

بررسی حذف آلاینده‌های محلول آبکاری کروم سخت با استفاده از روش الکترودیالیز

یدالله شاد^{۱*}، نوید ریگی^۲، محمدرضا رخیان^۳، خلیل‌الله دولتمند چهارسوقه^۴

۱ و * - کارشناسی ارشد، شیمی فیزیک، گروه شیمی فیزیک، دانشکده شیمی، دانشگاه مازندران

رایانامه: shad.chemistry@gmail.com

۲ - کارشناسی ارشد، مهندسی شیمی، گروه مهندسی شیمی، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی

رایانامه: navid.rigi@alumni.um.ac.ir

۳ - کارشناسی، شیمی کاربردی، گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه پیام نور مشهد

۴ - کارشناسی، مهندسی شیمی، گروه شیمی، جهاد دانشگاهی اصفهان

واژگان کلیدی: کروم سخت، آلاینده‌های فلزی، الکترودیالیز غشایی

۱- مقدمه

فرآیند آبکاری کروم یک عملیات نهایی است که معمولاً جهت بهبود خواص سطحی فلزات آهنی بکار میرود و در دو نوع آبکاری کروم تزئینی و به منظور زیبایی قطعات و آبکاری کروم سخت به منظور بهبود خواص سطحی از جمله سختی سطحی و مقاومت به خوردگی دسته بندی میشود. در صنعت آبکاری کروم سخت، حمام‌های آبکاری توسط تجمع یون‌های Fe^{3+} ، Cu^{2+} و Ni^{2+} در نتیجه خوردگی لوازم جانبی فلزی یا خود بستر فلز در محلول اسید کرومیک و همچنین یون‌های Cr^{3+} که با کاهش Cr^{6+} تولید می‌شود، آلوده می‌شوند. بنابراین حذف آنها به طور مداوم از حمام آبکاری جهت افزایش طول عمر حمام آبکاری امری ضروری است تا از هزینه، مخاطرات زیست محیطی و مسئولیت قانونی مربوط به دفع مکرر این مواد و تصفیه پساب جلوگیری شود [۱].

در این پژوهش از بین روش‌های مختلف حذف آلاینده‌های فلزی که عبارتند از: الف- فیزیک و شیمیایی. ب- رزین تبادل یونی. ج- الکترولیز. د- الکترودیالیز غشایی، روش الکترودیالیز غشایی به سبب داشتن ویژگی انجام اکسیداسیون آندی Cr^{3+} به Cr^{6+} (که شکل فعال در محلول‌های اسید کرومیک است) و حذف ناخالصی‌های کاتیونی از محلول آبکاری به طور همزمان، مورد استفاده قرار گرفته است.

الکترودیالیز یک تکنیک جداسازی غشایی است که در نوعی از آن کاتیون‌ها با اعمال جریان الکتریکی از طریق غشای تبادل کاتیونی از یک محلول (آنولیت) به محلول دیگر (کاتولیت) منتقل می‌شوند [۲]. اکسیداسیون آندی Cr^{3+} به Cr^{6+} و حذف ناخالصی‌های کاتیونی از محلول آبکاری به طور همزمان انجام می‌پذیرد که در نتیجه‌ی این فرآیند عمر مفید محلول‌ها به علت بازیابی اسید کرومیک افزایش یافته و تولید زباله‌های خطرناک را کاهش می‌دهد [۳].

۲- روش

در این پژوهش از محلول مستعمل حمام کروم سخت پس از رقیق سازی جهت استفاده به عنوان آنولیت استفاده شد (جدول ۱) و برای اندازه‌گیری غلظت‌های فلزات سنگین کروم شش ظرفیتی و کروم سه ظرفیتی روش تیتراسیون یدومتری و برای یون‌های آهن و مس روش طیفسنجی نشر اتمی مورد استفاده قرار گرفت. برای محلول کاتولیت از اسید سیتریک خنثی شده با آمونیوم هیدروکسید و اضافه کردن تری اتانول آمین به عنوان عامل کمپلکس کننده به میزان ۳۵ گرم بر لیتر [۳] و از غشای پلیمری نفیون NM-117 ساخت شرکت الکتروکیمیا بسیار با سطح مقطع موثر ۶۴ سانتی‌متر مربع استفاده شده است. طراحی آزمایش با استفاده از روش سطح پاسخ برای بهینه سازی سه متغیر غلظت محلول آنولیت، شدت جریان و غلظت محلول کاتولیت با ثابت نگه داشتن پارامترهای دیگر از قبیل دما (۳۰ درجه سانتیگراد)، دبی گردش محلول (۵ میلی لیتر بر

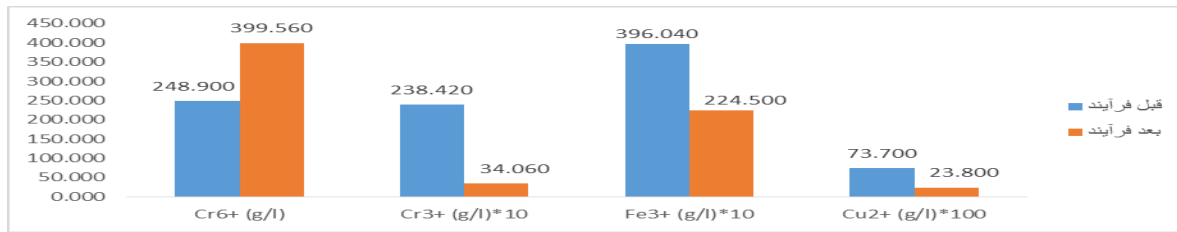
دقیقه)، فاصله بین دو الکترود (۴ میلی متر)، الکترود از جنس سرب و زمان (۲ ساعت) انجام گرفت که مقادیر بهینه بعد از انجام آنالیزها در جدول ۲ درج شده است.

جدول ۲: پارامترهای بهینه شده			
واحد	مقدار	پارامترها	$\begin{matrix} \text{Cr}^{6+} \\ \text{Cr}^{3+} \\ \text{Fe}^{3+} \\ \text{Cu}^{2+} \end{matrix}$
گرم بر لیتر	۱۲۶,۸۱۱	Cr^{6+}	
گرم بر لیتر	۰,۱۳۸	Cr^{3+}	
گرم بر لیتر	۳,۸۱۹	Fe^{3+}	
گرم بر لیتر	۰,۰۳۸	Cu^{2+}	
آمپر	۵,۲	شدت جریان	
نرمال	۱۰	غلظت کاتولیت	
ساعت	۲	زمان	
درجه سانتیگراد	۳۰	دما	
ml بر دقیقه	۵	دبی محلول	
میلی متر	۴	فاصله بین الکترودها	
--	سرب	جنس الکترود	

جدول ۱: غلظت اولیه آنولیت			
غلظت (g/l)	عناصر آنولیت		
۷۸,۶۰۲	Cr^{6+}		
۸,۸۵۶	Cr^{3+}		
۸,۲۱۸	Fe^{3+}		
۰,۱۱۷	Cu^{2+}		

جدول ۳: دامنه تغییرات پارامترهای فرآیندی و مقدار بهینه آنها			
پارامترها	واحد	مقادیر پارامترها	مقدار بهینه
زمان	ساعت	۶-۴-۲	۶
دما	درجه سانتیگراد	۷۰-۵۰-۳۰	۷۰
دبی محلول	ml بر دقیقه	۱۵-۱۰-۵	۵
فاصله الکترودها	میلی متر	۱۲-۸-۴	۴
جنس الکترود	--	سرب- تیتانیوم	سرب

در ادامه با استفاده از شرایط بهینه فوق سایر پارامترهای فرآیندی از قبیل زمان، دما، دبی، جنس الکترود و فاصله بین دو الکترود در سه سطح (جدول ۳)، جهت بهینه سازی آنها مورد بررسی قرار گرفت و مقادیر بهینه مطابق جدول ۳ بدست آورده شد و در پایان با شرایط بهینه حاصله اقدام به انجام الکترودیالیز محلول اسید کرومیک مستعمل بدون رقیق سازی گردید که تغییرات غلظت کاتیون‌های فلزی در نمودار ۱ درج شده است.



نمودار ۱: تغییرات غلظت‌های یون‌های Cr^{6+} ، Cr^{3+} ، Fe^{3+} و Cu^{2+} قبل و بعد از فرآیند الکترودیالیز

۳- بحث و نتیجه گیری

با بررسی اثر پارمتر زمان، دما، دبی، جنس الکترود و فاصله بین الکترود با هدف افزایش میزان کروم شش ظرفیتی و کاهش آلاینده‌های موجود در محلول کرومیک مستعمل می‌توان گفت که افزایش زمان، دما و کاهش دبی و فاصله بین دو الکترود منجر به افزایش غلظت کروم شش ظرفیتی و کاهش آلاینده‌ها در محلول می‌گردد. لذا با توجه به نتایج بدست آمده شرایط بهینه جهت افزایش عمر مفید محلول‌های کروم سخت صنعت آبکاری برای فرآیند الکترودیالیز غشایی با استفاده از الکترودهای سربی با فاصله ۴ میلی متر، مدت زمان ۶ ساعت، دمای ۷۰ درجه سانتیگراد و دبی ۵ میلی لیتر بر دقیقه مهیا می‌گردد.

۴- منابع

- [1] Benaben, P., & Popakul, J. (2000). Purification & recycling process for hexavalent chromium solutions using a low-cost chemical method. Plating and surface finishing, 87(12), 88-91.
- [2] Babu, B. R., Bhanu, S. U., & Meera, K. S. (2009). Waste minimization in electroplating industries: a review. J Environ Sci Health C Environ Carcinog Ecotoxicol Rev, 27(3), 155-77.
- [3] Ehram, R. F. (1975) Purification of chromium plating solutions by electro-dialysis, Google Patents.