



الودگی زدایی خاک با استفاده از روش جامدسازی لجن صنایع آبکاری به کمک تثبیت کننده فسفاتی

امین فلامکی^۱، مهناز اسکندری^۲
۱-استادیار گروه مهندسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران ۲-دکتری خاکشناسی، محقق موسسه تحقیقات خاک و آب

چکیده

الودگی خاک ناشی از دفع زایدات صنایعکه حاوی مقادیر بسیاری از فلزات سنگین هستند، یکی از مهمترین چالش‌های زیست‌محیطی در حال حاضر است. تثبیت این فلزات از راهکارهای ساده و ارزان محسوب می‌شود. در این پژوهش از دی کلسیم فسفات به عنوان ماده تثبیت کننده برای جامدسازی دو فلز کروم و کادمیوم موجود در لجن یک واحد آبکاری استفاده شد. مقدار ماده تثبیت کننده بکار رفته نسبت به وزن خشک لجن، به ترتیب ۱/۰، ۲/۰ و ۵/۰ درصد در سه تکرار در نظر گرفته شد. سپس مقدار فلز قابل شستشو از نمونه‌ها به کمک آزمایش TCLP اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که با کاربرد ۱/۰، ۲/۰ و ۵/۰ درصد دی کلسیم فسفات، مقدار غلظت کروم در شیرابه خروجی به ترتیب ۷۲، ۸۶ و ۸۷ درصد و مقدار غلظت کادمیوم در شیرابه خروجی به ترتیب ۸۸، ۹۴ و ۹۶ درصد، کاهش داشته است.

واژه های کلیدی: دی کلسیم فسفات، کروم، کادمیوم، TCLP

مقدمه

در دهه‌های اخیر، الودگی خاک‌ها به فلزات سنگین به دلیل آگاهی از سمیت این فلزات برای انسان‌ها و سایر جانداران، یکی از مهم‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی به شمار می‌رود. روش‌هایی که در حال حاضر برای اصلاح خاک‌ها استفاده می‌شوند، پرهزینه و در برخی موارد مانند گودبرداری به منظور اصلاح خاک و برگرداندن آن به جای اولیه، مخرب هستند (فلامکی و همکاران، ۱۳۹۲). برخلاف این روش‌ها، روش‌های شیمیایی اصلاح خاک‌ها از نظر اقتصادی مقرون به صرفه‌تر بوده و پاسخی طولانی مدت برای الودگی زدایی خاک‌ها محسوب می‌شوند. همچنین در این روش‌ها نهایتاً موادی با حلالیت اندک بر جای می‌ماند (Mignardi et al., ۲۰۱۳).

یکی از روش‌های در جای الودگی زدایی که هزینه آن بسیار مقرون به صرفه است، تثبیت‌سازی فلزات سنگین با کاربرد مواد اصلاحی مانند ترکیبات مختلف فسفات است (Abbaspour and Golchin, ۲۰۱۱). در این روش با کاربرد یک ماده تثبیت کننده، فلزات قابل دسترس زیستی و قابل شستشو به شکل کم‌محلول‌تر تبدیل می‌شوند که می‌توانند برای مدت زمان زیادی در این شکل خنثی باقی بمانند. بنابراین خطر ورود آن‌ها به زنجیره غذایی و از طرف دیگر ورود آن‌ها به ذخایر آب‌های سطحی و زیرزمینی کاهش می‌یابد. همچنین در این روش می‌توان پسماندهای خطرناک مانند لجن حاصل از صنایع آبکاری را به پسماندی تبدیل کرد که با محیط‌زیست سازگار است و سپس آن را دفن کرد.

در حال حاضر تثبیت شیمیایی فلزات سنگین مانند Zn، Cd، Cu، Pb، با کاربرد تثبیت کننده‌های فسفاتی یک روش پذیرفته شده به شمار می‌رود. در پژوهش‌های انجام شده تاکنون، کارایی مواد تثبیت کننده در تشکیل رسوب و غیر متحرک‌سازی فلزات محلول، به کمک روش‌های عصاره‌گیری پی‌اچ (SE)، TCLP^{۱۳۲} و عصاره‌گیری برپایه فیزیولوژی ارزیابی شده است. در میان این روش‌ها، بیشترین روش کاربردی در حال حاضر استفاده از TCLP است که توسط USEPA برای تعیین تحرک آنالیت‌های آلی و غیرآلی موجود در مایع، جامد و زایدات چندفازی توسعه یافته است.

در این میان می‌توان به پژوهش Abbaspour و Golchin (۲۰۱۱)، با کاربرد دی آمونیوم فسفات برای تثبیت‌سازی Cu، Cd، Pb در خاک‌های آلوده اطراف یک معدن روی، پژوهش Tang و همکاران (۲۰۱۳)، با کاربرد منوکلسیم فسفات در تثبیت‌سازی فلزات سنگین مانند Cu، Pb، Cr، Cd در لجن حاصل از کارخانه دباغی و پژوهش Mignardi و همکاران (۲۰۱۳) با کاربرد هیدروکسی آپاتیت سنتز شده و سنگ فسفات طبیعی برای تثبیت دو فلز نیکل و کبالت در خاک باقی مانده از ضایعات معدن کاوی، اشاره کرد. Wu و همکاران (۲۰۱۳) نیز از فسفات‌های پتاسیم و کلسیم برای تثبیت فلزات Cu، Zn، Pb، As استفاده کردند. سمیت نسبی این عناصر به روش TCLP اندازه‌گیری شد. نتایج حاکی از آن بود که مواد فسفاتی به کار رفته توانسته‌اند با موفقیت از مقدار انحلال این فلزات، تبادل و سمیت آن‌ها در خاک بکاهند.

^{۱۳۲}Toxicity characteristic leaching procedure

هدف از این پژوهش، بررسی کارایی تثبیت کننده فسفات‌ها در جامدسازی لجن حاصل از یکی از صنایع آبکاری در شیراز بود که طی سالیان فعالیت این صنعت، زایدات حاصلروی خاک سبک بافت محوطه و بدون کاربرد هیچ گونه تمهیداتی برای جلوگیری از انتشار آلاینده‌ها به محیط، دیو می‌شده است.

مواد و روش‌ها نمونه‌گیری

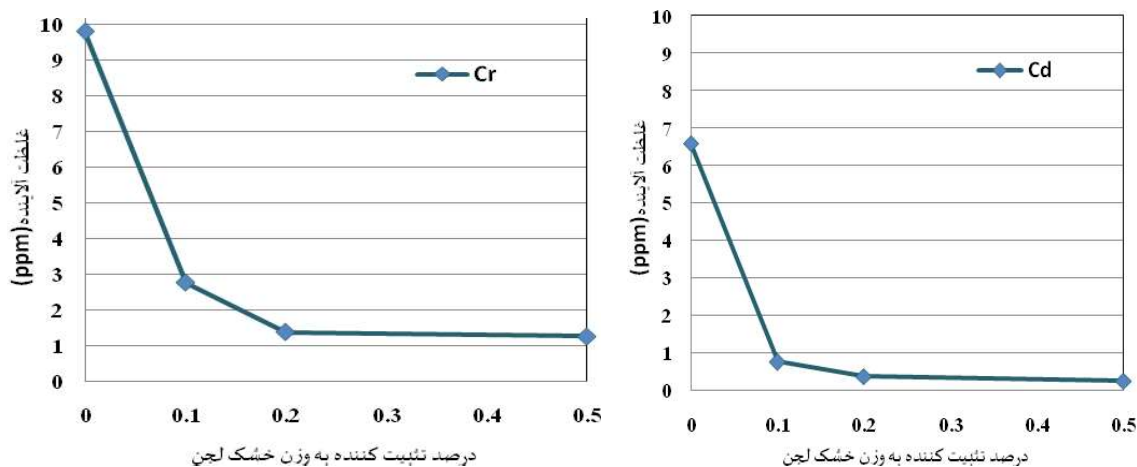
لجن آبکاری از یک واحد آبکاری مستقر در شمال غرب شهر شیراز، در کیسه‌های پلی اتیلن جمع‌آوری شد. این واحد صنعتی به دلیل آلوده‌سازی محیط طی سالیان فعالیت خود، در حال حاضر از سوی اداره کل محیط‌زیست استان فارس تعطیل شده است. لیکن زایدات تولیدی توسط آن در اطراف دیو شده و هنوز اقدامی برای جمع‌آوری و دفع بهداشتی آنها صورت نگرفته است. لجن صنایع آبکاری حاوی فلزات سنگین بسیاری از جمله کروم، کادمیوم، روی، نیکل، مس، سرب و منگنز است (Venkateswaran et al., 2007)، که باید برای پرهیز از آلودگی خاک و در پی آن آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی اطراف معادن، پیش از دفع این زایدات در خاک، آنها را بی خطر ساخت. در این پژوهش به منظور جلوگیری از شستشوی این فلزات و ورود آنها به شکل قابل جذب در محیط، از دی کلسیم فسفات (DCP) به عنوان ماده تثبیت کننده استفاده شد. مقدار ماده تثبیت کننده بکار رفته نسبت به وزن خشک لجن، به ترتیب ۱/۰، ۲/۰ و ۵/۰ درصد در سه تکرار در نظر گرفته شد. نمونه‌ها پس از اختلاط با DCP در کیسه‌های پلی اتیلن به مدت ۲۸ روز نگهداری شدند. همچنین سه نمونه به عنوان شاهد بدون اختلاط با تثبیت کننده، در شرایط سایر نمونه‌ها نگهداری شدند. سپس مقدار فلز قابل شستشو از نمونه‌ها به کمک آزمایش TCLP اندازه‌گیری شد. مقادیر بدست آمده توسط هر سه تکرار، میانگین‌گیری شدند.

TCLP

آزمایش TCLP روشی معمول برای سنجش مواد زاید است که در صورت تشخیص خطرناک بودن، لازم است مواد زاید پیش از دفن، تیمار شوند. این آزمایش اطلاعات مفیدی در مورد پتانسیل شستشوی آلاینده‌های فلزی موجود در لجن‌های به جا مانده از صنایع مختلف در اختیار می‌گذارد. آزمایش فوق برپایه استاندارد USEPA-۱۳۱۱ و با کاربرد محلول عصاره‌گیری شماره ۲ انجام گرفت. سپس مقدار قابل شستشوی دو فلز کروم و کادمیوم از نمونه‌های شاهد و تیمار شده به کمک دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شدند. حداکثر مقدار مجاز قابل شستشو برای Cr و Cd به ترتیب ۵ و ۱ میلی گرم در لیتر است. در مقادیر بیشتر، ماده زاید خطرناک تشخیص داده شده و لازم است پیش از دفع، بی خطر شود.

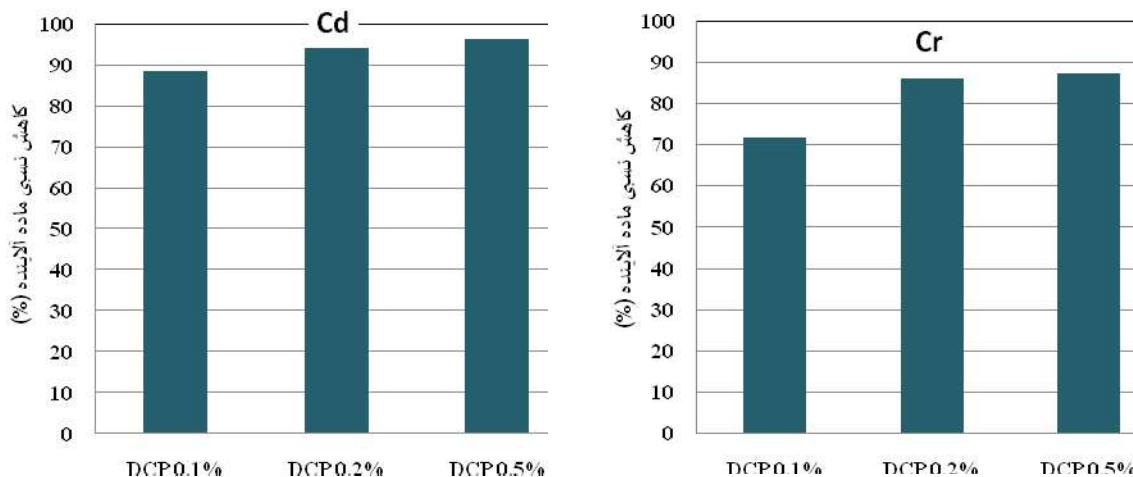
نتایج و بحث

نتایج آزمایش شستشوی فلزات کروم و کادمیوم در شکل ۱ ارائه شده که در آن، غلظت فلز در شیرابه خروجی از لجن، در مقابل درصد تثبیت کننده فسفات‌ها بکار رفته، نمایش داده شده است. این شکل نشان می‌دهد که مقدار خروجی دو فلز کروم و کادمیوم، از حد استاندارد USEPA بیشتر بوده و بنابراین لجن مورد آزمایش جزء زایدات خطرناک طبقه‌بندی می‌شود. همچنین مشخص است که تمام مقادیر دی کلسیم فسفات بکار رفته توانسته است، Cr و Cd را تثبیت و کمتر از حداکثر مقدار مجاز خروجی نماید.



در برابر مقدار دی کلسیم فسفات بکار رفته TCLP شکل ۱ - آلاینده‌های خروجی اندازه‌گیری شده از شیرابه لجن به روش

افزایش مقدار دی کلسیم فسفات از ۱/۰ تا ۵/۰ درصد، مقدار خروجی فلزات سنگین را بیشتر کاهش می دهد، لیکن مقدار کاهش در مورد کادمیوم بیش از کروم بود. شکل ۲ نشان می دهد که با کاربرد ۱/۰، ۲/۰ و ۵/۰ درصد دی کلسیم فسفات مقدار غلظت کروم در شیرابه خروجی به ترتیب ۷۲، ۸۶ و ۸۷ درصد کاهش می یابد. همچنین ۱/۰، ۲/۰ و ۵/۰ درصد دی کلسیم فسفات می تواند مقدار غلظت کادمیوم را در شیرابه خروجی به ترتیب ۸۸، ۹۴ و ۹۶ درصد کاهش دهد. بنابراین با توجه به مقدار بسیار اندک تثبیت کننده بکار رفته و همچنین نتایج بسیار مطلوب بدست آمده از آزمایش شستشوی خاک پس از کاربرد آن، می توان نتیجه گرفت که این روش در مقیاس وسیع، راهکاری ارزان و مقرون به صرفه خواهد بود.



شکل ۲- کاهش نسبی مقدار آلاینده های خروجی از شیرابه لجن با کاربرد مقادیر مختلف دی کلسیم فسفات

منابع

فلامکی، ا.، توللی، ح.، اسکندری، م. و مرادی اصطهباناتی، م. ۱۳۹۲. بهسازی خاک های آلوده به کادمیوم و مس با کاربرد دی کلسیم فسفات. مجله حفاظت منابع آب و خاک، سال سوم، شماره اول، صفحه های ۳۳ تا ۴۱.

- Abbaspour A. and Golchin A. ۲۰۱۱. Immobilization of heavy metals in a contaminated soil in Iran using di-ammonium phosphate, vermicompost and zeolite. *Environmental Earth Science*, ۶۳: ۹۳۵-۹۴۳.
- Mignardi S. Corami. A. and Ferrini. V. ۲۰۱۳. Immobilization of Co and Ni in mining-impacted soils using phosphate amendments. *Water Air Soil Pollution*, ۲۲۴: ۱-۱۰.
- Tang P. Zhou Y. and Xie Z. ۲۰۱۳. Immobilization of heavy metals in sludge using phosphoric acid and monobasic calcium phosphate. *Journal of Zhejiang University, (SCIENCE A: Applied Physics & Engineering)*, ۱۴(۳): ۱۷۷-۱۸۶.
- US EPA. ۱۹۹۲. Toxicity Characteristic Leaching Procedure (Method ۱۳۱۱) in SW-۸۴۶. Office of Solid Waste, Washington DC.
- Venkateswaran P. Vellaichamy S. and Palanivel K. ۲۰۰۷. Speciation of heavy metals in electroplating industry sludge and wastewater residue using inductively coupled plasma. *International Journal of Environmental Science and Technology*, ۴(۴): ۴۹۷-۵۰۴.
- Wu WH. Xie ZM. Xu JM. Wang F. Shi JC. Zhou RB. and Jin ZF. ۲۰۱۳. Immobilization of trace metals by phosphates in contaminated soil near lead/zinc mine tailings evaluated by sequential extraction and TCLP. *Journal of Soils and Sediments*, ۱۳: ۱۳۸۶-۱۳۹۵.

Abstract



چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - شیمی حاصلخیزی و تغذیه گیاه

One of the most currently challenging environmental tasks is soil contamination with disposal of industrial waste materials which contains several form of heavy metals. Solidification/stabilization is a simple and inexpensive solution that can be used to minimize diffuzing of such heavy metals to the environment. In this research, dicalcium phosphate was used to stabilize the chromium and cadmium of someplating sludges. The ratios of dicalcium phosphate per dry plating sludge were assigned to be 0.1% , 0.2% and 0.5% by weight. Metal leaching from the solidified plating wastes was assessed using the TCLP. The results showed that by applying 0.1 , 0.2 and 0.5% dicalcium phosphate, 72% , 86% and 87% of the chromium in the leachate would reduce, respectively. The corresponding reduction for cadmium was 88% , 94% and 96% , respectively.