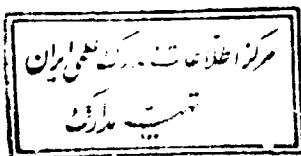


بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

٣١٢٠٧

۲۲ / ۵ / ۱۳۲۹



دانشگاه علم و صنعت ایران

دانشکده عمران

## حذف کروم از پسابهای صنایع آبکاری به روش فیزیکوشیمیایی

بنفشه ضیایی اردکانی

۷۱۵۱

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی عمران - محیط زیست

استاد راهنما:

دکتر ناصر مهرداری

استاد مشاور:

دکتر عباس قاهری

زمستان ۱۳۷۸

۳ / ۲۰۷

# تقدیم به تمام عزیزانم

## چکیده

جهت حذف کروم از فاضلاب صنعتی استفاده از مواد آهک، سود و هیدروکسید منیزیم بررسی شد. نمونه‌های فاضلاب برای انجام تحقیق از صنعت آبکاری (ایندامین) آورده شد. خصوصیات فاضلاب خام مشخص گردید و مقدار غلظت کروم ۲۷۲ میلی‌گرم در لیتر و  $pH$  آن ۴/۵ بود.

کروم موجود در پساب آبکاری از نوع شش ظرفیتی است و سمیت بیشتری نسبت به پسابهای دیگر حاوی کروم دارد و در روش رسوبدهی باید ابتدا آن را احیاء کرده و سپس عملیات رسوبدهی و لخته‌سازی را انجام داد. مواد رسوبدهنده مصرفی در این پروژه شامل آهک، سود و هیدروکسید منیزیم می‌باشد که در شرایط مختلف مورد بررسی قرار گرفتند.

اهداف اصلی پروژه، تعیین مقدار ماده مصرفی برای تبدیل کروم شش ظرفیتی به سه ظرفیتی، تعیین بهترین ماده رسوبدهنده کروم، محاسبه مقدار لجن تولیدی با استفاده از مواد شیمیایی مختلف، رفتارسنجی زمان ته‌نشینی در  $pH$ های مختلف می‌باشد. راندمان عملکرد آهک صنعتی با آهک آزمایشگاهی (مرک) مقایسه شد و نتایج اختلاف چندانی نداشت. نتایج نشان می‌دهد که بهترین حذف کروم با استفاده از آهک و سود در  $pH = 8$  و هیدروکسید منیزیم در  $pH = 9$  می‌باشد.

## تقدیر و تشکر

با سپاس بیکران خداوند متعال، لازم است که از زحمات گرانقدر و راهنماییهای ارزشمند و دلسوزانه جناب آقای دکتر مهر دادی قدردانی نموده و همچنین از توجهات و کمکهای جناب آقای دکتر قاهری تشکر کرده و نیز سپاس خود را به جناب آقای دکتر ادیبی و سایر اساتید محترم گروهمحیط زیست دانشکده عمر ان تقدیم می‌دارد.

اجرای این پروژه بدون توجه و کمکهای گروهمشیمی تجزیه و محیط زیست سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران، مشکلتر می‌نمود بنابراین لازم است که از آن سروران نیز تشکر به عمل آید.

**فصل اول: مقدمه، مروری بر تحقیقات انجام شده**

- ۱-۱ مقدمه ..... ۱
- ۱-۲ اهداف ..... ۱
- ۱-۳ مروری بر تحقیقات انجام شده ..... ۲

**فصل دوم: آشنایی با فلزات سنگین، کاربرد و اثرات آنها**

- ۲-۱ آشنایی با فلزات سنگین ..... ۵
- ۲-۱-۱ آشنایی با فلز کروم ..... ۵
- ۲-۲ کاربرد فلزات سنگین ..... ۶
- ۲-۳ فلزات سنگین در محیط و اثرات آنها ..... ۶
- ۲-۴ میزان سمیت فلزات سنگین ..... ۸
- ۲-۴-۱ بررسی سمیت فلز کروم ..... ۹
- ۲-۵ استانداردها ..... ۹

**فصل سوم: بررسی فرآیند آبکاری و کیفیت فاضلاب**

- ۳-۱ آشنایی با آبکاری ..... ۱۱
- ۳-۲ روشهای مختلف آبکاری ..... ۱۱
- ۳-۳ مراحل گوناگون فرآیند آبکاری ..... ۱۳
- ۳-۳-۱ مرحله آماده سازی ..... ۱۳
- ۳-۳-۲ مرحله آبکاری ..... ۱۳
- ۳-۳-۳ مراحل نهایی ..... ۱۴
- ۳-۴ بررسی فاضلاب صنایع آبکاری ..... ۱۵
- ۳-۴-۱ آشنایی با محلهای تولید فاضلاب ..... ۱۵
- ۳-۴-۲ ویژگیهای فاضلاب آبکاری کروم ..... ۱۷

## فصل چهارم - بررسی روشهای تصفیه فاضلاب صنایع آبکاری کروم

- ۴-۱ روشهای مختلف تصفیه ..... ۱۸
- ۴-۲ روش احیاء رسوبدهی و لخته سازی ..... ۱۹
- ۴-۳ روش تبادل یونی ..... ۲۳
- ۴-۴ روش اسمز معکوس و اولترافیلتراسیون ..... ۲۶
- ۴-۵ روش الکتروشیمیایی ..... ۲۶
- ۴-۶ روش جذب سطحی ..... ۲۸
- ۴-۶-۱ عوامل موثر بر جذب سطحی ..... ۲۹
- ۴-۶-۲ ایزوترمهای جذب سطحی ..... ۳۰
- ۴-۶-۳ نتایج برخی تحقیقات در جذب سطحی کروم ..... ۳۱
- ۴-۷ روشهای بیولوژیکی ..... ۳۴

## فصل پنجم - روش تحقیق

- ۵-۱ روش نمونه گیری ..... ۳۶
- ۵-۲ نحوه نگهداری نمونه ها ..... ۳۷
- ۵-۳ نحوه انتخاب روش تصفیه ..... ۳۷
- ۵-۴ مشخصات فاضلاب مورد استفاده ..... ۳۸
- ۵-۵ روش انجام آزمایشها ..... ۳۸
- ۵-۶ دستگاههای مورد استفاده ..... ۳۹
- ۵-۷ نحوه آماده سازی نمونه ها ..... ۳۹
- ۵-۸ چگونگی تعیین مقدار ماده احیاء کننده ..... ۴۰
- ۵-۹ چگونگی رسوبدهی شیمیایی با مواد مختلف ..... ۴۲

## فصل ششم - بحث و نتیجه گیری

- ۶-۱ بررسی اجمالی ..... ۴۵
- ۶-۲ تغییرات  $pH$  در اثر افزودن مواد رسوبدهنده ..... ۴۵
- ۶-۳ نحوه تغییرات غلظت کروم در اثر افزودن مواد رسوبدهنده ..... ۴۹

۵۴	۶-۴ مقایسه وزن لجن حاصله از رسوبدهی شیمیایی
۶۰	۶-۵ بررسی سرعت ته نشینی لجن در رسوبدهی شیمیایی
۶۴	۶-۶ بررسی عملکرد آب آهک صنعتی در تصفیه
۶۹	۶-۷ بررسی اقتصادی
۷۰	۶-۸ نتیجه گیری
۷۲	۶-۹ پیشنهادات
	مراجع



## فهرست اشکال

صفحه	عنوان	شکل
		<b>فصل دوم:</b>
	مسیرهای ممکن جهت انتقال و تغلیظ فلزات سنگین در گیاهان، حیوانات و انسانها .....	۲-۱
		<b>فصل سوم:</b>
۱۵	مراحل آبکاری نیکل - کروم .....	۳-۱
۱۶	فرآیند آبکاری و محل‌های دفع فاضلاب .....	۳-۲
		<b>فصل چهارم:</b>
۲۰	اثر $pH$ و زمان واکنش بر روی احیاء کروم .....	۴-۱
۲۳	مراحل احیاء و رسوبدهی پساب کروم شش ظرفیتی .....	۴-۲
۲۵	تصفیه پسابهای آبکاری با روش تبادل یونی .....	۴-۳
۲۷	شکل سلول الکتروشیمیایی .....	۴-۴
		<b>فصل پنجم:</b>
۴۰	رنگ فاضلاب خام .....	۵-۱
۴۱	رنگ فاضلاب بلافاصله پس از افزودن سولفات آهن ۷ آبه .....	۵-۲
۴۱	رنگ فاضلاب مدتی پس از افزودن سولفات آهن ۷ آبه .....	۵-۳
۴۳	رنگ فاضلاب پس از ۲۰ دقیقه همزدگی آرام با آب آهک .....	۵-۴
۴۳	رنگ فاضلاب پس از ۲۰ دقیقه همزدگی آرام با سود .....	۵-۵
۴۴	رنگ فاضلاب پس از مدتی باقی ماندن جهت رسوبدهی .....	۵-۶
		<b>فصل ششم:</b>
۴۶	تغییرات $pH$ در اثر افزودن آب آهک .....	۶-۱
۴۷	تغییرات $pH$ در اثر افزودن سود .....	۶-۲
۴۸	تغییرات $pH$ در اثر افزودن هیدروکسید منیزیم .....	۶-۳
۵۱	غلظت کروم باقیمانده به عنوان تابعی از $pH$ در تصفیه با آب آهک .....	۶-۴

غلظت کروم باقیمانده به عنوان تابعی از pH در تصفیه با سود .. ۵۲	۶-۵
غلظت کروم باقیمانده به عنوان تابعی از pH در تصفیه با هیدروکسید منیزیم .. ۵۳	۶-۶
وزن لجن حاصله از تصفیه با آب آهک .. ۵۶	۶-۷
وزن لجن حاصله از تصفیه با سود .. ۵۷	۶-۸
وزن لجن حاصله از تصفیه با هیدروکسید منیزیم .. ۵۸	۶-۹
مقایسه غلظت کروم باقیمانده و مقدار لجن تولیدی در تصفیه با آب آهک ۵۹	۶-۱۰
مقایسه مقدار لجن تولیدی در تصفیه با آب آهک، سود و هیدروکسید منیزیم .. ۶۱	۶-۱۱
مقایسه سرعت ته نشینی لجن بر حسب زمان در تصفیه با آب آهک، سود و هیدروکسید منیزیم .. ۶۲	۶-۱۲
مقایسه وزن لجن بدست آمده در تصفیه آب آهک صنعتی و آب آهک آزمایشگاهی .. ۶۵	۶-۱۳
مقایسه سرعت ته نشینی لجن در تصفیه با آب آهک صنعتی و آزمایشگاهی .. ۶۸	۶-۱۴

## فهرست جداول

صفحه	عنوان	جدول
		<b>فصل اول:</b>
۲	تحقیقات انجام شده در حذف کروم از پسابهای آبکاری	۱-۱
		<b>فصل دوم:</b>
۶	مصارف فلز کروم	۲-۱
۸	مقادیر سمی فلزات سنگین	۲-۲
۱۰	استاندارد خروجی فاضلابهای حاوی فلزات سنگین	۲-۳
		<b>فصل سوم:</b>
۱۴	شرایط عملکرد وان آبکاری کروم	۳-۱
۱۷	خصوصیات فاضلابهای آبکاری کروم	۳-۲
		<b>فصل چهارم:</b>
۲۲	غلظت فلزات سنگین در تصفیه رسوب سولفیدی	۴-۱
۲۵	حذف کروم شش ظرفیتی توسط روش تبادل یونی	۴-۲
		<b>فصل پنجم:</b>
۳۷	خصوصیات فاضلاب وانهای مختلف واحد آبکاری	۵-۱
۳۸	خصوصیات فاضلاب مورد استفاده	۵-۲
		<b>فصل ششم:</b>
۴۹	غلظت کروم باقیمانده حاصل از تصفیه با آب آهک	۶-۱
۵۰	غلظت کروم باقیمانده حاصل از تصفیه با سود	۶-۲
۵۰	غلظت کروم باقیمانده حاصل از تصفیه با هیدروکسید منیزیم	۶-۳
۵۴	وزن لجن حاصل از تصفیه با آب آهک	۶-۴
۵۵	وزن لجن حاصل از تصفیه با سود	۶-۵
۵۵	وزن لجن حاصل از تصفیه با هیدروکسید منیزیم	۶-۶
۶۳	مقایسه سرعت ته نشینی لجن در تصفیه با آب آهک، سود و هیدروکسید منیزیم	۶-۷

مقایسه تولید لجن در تصفیه با آب آهک صنعتی و آزمایشگاهی	۶-۸
۶۴..... (Merck)	
۶۶..... بررسی سرعت ته نشینی در تصفیه با آب آهک صنعتی	۶-۹
مقایسه سرعت ته نشینی لجن در تصفیه با آب آهک آزمایشگاهی و	۶-۱۰
۶۷..... آب آهک صنعتی	

## فصل اوّل

مقدمه، مروری بر تحقیقات انجام شده

حذف فلزات سنگین از پساب آبکاریها قبل از تخلیه آنها به سیستم فاضلاب شهری و یا آبهای پذیرنده یک ضرورت اجتناب ناپذیر است. تخلیه این فاضلابها اثرات زیان آور زیادی برای حیات زیستی ایجاد می کند و نیز موجب تجمع و افزایش غلظت در سطوح بالاتر و زنجیره غذایی شده و می توان تا چندین برابر غلظت آن را در بدن موجودات زنده مشاهده نمود.

مواد موجود در پسابهای آبکاری شامل کروم، کادمیم، مس، نیکل و سیانید می باشد که دارای سمیت بالایی هستند و در برنامه ریزی برای تصفیه مخلوط نمودن همه این پسابها مشکلات تصفیه را بیشتر می کند. در تصفیه پسابهای حاوی کروم ابتدا واکنش احیاء و در مورد سیانید ابتدا واکنش اکسیداسیون بایستی انجام گیرد.

روشهای معمول تصفیه برای پسابهای آبکاری شامل واکنشهای اکسیداسیون و احیاء، رسوبدهی شیمیایی (شامل رسوبدهی هیدروکسیدی و سولفیدی)، تعویض یونی، اسمز معکوس یا الکترو دیالیز، اولترافیلتراسیون، الکتروشیمی، جذب سطحی و تبخیر می باشد. در هر روش بایستی شرایط عملکردی را با تغییر فاکتورهای مؤثر بر آن بهینه نمود و محدودیتهای هر یک را در نظر داشت. در بعضی روشها مشکل هزینه های اولیه ساخت، راهبری یا دفع لجن حاوی فلزات وجود دارد. در مورد لجن حاصله از فاضلاب کروم، روشهای استفاده از آن وجود دارد که مشکل دفع لجن را تا حدی از بین می برد. روش رسوبدهی شیمیایی به عنوان یک روش تصفیه و یا برخی از اوقات به عنوان پیش تصفیه همراه با تکنولوژیهای دیگر به کار می رود و یکی از کارآمدترین و ساده ترین روشهاست که راندمان بالایی نیز دارد.

## ۱-۲- اهداف

اهداف در نظر گرفته شده، جهت انجام پروژه به شرح زیر می باشد:

۱- تعیین مقدار ماده احیاء کننده کروم شش ظرفیتی به سه ظرفیتی

۲- بررسی میزان مواد رسوبدهنده مختلف

۳- اندازه گیری مقدار تولید لجن در استفاده از مواد رسوبدهنده مختلف

۴- بررسی سرعت ته نشینی لجن در استفاده از مواد رسوبدهنده مختلف

۵- مقایسه عملکرد آب آهک صنعتی با آب آهک آزمایشگاهی (Merck)

### ۳-۱- مروری بر تحقیقات انجام شده

#### جدول (۱-۱) تحقیقات انجام شده در حذف کروم از پسابهای آبکاری

مرجع	سال تحقیق	توضیحی بر تحقیق انجام شده	محقق
[۳۶]	۱۹۶۸	در طراحی سیستم تصفیه خانه آبکاری، ابتدا نمونه‌ها آنالیز شده و سپس چندین روش مورد آزمایش قرار گرفت و بهترین روش گزینش شد.	Novak-j
[۳۰]	۱۹۷۴	جهت حذف کروم با افزودن نمکهای آهن، آنرا احیا کرده رسوبات غیرقابل حل را با گذراندن از میان بستر زغال خزه‌ای جدا می‌کنند. زغال خزه‌ای شامل کمپلکس سولفید آهن - کروم غیرقابل حل است که با حرارت اکسید شده و کروم به صورت اکسید کروم بازیابی می‌شود.	Lalancette
[۵۳]	۱۹۷۵	در غلظت کم کروم استفاده از مواد احیا کننده شیمیایی اقتصادی تر است. در غلظت بالا احیاء الکترولیتی اقتصادی است.	Warner, B-E
[۲۵]	۱۹۸۲	روش اولترافیلتراسیون جهت حذف کروم، نیکل، مس و روی به کار برده شد. در این روش ابتدا به پیش تصفیه شیمیایی نیاز بوده و بازیابی آب انجام می‌گیرد. در مورد کروم بازیابی آب ۱۰ درصد است.	Erik
[۴۷]	۱۹۸۷	با رسوبدهی فسفات می‌توان کروم را از یک فاضلاب مخلوط بازیابی کرد.	Twidwell
[۳۸]	۱۹۸۷	در کارگاههای آبکاری ارتش توسط <i>Leaching</i> اسید سولفوریک فلزاتی مثل: کروم، مس، نیکل، روی و آهن را از لجن بازیابی می‌کنند.	Renard, D.E
[۴۷]	۱۹۸۸	توسط ترسیب فسفات، کروم را از لجن حاوی کروم و آهن بازیابی نمود.	Twidwell
[۲۰]	۱۹۸۸	در یک تحقیق در فاز اول توسط جارست احیاء کروم با سولفید آهن و سولفات آهن انجام شد و در فاز دوم در پایلوت، پارامترهای فیزیکی و شیمیایی احیاء کروم و تولید لجن و میزان مصرف مواد، اندازه گیری و با فرآیند لایم و $SO_2$ و $H_2SO_4$ مقایسه شد.	Carpenter, e.J.
[۲۱]	۱۹۸۹	حذف فلزات سنگین را می‌توان توسط ترسیب انجام داد. این کار توسط هیدروکسیدها، سولفیدها، کربناتها، بروهیدرید سدیم و... امکانپذیر است. استفاده از هر یک مطابق خاصیت ترسیب هر کدام و طبیعت فلز است.	Chung, W.K
[۳۱]	۱۹۸۹-۹۰	با دمیدن هوا از میان محلول، مواد فعال سطحی جذب سطح حباب می‌شوند و از محلول جدا می‌گردند. در محلول حاوی کروم شش ظرفیتی محلول به مدت ۱۰ دقیقه همزده می‌شود. و سپس موادی مثل <i>Betz1160</i> نیترات سدیم، <i>Betz1100</i> و همچنین پلی الکترولیت آنیونی می‌افزایند.	Lin-J