار خاک بسیار حائز اهمیت می‌باشد، خاک عملکرد مهمی در ذخیره، تصفیه عناصر، انتقال اجزاء و همچنین رابطه اجزای طنده و غیرزنده دارد (Huisman و همکاران ۱۹۹۷) و به عنوان پالاینده طبیعت در کنار تامین موادغذایی مورد نظر گیاهان و موجودات، خاصیت تصفیه کنندگی نیز دارد، این خاصیت خاک به دلیل خواص فیزیکی، شمیایی و زیستی آن می‌باشد (Yang و همکاران ۲۰۰۹)، بررسی حالات مختلف خاک را با عنوان علم ژئوتکنیک معرفی کرده‌اند که زیرمجموعه رشته عمران می‌باشد (EPA, 2018).

یکی از این صنایع صنعت آبکاری می‌باشد، که یک فرآیند شیمیایی یا الکتروشیمیایی است که در آن یک فلز بر روی فلز دیگر ترسیب می‌شود، صنعت آبکاری، با توجه به فرآیند آن دارای مواد شیمیایی مختلف و خطرناک، مواد سوزاننده و قابل احتراق یا اشتعال، جریان الکتریسیته در حضور رطوبت و آب این صنعت را بسیار خطرناک کرده است (غروی، ۱۳۸۸). دفع لجن حاصل از واحدهای آبکاری فلزات، معضل زیست محیطی به حساب می‌آید، لجن عموما شامل غلظت‌های بالایی فلزات سنگین خصوصا کروم، نیکل، سرب، روی و ... می‌باشد (USEPA Method 1311).

تکنولوژی تثبیت و جامد سازی، انعقاد، شیشه‌ای کردن و ... مواردی هستند برای تصفیه مواد زاید قبل از دفن نهایی و تصفیه مناطق آلوده (Cullinane و همکاران ۱۹۹۰)، اما روش‌های تصفیه موجود به دلایل مختلف از قبیل ارزش اقتصادی، مورد استفاده واحدهای مورد نظر قرار نمی‌گیرد، برای این منظور بررسی روش‌های معمول مثل تثبیت و جامدسازی و امکان سنجی آن بر اساس TCLP بدست آمده این امکان را به می‌دهد تا بهترین روش انتخاب و معرفی شود.

مواد و روش‌ها

پژوهش از نوع توصیفی کاربردی است و روش تحقیق موردی و زمینه‌ای می‌باشد که به شرح زیر انجام می‌گیرد: در ابتدا مطالعات کتابخانه‌ای برای بدست آوردن اطلاعات کافی در مورد مواد زائد خطرناک و همچنین طبقه‌بندی این مواد صورت گرفت. مرحله بعد مقالات علمی سایر محققین در مورد مواد زائد خطرناک، نحوه‌ی دفع و روش‌های انجام شده در مورد این مواد تا به امروز مورد بررسی قرار گرفت. در ادامه، مطالعات در مورد روش‌های ژئوتکنیک موجود در دفع مواد زائد خطرناک و بررسی کارهای انجام شده توسط سایر محققین تا به امروز صورت گرفت. بعد از مطالعات اولیه، هماهنگی با صنعت آبکاری جهت بازدید از واحد صنعتی انجام شد، مواردی که در بازدید باید بررسی شوند شامل: ۱-مواد، ۲- لجن، ۳- آنالیز نمونه، ۴- آزمایش TCLP.

منطقه مورد مطالعه کارخانه اصفهان گالوانیک بزرگترین واحد کروم سخت در ایران در منطقه صنعتی اشترجان اصفهان، اتوبان ذوب آهن، جاده سیمان سپاهان، شهرک صنعتی اشترجان واقع شده است. تولید انواع پوشش‌های صنعتی به روش الکترولیز از جمله: کرم سخت، مس، نیکل، گالوانیزه سرد، کار اصلی کارخانه می‌باشد. این واحد صنعتی توانایی آبکاری بر روی قطعاتی تا ابعاد: ۲/۵ متر قطر، ۲۵ تن وزن، ۹ متر طول در مخازن عمودی و همچنین توانایی سنگ زنی و تراشکاری انواع شفتها و سیلندرها را دارد. از فعالیت‌های دیگر این شرکت بازسازی قطعات چدنی، فولادهای ساده کربنی، فولادهای آلیاژی ضدزنگ و انواع آلیاژهای برنج و آلومینیوم به روش کرم سخت می‌باشد.

آبکاری

دفع غیر اصولی لجن از صنایع، یکی از معضلات زیست‌محیطی واحدهای صنعتی در کشور ما است. از جمله این واحدها، واحدهای آبکاری فلزات می‌باشد که لجن حاصل از این واحدها عموما شامل غلظت‌های بالایی از فلزات سنگین خصوصا کروم، سرب، روی و ... است (شاپوری و همکاران، ۱۳۸۵). آبکاری که یک فرآیند شیمیائی یا الکتروشیمیائی می‌باشد، طی آن یک لایه فلز روی شئ دیگر رسوب داده می‌شود، که به این عمل ترسیب می‌گویند. به دلیل حضور مواد شیمیائی مختلف، مواد سوزاننده و قابل اشتعال، جریان الکتریسیته در حضور رطوبت و آب ماهیتا خطرزا است و کارگران این صنعت در معرض انواع حوادث و بیماری‌های حاد و مزمن هستند. (غروی، ۱۳۸۸).

آلودگیهای ناشی از یون‌های فلزات سنگین موجود در پساب واحدهای آبکاری، از مهم ترین و خطرناک ترین آلوده سازه‌های محیط زیست می‌باشد که در صورت عدم حذف آنها ضمن ورود به آبهای سطحی و زیرزمینی، موجب تشکیل کمپلکس‌های سمی شده و خطرات بالقوه‌ای را برای انسان و اکوسیستم ایجاد می نماید. مشخص ترین منبع ورود آلودگی در پساب مراکز آبکاری، ناشی از لایروبه‌ها در وان‌های شستشو و

آبکاری در مراحل مختلف است. اگرچه حجم فاضلاب در هر یک از کارگاههای آبکاری نسبتا کم است، ولی به علت وجود فلزات سنگین در آن بسیار سمی است. بنابراین برای حفظ محیط زیست، تمامی این فاضلابها باید تصفیه شود. (فرازمند و همکاران، ۱۳۸۴).

ژئوتکنیک

با توجه به اینکه یکی از بنیادی‌ترین و اصلی‌ترین اصول در کارهای عمرانی داشتن زمین مقاوم است، نقش خاک از این حیث حائز اهمیت است چون به عنوان تکیه‌گاهی در مقابل نیروهای وارده و تنش‌های ناشی از احداث ساختمان‌ها و راه‌ها مقاومت می‌کند. (عرفان‌منش و همکاران، ۱۳۹۰)، آلودگی خاک اغلب ناشی از چند نوع فلز از قبیل: سرب، مس، جیوه، آرسنیک، کروم، روی و کادمیوم می‌باشد (Yong و همکاران ۱۹۹۲)، به منظور ممانعت کردن از انتقال فلزات خطرناک در خاک باید راهکارهای قابل اطمینانی را فراهم کرد. مثل بافرها که نواحی غیرقابل نفوذی بوده و در اطراف محل‌های دفن مواد زاید خطرناک ایجاد می‌گردد که آنها را از محیط بیرون جدا می‌کند. خاصیت مواد بافر متورم شوندگی آنهاست، که بتوانند یک ناحیه غیر قابل نفوذ در اطراف زائدات بوجود آورد (Hideo و همکاران ۱۹۹۸).

همچنین در اغلب مراکز دفع زباله، برای کنترل یون‌های فلز سنگین یک لایه خاک رس استفاده می‌شود (Ouhadi و همکاران ۲۰۰۸)، هنگامی که PH خاک با افزودن اسید به سرعت کاهش یابد، می‌توان نتیجه گرفت که خاک دارای توانایی کمی برای نگهداری آلاینده است (Yong و همکاران ۱۹۹۰)، مهندسی ژئوتکنیک می‌تواند نقش مهمی در این رابطه داشته باشد و از طریق روش تثبیت و جامدسازی سعی در کم‌خطرسازی مواد زاید خطرناک کند (علوی و همکارن، ۱۳۹۲).

به منظور اصلاح و بهسازی خاکهای آلوده دو راه کار عمده می‌توان اتخاذ کرد، اول آنکه از روش‌هایی که اجمالا به آنها تکنولوژی پالایش (Treatment Technologies) گفته می‌شود که شامل جابه‌جایی فیزیکی خاک و سپس موجب پالایش آن (روش‌هایی که در آنها سعی بر کاهش غلظت یا کاهش سمیت تا مقدار قابل قبول می‌باشد) می‌گردد، دومین راهکار که به آن مدیریت برجا (On site Management) می‌گویند عبارت است از پالایش خاک در محل، این روش خود دارای دو زیر گروه است که عبارتند از ۱- جداسازی یا ایزولاسیون ۲ – کاهش دستیابی زیستی. در روش ایزولاسیون خاک آلوده محصور شده و از هر گونه تماس آن با محیط زیست جلوگیری می‌شود، در روش دوم نیز از کلیه روش‌های کاهش دستیابی زیستی (قابلیت جذب) استفاده می‌شود (عرفان‌منش و همکاران، ۱۳۹۰).

در این راستا فرازمند و همکاران (۱۳۸۴) با بررسی آلودگی ناشی از پساب‌های حاوی فلزات سنگین واحدها و کارگاه‌های آبکاری استان اصفهان ذکر کردند، ۷۸/۳ درصد کارگاههای آبکاری فاضلاب خود را در چاههای جذبی، ۱۰.۹ درصد در آبهای سطحی، ۴.۳ درصد تخلیه در شبکه فاضلاب شهری و ۶.۵ درصد پس از جمع‌آوری فاضلاب در مخازن نهایتا در مناطق بیابانی فاضلاب را دفع می‌نمایند. در مطالعه‌ای Rodríguez و همکاران (۲۰۱۸) در مقاله‌ای با عنوان ارزیابی چرخه زندگی و ارزیابی فنی و اقتصادی روش جایگزین برای تصفیه فاضلاب در صنعت کروم، با بررسی دو روش (فرآیند کاهشی- ته‌نشینی و مبادله یونی و فرآیند فوتوکاتالیستی) به این نتیجه دست یافتند، که در روش تصفیه پایه همراه با تولید لجن جامد می‌باشد و برای دفن آن باید انرژی زیادی را مورد استفاده قرار داد و در مورد روش جایگیزین، استفاده از مواد شیمیایی برای تبادل یونی در فاضلاب، عامل اصلی تاثیر بر روی محیط‌زیست می‌باشد. رمضانیانپور و همکاران (۱۳۹۰) نیز در تحقیقی با عنوان تثبیت و جامدسازی در مدیریت پسماندهای خطرناک در صنعت پتروشیمی به این نتیجه رسیدندکه؛ با وجود فلزات سنگین و به دلیل متغیر بودن اجزای شیمیایی خاکستر تولید شده و همچنین امکان استفاده مجدد از این نوع پسماند در مصالح ساختمانی غیرسازه‌ای، روش تثبیت و جامدسازی یکی از گزینه‌های مناسب می‌باشد و از لحاظ زیست‌محیطی و اقتصادی برای مدیریت خاکستر حاصله از زباله‌سوزها در مجتمع‌های پتروشیمی می‌تواند کاربرد داشته باشد.

مواجهات مخاطره آمیز در هر کدام از مراحل و یا قسمت‌های صنعت آبکاری

عملیات مختلف صنعت آبکاری اعم از آماده‌سازی، ترسیب و پولیش زنی کارگر را در معرض مواجهات مخاطره آمیز متعددی قرار می‌دهد که به تفکیک عملیات موجود در صنعت آبکاری به تشریح آن می‌پردازیم (غروی، ۱۳۸۸).

الف: مخاطرات مرحله آماده سازی

۱. سنباده و صیقل‌کاری

در این مرحله تولید غبارات فلزی فراوان و انتشار گرد و غبار به وفور یافت می‌شود، کارگر در معرض پنوموکونیوز قرار می‌گیرد و عوارض ناشی از استنشاق غبارات فلزی از جنس فلز پایه را به همراه دارد.

رایج‌ترین فلزات پایه مورد استفاده در صنعت آبکاری شامل، آهن، نیکل، آلومینیوم، برنج، مس، استیل، روی، چدن و سرب است. همچنین به دلیل تولید غبارات آلومینیوم که قابلیت انفجار دارند با خطر انفجار نیز همراه است (Muller و همکاران ۱۹۹۷).

۲. غوطه‌وری در اسید

تماس مستقیم پوستی با محلول اسیدی باعث تحریک و سوختگی فوری پوست می‌شود. پاشیدن اسید به چشم نیز باعث تحریک و سختگی مخاطی و آسیب بینایی می‌شود. استنشاق مه و بخارات اسیدی باعث بروز علایم فوری تنفسی مثل آبریزش بینی و سوزش گلو و سرفه و تحریک چشم می‌شود و در غلظت بالا کوتاهی نفس، سنگینی قفسه سینه و حتی مرگ رخ می‌دهد (غروی، ۱۳۸۸).

۳. پاکسازی قلیایی

خطرات موجود در این مرحله در پی ریختن یا پاشیدن محلول قلیایی حین حمل‌و نقل، قرار دادن اشیاء داخل وان، جابه‌جایی ظرف به ظرف وجود دارد که سوختگی عمیق دردناک پوستی و در صورت پاشیدن به چشم، خطر آسیب جدی بینایی و حتی کوری را به همراه دارد. تماس مستقیم پوست با محلول قلیایی ممکن است درد فوری ایجاد نکند و پس از چند دقیقه تا چند ساعت به سمت سوختگی و نکرز عمیق بافتی و درد شدید پیشرفت کند. (National occupational health, 1998).

ب: چربی زدایی با حلال

در این مرحله برای زدودن سطح فلز پایه از چربی و آلودگی باقیمانده، حلال‌های هیدروکربنی کلرینه به شکل مایع داغ یا بخارات داغ حلال استفاده می‌شود. حلالهای چربی زدا با پایه آبی نیز تولید شده اند که عوارض کمتری دارند اما تهیه آنها به دلیل تولید محدود مشکل است.

ج: غوطه‌وری در اسید

این مرحله، مکمل مرحله پاکسازی قلیایی است و زنگ زدگی و رسوبات و اکسیدهایی که بر سطح فلز باقی مانده‌اند در این مرحله کاملا بطرف می‌شوند. اسیدهای رایج استفاده شونده در این مرحله شامل اسید سولفوریک، اسید نیتریک، هیدروکلریک (HCL)، هیدروفلوریک (HF) و فورمیک است. غوطه‌وری در اسید همچنین به منظور براق سازی سطح فلزاتی مثل کادمیوم، مس، نیکل و نقره انجام می‌شود که برای این منظور فلز را در مخلوطی از اسید نیتریک و اسید سولفوریک فرو می‌برند (غروی، ۱۳۸۸).

تکنولوژی‌های پالایش

تکنولوژی‌های پالایش شامل طیف وسیعی از مراحل مختلف از جمله تیمارهای درجه حرارت بالا (که در آن مواد شیشه‌ای، ذره‌ای و غیر قابل آبشویی تولید می‌شود) تیمارهای جامدسازی مواد (تولید مواد سیمان مانند) و فرآیند شستشو، می‌باشد.

۱. مدیریت برجا

همان‌طور که ذکر شد مدیریت برجا دارای دو زیر گروه می‌باشد، اولین زیر گروه آن جداسازی خاک آلوده از سایر بخش‌های محیط زیست است، این زیر گروه را می‌توان به همراه روشهای رفع آلودگی درجا (In-site application processes) یا تکنولوژی‌های پالایش شرح داد. در روش شیشه‌ای کردن، جریان الکتریسیته از توده خاک عبور داده می‌شود در این حالت میدان الکتریکی حاصل باعث تولید مونولین شیشه‌ای می‌گردد. در روش جامدسازی درجا با استفاده از مواد جامدساز، خاک را در محل اصلی خود متبلور می‌کنند. در هر روش (فرمهای مونولیت و روش سیمانی کردن) محل آلوده از محیط اطراف را به وسیله یک لایه غیرمتخلخل جدا می‌کنند (عرفان‌منش و همکاران، ۱۳۹۰).

. تثبیت و جامدسازی

EPA تثبیت و جامدسازی را طیف گسترده‌ای از فن‌آوری‌های مختلف تعریف کرده است، تعریف جدا از هم این دو روش با استفاده از مواد شیمیایی و یا روش‌های فیزیکی انجام گرفته است که براساس آن اثرات سوء مواد زاید خطرناک، رادیواکتیو و یا مخلوط هر دو با هم را بر محیطزیست کم کند (EPA, 1999). تثبیت فرآیندی است که در آن مواد افزودنی به پسماند اضافه می‌شود که خطر ذاتی پسماند را کاهش داده و عناصر و عوامل خطرناک در ماده را به شکلی دیگر تغییر و تبدیل می‌کند که کمترین نرخ نشت آلاینده ها را در محیطزیست به همراه دارد یا سمیت را به سطح قابل قبول می‌آورد (LaGrega و همکاران ۲۰۰۱).

جامدسازی به فن‌آوری فیزیکی مربوط می‌شود که در طی آن ماده زاید در یک محیط بسته (محفظه) قرار داده می‌شود و تشکیل یک ماده جامد می‌دهد، محصول بدست آمده از فرآیند جامدسازی به عنوان زباله شناخته می‌شود که می‌تواند به صورت یک بولک یا یک پارچه، ذرات دانه‌ای یا هر نوع شکل فیزیکی دیگر که جامد در نظر گرفته می‌شود باشد (EPA, 1999).

۳. روش‌های غیردرجا

در این روش معمولا مراحل به این صورت پیش می‌رود: ۱. برداشت خاک از محل ۲. الک کردن ۳. مخلوط کردن آنها به وسیله مواد ویژه مورد استفاده ۴. در نهایت دفن و نگهداری آنها در محل‌های از قبل تعیین شده (بازرسی‌های بعد از دفن در آینده بسیار حائز اهمیت می‌باشد).

الف- قیرآلود کردن: در این روش ابتدا ماده مورد نظر با قیر مخلوط می‌گردد و در ظروف مخصوص که اغلب بشکه می‌باشد ریخته می‌شود. پس از سرد شدن مخلوط با قیر کپسوله می‌شود (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۱).

ب- امولسیون قیری: در این روش قیر را ابتدا با آب مخلوط می‌کند و امولسیون قیری به وجود می‌آید سپس به ماده مورد نظر اضافه می‌شود. پس از گذشت زمانی آب از محلول جدا می‌گردد. پس از پردازش مخلوط، ترکیب حاصل نسبت به آب نفوذناپذیر خواهد بود (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۱).

ج- سیمان اصلاح شده سولفوری: سیمان اصلاح شده سولفوری یا با نام تجاری ترموپلاستیک، در اصل ماده‌ای می‌باشد که به راحتی ذوب می‌گردد و سپس با آلاینده‌های مورد نظر تشکیل مخلوط یکپارچه‌ی مذابی را می‌دهد. این مواد بدلیل ماهیتی که دارند به راحتی درون ظروف مورد نظر ریخته شده تا برای نگهداری بعدی آماده شود.

د- شیشه‌ای کردن: مواد آلوده تا ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد گرم می‌شود و در نهایت آن را سرد کرده و به شیشه یا سایر مواد کریستالی تبدیل می‌شود (علوی و همکاران، ۱۳۹۲).

ه- فسفات محلول: در این شیوه فسفات به عنوان کنترل کننده PH و در جهت جلوگیری از حل شدن فلزات مورد استفاده قرار می گیرد باید توجه داشت که این شیوه بیشتر جهت تثبیت استفاده می‌شود (علوی و همکاران، ۱۳۹۲).

و- اکستروژن پلی اتیلن: دانه‌های پلی اتیلن در یک سیلندر با یکدیگر مخلوط شده گرما می‌بینند. مخلوط مذاب یکپارچه شده درون قالب ریخته می‌شود تا سرد و جامد شود (علوی و همکاران، ۱۳۹۲).

روش TCLP

در ابتدا برای تعیین ویژگی‌های مواد زاید خطرناک از روش EP (روش استخراج سمیت) استفاده می‌شود، به این صورت که شیرابه حاوی مواد شیمیایی خطرناک موجود در مواد زاید را مورد بررسی قرار می‌دهند، این روش تا سال ۱۹۸۶ مورد استفاده قرار می‌گرفت تا اینکه به دلیل پیشرفت در تکنولوژی روش دیگری به نام TCLP جایگزین آن گردید. TCLP روش دقیق‌تری برای تعیین سمیت مواد می‌باشد، اما هزینه در مقایسه با روش EP بسیار بالاتر می‌باشد. تنها آزمون الزامی درآمریکا آزمون TCLP و آزمایش مقاومت فشاری محصور نشده (UCS) می‌باشند.

الف: تست‌های فیزیکی: آزمون‌های فیزیکی معمول مشخص شده در استانداردهای عملکرد پروژه شامل تست فیلتر رنگ، هدایت هیدورلیکی.

ب: تست‌های شیمیایی: آزمون شیمیایی اغلب TCLP است چرا که تطابق مناسبی با RCRA آمریکا دارد (علوی و همکاران، ۱۳۹۲).

سیمان و میکروسیلیس

استفاده از سیمان تیپ دو و میکروسیلیس به عنوان یک افزودنی و جایگزین سیمان جهت تقویت واکنش‌های هیدراتاسیون سیمان.

جدول ۱. مشخصات عمومی میکروسلیس مصرفی

اکسیدها(%)	میکروسیلیس
CaO	۲/۶ – ۲/۱
SiO2	۹۶-۸۴
MgO	۱-۰/۱
Al2O3	۱/۹ – ۰/۶
Fe2O3	۱/۸ – ۰/۵
K2O	

لجن

نمونه‌برداری از محل اصلی ذخیره گرفته است (به صورت روزانه معادل ۱۰۰ گرم لجن خشک).

جدول ۲. نتایج آنالیز بر روی لجن وان اصلی آبکاری کروم

پارامتر	پارامتر	مقدار اندازه گیری شده
غلظت کروم شش ظرفیتی	گرم بر لیتر	۱۴
TSS	میلی گرم بر لیتر	۶۳۵
وزن مخصوص خشک (ρd)	کیلوگرم بر متر مکعب	۳۱۸
درصد رطوبت (Wd)	درصد	۹۳
pH		۳/۱

آماده سازی نمونه‌ها

جهت آماده سازی نمونه ها و آزمون، نمونه‌های با نسبت لجن به سیمان مختلف ساخته شده که درصد آن در جدول ۳ آورد شده است .

نمونه‌های اصلی بر اساس نمونه‌هایی که پس از گذشت ۲۴ ساعت توانایی جداشدن از قالب را داشتند تعیین شدند و نسبت‌های بهینه انتخاب شده طبق درصدهای وزنی و استاندارد ASTM C109/C109M-95 میباشد. به علت اسیدی بودن لجن در مرحله ساخت از سود صنعتی جهت خنثی‌سازی استفاده شده است که PH لجن به ۸/۲ رسانده شد.

جدول ۳. نسبتهای بهینه انتخاب شده جهت ساخت و درصد وزنی ترکیبات

درصد وزنی سیمان مصرفی	درصد وزنی میکروسیلیس مصرفی	درصد وزنی لجن مصرفی	نسبت لجن به سیمان و میکروسیلیس
۷۰	۵	۲۵	۲۵/۷۵
۶۵	۱۰	۲۵	۲۵/۷۵
۷۵	۰	۲۵	۲۵/۷۵
۶۵	۵	۳۰	۳۰/۷۰
۶۰	۱۰	۳۰	۳۰/۷۰
۷۰	۰	۳۰	۳۰/۷۰
۵۵	۵	۴۰	۴۰/۶۰
۵۰	۱۰	۴۰	۴۰/۶۰
۶۰	۰	۴۰	۴۰/۶۰

با رقیق‌سازی لجن با آب مقطر، غلظت کروم موجود در آن به ۱ گرم بر لیتر رسانده شد تا اثر غلظت کم کروم بر روی واکنش‌های هیدراتاسیون سیمان بررسی شود.

نتایج و بحث

آزمایش TCLP

جهت بررسی آبشویی نمونه‌ها، آزمایش تراوش آلودگی این آزمایش طبق استاندارد EPA-1311 انتخاب شده است. در این روش نمونه‌ها پس از شکستن و خردکردن و مخلوط با محلول شستشو دهنده به مدت ۱۸ ساعت در دستگاه اغتشاش گر دورانی مخلوط گردیده است.

دستگاه آنالیز کروم

جهت اندازه گیری میزان کروم موجود در محلول تراوش شده از دستگاه اسپکتروفوتومتر با مشخصات DR/4000u و با طول موج ۵۴۰ نانومتر استفاده شده است. اندازه گیری غلظت کروم براساس روش Standard Method 3500-Cr B بوده است.

نتایج آزمایش TCLP در نمونه هایی با غلظت کروم ورودی ۱۲ گرم بر لیتر

درجدولهای ۴ و ۵ غلظت کروم در محلول شستشو دهنده و درصد بازدهی حذف کروم با نسبت‌های مختلف اختلاط پس از ۳۰ روز از ساخت نمونه‌ها نشان داده شده است.

جدول ۴. غلظت کروم در محلول شستشو دهنده

نسبت اختلاط (میلی گرم بر لیتر)	افزودن ۰ درصد میکروسلیس	افزودن ۵ درصد میکروسلیس	افزودن ۱۰ درصد میکروسلیس
اختلاط با نسبت لجن به سیمان ۲۵/۷۵	۲۰	۱۸	۱۷
اختلاط با نسبت لجن به سیمان ۳۰/۷۰	۲۸	۲۵	۲۲
اختلاط با نسبت لجن به سیمان ۴۰/۶۰	۴۷	۴۰	۳۱

جدول۵. درصد بازدهی حذف کروم

	افزودن ۰ درصد میکروسلیس	افزودن ۵ درصد میکروسلیس	افزودن ۱۰ درصد میکروسلیس
بازده اختلاط با نسبت لجن به سیمان ۲۵/۷۵	۸۹	۹۱	۹۲
بازده اختلاط با نسبت لجن به سیمان ۳۰/۷۰	۸۸	۸۹	۹۱
بازده اختلاط با نسبت لجن به سیمان ۴۰/۶۰	۸۳	۸۷	۹۰

نتایج آزمایش TCLP در نمونه هایی با غلظت کروم ورودی ۱ گرم بر لیتر

در مرحله بعد لجن اصلی با آب مقطر تا غلظت کروم ۱ گرم بر لیتر رقیق شده است. نتایج نشان می‌دهد که غلظت کروم در مایع شستشو دهنده از غلظت حداکثر مجاز کروم کمتر بوده است و نمونه تثبیت شده قابلیت دفن در محل‌های دفن مواد زاید خطرناک را دارد.

جدول ۶. غلظت کروم در محلول شستشو دهنده

نسبت اختلاط (میلی گرم بر لیتر)	افزودن ۰ درصد میکروسلیس	افزودن ۵ درصد میکروسلیس	افزودن ۱۰ درصد میکروسلیس
اختلاط با نسبت لجن به سیمان ۲۵/۷۵	۱/۷	۱/۷	۳/۳
اختلاط با نسبت لجن به سیمان ۳۰/۷۰	۱/۲	۲/۱	۳/۱
اختلاط با نسبت لجن به سیمان ۴۰/۶۰	۰/۹	۲	۳

جدول ۷. جدول غلظت درصد بازدهی حذف کروم

نسبت اختلاط (میلی گرم بر لیتر)	افزودن ۰ درصد میکروسلیس	افزودن ۵ درصد میکروسلیس	افزودن ۱۰ درصد میکروسلیس
بازده اختلاط با نسبت لجن به سیمان ۲۵/۷۵	۹۰	۹۳	۹۵
بازده اختلاط با نسبت لجن به سیمان ۳۰/۷۰	۹۱	۸۸	۸۹
بازده اختلاط با نسبت لجن به سیمان ۴۰/۶۰	۸۶	۸۷	۸۸

نتیجه گیری

از اولین اقدامات برای ایجاد توسعه پایدار مدیریت صحیح پسماند می‌باشد، برای دفن مواد زائد خطرناک به دلیل ماهیت آنها باید تمهیدات ویژه‌ای صورت گیرد و از آنجا که تولید اینگونه مواد در صنعت آبکاری اجتناب ناپذیر می‌باشد، باید مدیریت و کم خطرسازی آنها به دقت مورد توجه قرار گرفته و حداکثر اصول مهندسی را انجام داد. به دلیل اینکه مجموعه‌ی مورد مطالعاتی سطح وسیعی را در اختیار ندارد مجبور به استفاده از روش‌های معمول می‌گردند، در این مقاله با بررسی روش های مختلف ژئوتکنیک و برپایه نتایج به دست آمده از روش TCLP می توان اینگونه نتیجه‌گیری کرد که مهم ترین روش برای کم خطر سازی مواد زاید خطرناک برای این صنعت از میان روش های بررسی شده، روش تثبیت و جامدسازی می‌باشد، روش تثبیت و جامدسازی یک روش عمرانی محیط‌زیستی به حساب می‌آید، به همین دلیل توجه به آزمایش‌ها و شرایط آنها بسیار حائز اهمیت می‌باشد. کم خطرسازی مواد زائد خطرناک با این روش از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده تا از آسیب رساندن جدی به موجودات، انسان و محیط‌زیست جلوگیری شود. با توجه به آزمایشات مشخص گردید بیشترین درصد حذف کروم در نمونه با غلظت کروم ۱۲ گرم بر لیتر با نسبت اختلاط لجن به سیمان ۲۵/۷۵، با افزودن ۱۰ درصد سیلیس، ۹۲ درصد، و غلظت کروم ۱ گرم بر لیتر با همان نسب و درصد سیلیس ۹۵درصد می‌باشد. نتایج نشان میدهد مناسب ترین درصد موجود در ۱۲ و ۱ گرم کروم ورودی در نسبت فوق و میزان ۱۰ درصد سیلیس موجود می‌باشد. از آنجاییکه این روش ها آسیب محیط زیستی بارزی برجای نمیگذارد و بازده بالایی در حذف پسماند و لجن خطرناک این نوع صنایع دارد استفاده از این روش ها به شرط رعایت اصول خاک شناسی و عمرانی توصیه می شود.

منابع

امیرسلیمانی، ح. توکلی،ب. ۱۳۸۸. جایگاه صنایع تولید کننده پسماندهای ویژه در استان گیلان براساس کنوانسیون بازل. همایش پژوهشی، دانشگاه گیلان.

سرتاج، م. صدوق، م، پ. جلالوندی، ح. ۱۳۸۶. کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در مکانیابی محل‌های دفن پسماندهای ویژه. سومین همایش ملی مدیریت پسماند. ۲۸۱-۲۷۱.

شاپوری، و. علوی مقدم، م، ر. عبادی، ت. ۱۳۸۵. مطالعه آزمایشگاهی تثبیت و جامدسازی لجن صنعت آبکاری فلزات. یازدهمین کنگره ملی شیمی ایران.

فرازمند، ع. ارومیه، ح. تشیعی، ح. ۱۳۸۴. بررسی آلودگی ناشی از پسابهای حاوی فلزات سنگین واحدها و کارگاههای آبکاری استان اصفهان. مجله آب وفاضلاب. دوره ۱۶، شماره ۳، ۷۶-۶۹.

علوی، ف. سروش، ع. مداح، آ. ۱۳۹۲. روش‌های ژئوتکنیکی جهت کم خطرسازی مواد زاید خطرناک به همراه مطالعه موردی در هرروش. پایان نامه ارشد، دانشگاه امیرکبیر.

غروی، م. ۱۳۸۸. صنعت آبکاری؛ مواجهات و مخاطرات. فصلنامه علمی تخصصی طب کار. دوره اول، شماره اول. ۴۷-۵۹.

میرزایی، ا. گیتی‌پور، س. ۱۳۹۱. استفاده از روش جامدسازی و تثبیت در محوطه‌های خاکی آلوده . دومین کنفرانس برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست.

Albanna, M. Warith, M. Fernandes, L. 2010. Kinetics of biological methane oxidation in the presence of non-methane organic compounds in landfill bio-covers. Waste Management. 30(2):219-227.

Cullinane, M, J. Jones, L, W. 1990. Handbook for stabilization/solidification of hazardous waste. US. Environmental Protection Agency Publication.

Guo, H. Luo, S. Chen, L. Xiao, X. Xi, Q. Wei, W. et al. 2010. Bioremediation of heavy metals by growing hyperaccumulaor endophytic bacterium Bacillus sp. L14. Bioresource Technology. 101(22):8599-605.

Hideo, K. Nobuhide, O. 1998. Thermal influence on compacted bentonic for nuclear waste disposal. Environmental Geotechnics. P39-44.

Huisman, D, J. Vermeulen, F, J, H. Baker, J. Veldkamp, A. Kroonenberg, S, B. Klaver, G, T. 1997. Ageological interpretation of heavy metal concentrations in soil and sediments in the Southern Nwtherlands. Geochem Explor ; 59: 163-174.

Komilis, D, P. Ham, R, K. Stegmann, R. 1999. The Effect of Municipal Solid Waste Pretreatment on Landfill Behavior: a Literature Review. Waste Management and Research. 17, 10–19.

Lefebvre, D, D. Edwards, C, D. 2010. Decontaminating heavy metals using photosynthetic microbes. In: Shah V, editor. Emerging Environmental technologies, Vol 2.

LaGrega, M. Buckingham, P. 2001. Hazardous Waste Management. 2nd edition, McGraw-Hill.

Muller, M, P. Wang, R, Y. 1997. Electrolplating. In: Greenberg M (editor). Occupational, industrial and environmental toxicology. 1st ed. Mosby. 89-99.

National occupational health and safety commission. 1998. Electroplating. Australian Government Publishing Service.

Ouhadi, V, R. Amiri, M. 2011. Geo-environmental Behaviour of Nanoclays in Interaction with Heavy Metals Contaminant. Amirkabir J, Civil, 42, 3, pp 29-36.

Solidification/Stabilization Resource Guide. 1999. EPA/542-B-99-002, April.

Şener, B. Lütfi Süzen, M. Vedat, D. 2006. Landfill site selection by using geographic information systems. Environmental Geology, Vol. 49(3): 376-388.

USEPA Method 1311. 1992. Toxicity Characteristic Leaching Procedure Method for Evaluation of Solid Waste. SW846.

Xue, J. Wang, W. Wang, Q. Liu, S. Yang, J. Wui, T. 2010. Removal of heavy metals from municipal solid waste incineration (MSWI) fly ash by traditional and microwave acid extraction. Journal of Chemical Technology & Biotechnology. Vol. 85 (9): 1268–1277.

Yang, Y, G. Jin, Z. Bi, X. Li, F. Sun, L. Liu, J. Fu, Z. 2009. Atmospheric deposition- carried Pb, Zn, and Cd from a Zinc smelter and their effect on soil microorganisms. Pedospher. 19: 422-423.

Yong, R, N. warkentin, B, P. Phadungchewit, Y. Galvez, R. 1990. Buffer capacity and Lead retention in some clay minerals. Water, Air, and Soil Pollution, J. 53, pp 53-67.

Yong, R. N. Mohamed, A, M, O. Warketin, B, P. 1992. Principles of contaminant transport in soils. Elsevier, Holland.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: New Technologies in Soil Science

Investigating the Application of Geotechnical Methods in the Removal of Waste from the plating Industries

Negarestani, F., Alavi, C., Neshat, A.

[1] MSc graduate Environment, Faculty of natural resource, Ardakan University, Yazd, Iran

[2] Assistant Professor Department of environment, Faculty of natural resource, Ardakan University, Yazd, Iran

[3] Assistant Professor Department of environment, Faculty of natural resource, Ardakan University, Yazd, Iran

Abstract

Development, industry and technology are three words that human beings have been dealing with after industrial revolution, but this development, based on industry and technology, has been accompanied by pollution, destruction and other destructive issues. The plating industry deals with chemicals and produces pollutants such as sludge and hazardous waste during various processes that unfortunately, contaminants mostly without engineering supervision, enter the nature. This paper studies the efficiency of geotechnical and soil-based methods in hazardous waste management of the plating industry that the basis of the work is based on the TCLP test. To determine the properties of hazardous waste, the EP method (toxicity extraction method) is used. In this way, leachate contains hazardous chemicals in waste materials, with inputs of 12 and 1gr /l of chromium, are being investigated. based on the obtained results, the input chromium concentration was determined by adding 10% micro silica to mix of cement with sludge in proportion of 25/75, removal of 92% chromium, Also, by adding 10% micro silica to the 1% concentration to mix of cement with sludge in the same proportion, 95% of chromium in the waste removed.

Keywords: Geo technic, TCLP test, Waste, Micro silica, Plating industry.