

مقایسه کار آیی حذف سیانید از فاضلاب صنعتی با فرآیند

ترسیب شیمیایی و الکتروشیمیایی

زهرة خردپیشه¹ MSc - حسین موحدیان عطار² PhD - مجید صالحی نجف آبادی³ MSc

چکیده

زمینه و هدف: سیانید یک ماده بسیار سمی است که در فاضلاب صنایع متعددی از جمله آبکاری وجود دارد. ورود این ترکیب به محیط زیست مخاطرات بهداشتی زیادی را به همراه دارد. هدف از انجام این تحقیق مقایسه راندمان فرآیند الکتروکواگولاسیون و فرآیند ترسیب شیمیایی با فرسولفات در حذف سیانور از فاضلاب صنعتی بود.

روش تحقیق: این تحقیق به صورت توصیفی در یک سیستم پایلوت انجام شد. در این تحقیق در روش ترسیب شیمیایی با فرسولفات با استفاده از جارتست شرایط بهینه مثل pH و نسبت مولی آهن به سیانید و زمان واکنش در حذف سیانید فاضلاب صنعت آبکاری الکتریکی مورد بررسی قرار گرفت و نیز در روش الکتروشیمیایی تأثیر pH، ولتاژ و زمان عملیات با استفاده از الکترودهای فولاد زنگ نزن و مس به عنوان آند و کاتد مورد بررسی قرار گرفت و راندمان حاصل از دو روش مقایسه گردید.

یافته ها: در ترسیب با فرو سولفات بهترین شرایط حذف سیانید در pH برابر 6/5 و نسبت مولی 10:1 و زمان عملیات 60 دقیقه بدست آمد که در این شرایط راندمان حذف برابر 93 درصد بود. در روش الکتروشیمیایی بهترین شرایط در ولتاژ 9 ولت و pH برابر 13 و در زمان عملیات 90 دقیقه بدست آمد که میانگین راندمان حذف سیانور با انحراف معیار برابر 2/43 حدود 87 درصد بدست آمد. نتایج آماری، رابطه معناداری را بین راندمان حذف سیانید با شرایط بهینه در هر دو روش نشان داد ($p < 0/5$). اما مقایسه دو روش نشان داد که راندمان حذف سیانید در روش ترسیب با فرسولفات بیشتر از روش الکتروشیمیایی است.

نتیجه گیری: با توجه به بالا بودن راندمان حذف سیانید و رسیدن به استاندارد دفع پساب به محیط زیست، در روش ترسیب با فرسولفات به نظر می رسد که این روش مفیدتر است.

کلیدواژه ها: اکسیداسیون الکتروشیمیایی؛ ترسیب شیمیایی؛ تصفیه فاضلاب؛ سیانید؛ فاضلاب آبکاری

افق دانش؛ فصلنامه ی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی گناباد (دوره ی 18؛ شماره ی 2؛ تابستان 1391)

پذیرش: 1390/08/25

اصلاح نهایی: 1390/03/17

دریافت: 1389/10/22

1- نویسنده ی مسؤول؛ کارشناسی ارشد بهداشت محیط، عضو هیأت علمی، مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی در ارتقای سلامت خلیج فارس، دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان
آدرس: بندرعباس - بلوار جمهوری اسلامی - جنب بیمارستان شهید محمدی - بوستان دهم - دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان - دانشکده ی بهداشت
تلفن: 09126185023 نامبر: 0761-3336202 پست الکترونیکی: z.kheradpisheh@yahoo.com

2- دکترای بهداشت محیط، عضو هیأت علمی دانشکده ی بهداشت اصفهان

3- کارشناس ارشد شیمی کاربردی، پارس جنوبی، پتروشیمی کاویان

مقدمه

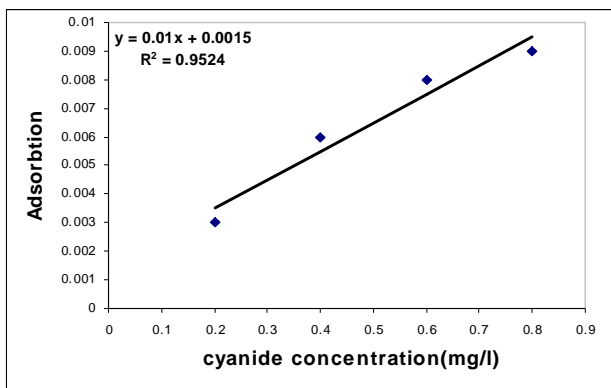
آبکاری الکتریکی از جمله روش های پوشش دهی سطح و به معنای پوشش دادن یک شئی با لایه نازکی از فلز با استفاده از الکتریسیته می باشد. این روش معمولاً در یک وان محلول، حاوی فلزی که بروی قطعه رسوب داده می شود انجام می گردد. این فلز در حالت محلول است و یون نام دارد و از نظر الکتریکی باردار و معمولاً بار مثبت دارد. قطعه ای که آبکاری می شود بار منفی دارد و یونهای مثبت فلزی را جذب می کند (1). در عملیات آبکاری ابتدا سطح فلز آماده شده (تمیز کاری، چربی گیری و...) و سپس مراحل آبکاری، آبکشی، روئین سازی سطح و خشک کردن صورت می گیرد. تمام و یا قسمت اعظم موادی که در آبکاری بکار می رود مانند محلولهای اسیدی، فلزات سمی، حلال ها و سیانیدها می توانند در فاضلاب آبکاری موجود باشند. مواد فوق می توانند در حین آبکشی محصول وارد فاضلاب شوند و یا اینکه در پساب های ایجاد شده از وان های آبکاری موجود باشند (2,3). صنعت آبکاری الکتریکی به دلیل استفاده از محلولهای شیمیایی حاوی سیانور و نوع آلاینده های که وارد آنها می کنند از لحاظ زیست محیطی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. سیانید و فلزات سنگین در پساب این صنعت از این جمله اند. سیانیدها گروهی از ترکیبات آلی و معدنی هستند که دارای گروه عاملی CN و پیوند سه گانه کربن و نیتروژن می باشند (4). با غلظت های زیاد سیانید علائم بیماری مثل: سرگیجه، سردرد، بیهوشی، تشنج، توقف تنفسی ظاهر می شود و در نتیجه باعث فلج مرکز تنفسی در مغز می شود (5). میزان حد آستانه مجاز (TLV) برای HCN برابر 5 میلی گرم در متر مکعب و میزان دوز مرگ آور برای 50٪ افراد در معرض آن (LD50 Lethal Dose) برابر یک میلی گرم در کیلو گرم وزن انسان می باشد. سازمان حفاظت محیط زیست ایران میزان سیانید موجود در فاضلاب را جهت تخلیه به محیط به صورت زیر بیان کرده است: جهت تخلیه به آبهای سطحی 0/5 میلی گرم در لیتر، جهت تخلیه به چاه جاذب 0/1 میلی گرم در لیتر، جهت استفاده کشاورزی و آبیاری 0/1 میلی گرم در لیتر (6,7). روش های مختلفی برای حذف ترکیبات سیانیدی از فاضلاب وجود دارد که روش الکتروشیمیایی و ترسیب با فرسولفات از جمله آنها است. یک راکتور الکتروشیمیایی شامل یک آند و یک

کاتد، یک الکترولیت هادی و یک منبع انرژی است. در کاتد الکترون ها در الکتروود به طرف گونه های واکنش دهنده حرکت می کنند در نتیجه یک کاهش در حالت اکسیداسیون ترکیب مورد نظر اتفاق می افتد. در آند الکترون از گونه های فعال به طرف الکتروود حرکت می کند. در نتیجه افزایش در حالت اکسیداسیون گونه های فعال رخ می دهد. این تغییرات حالت اکسیداسیون، خواص شیمیایی را تغییر می دهد و باعث تغییر واکنش دهنده ها می گردد. گونه های کاهش یافته یا اکسید شده می توانند روی الکتروودها ذخیره شوند و یا در سطح الکتروود جذب شوند و در مایع حل شده و یا به شکل گاز در آیند. اثر عمده این واکنش های شیمیایی روی محلول زائد، جایگزینی یون سیانید با یون کربنات و آمونیوم و یا آزاد شدن گاز دی اکسید کربن و نیتروژن می باشد این واکنش ها تابعی از زمان عملیات، PH محیط، شدت جریان و نوع الکتروود مورد استفاده می باشند (8-9). مطالعات زیادی در مورد حذف سیانور با دو روش ذکر شده وجود دارد که البته با بصورت پایلوت کار شده و یا نوع فاضلابی که مورد تصفیه قرار گرفته متفاوت بوده از جمله: اف - هاین در سال 1986 با استفاده از آند اکسید سرب و کاتد فولادی سیانور را اکسید کرد و حدود 90٪ راندمان حذف بدست آورد (9). پیرکوویکز در سال 1998 فاضلاب حاوی سیانید مس را با الکتروود فولادی در pH حدود 10 تا 13 و زمان ماند صفر تا 90 دقیقه و ولتاژ 1-10 v تصفیه کرد (10).

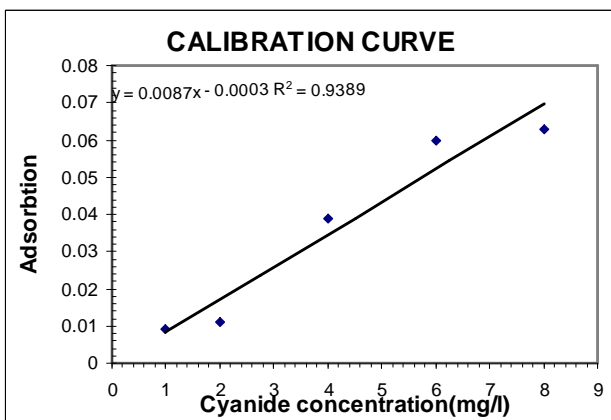
پیرکوویکز و همکارانش در سال 2000 دریافتند که اکسیداسیون مستقیم سیانور حتی در pH بالای 12 امکان پذیر است (11). دامو در سال 1996 و پابلو کانیزارس و همکارانش در سال 2005 و استفان و همکارانش در سال 2008 با استفاده از روش اکسیداسیون الکتروشیمیایی روی حذف سیانور کار کرده و نتایج رضایت بخشی را بدست آورد (12-14)؛ اما از طرفی روش ترسیب شیمیایی بدلیل حذف همزمان سیانور و فلزات سنگین از پساب صنایع آبکاری، روش مناسبی جهت کاربرد در این صنایع به نظر می رسد. در این روش ترکیبات آهنی سیانور $6 \text{MXFe}(\text{CN})$ به صورت غیر محلول شکل می گیرد (15,16). دیوید زومبو در سال 1996 و 1993 مطالعاتی به صورت پایلوت جهت تعیین فاکتورهای مؤثر بر روی

روش تحقیق

نوع مطالعه بصورت توصیفی می باشد و جامعه مورد مطالعه، فاضلاب کارگاه آبکاری الکتریکی می باشد. 16 نمونه برای الکتروشیمیایی و نصف آن یعنی 8 مورد (به علت مشکلات زمانی جهت انجام آزمایش فرسولفات و امکان تعداد نمونه کمتر برای روش فرسولفات) انتخاب شد. این آزمایش به مدت سه ماه انجام گرفت. نمونه ها از فاضلاب خروجی کارگاه آبکاری الکتریکی جمع آوری شده و توسط ظروف یک لیتری پلاستیکی تیره، در شرایط قلیائی و خنک به آزمایشگاه حمل و مورد آزمایش قرار گرفتند. مقادیر سیانور در نمونه اولیه و پس از فرآیند حذف طی دو مراحل جداسازی کل سیانور توسط روش (اسیدی کردن، تقطیر، جذب در سود) (21) و روش رنگ سنجی (22) اندازه گیری شد. در این آزمایش نمودار کالیبراسیون توسط دستگاه اسپکتروفتومتر به کمک نمونه های سنتتیکی در دو غلظت متفاوت رسم شد که در نمودار 1 و 2 نشان داده شده است.



نمودار 1: کالیبراسیون دستگاه اسپکترو فتومتر با غلظت 0-1mg/l



نمودار 2: کالیبراسیون دستگاه اسپکترو فتومتر با غلظت 0-10mg/l

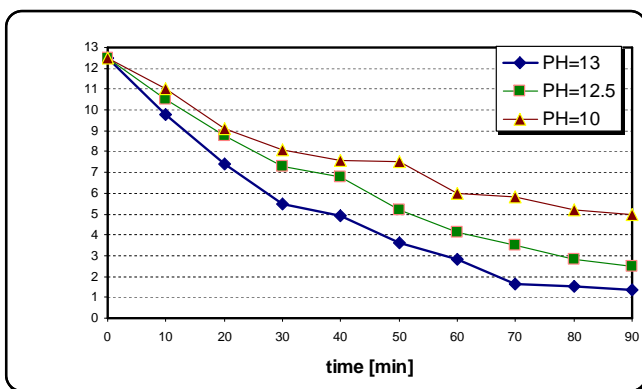
اجرای فرآیند ترسیب سیانوربا فرسولفات را انجام داده و نشان داد که تشکیل رسوب سیانید با آهن زمانی اتفاق می افتد که pH با استفاده از اسید سولفوریک تا حدود 7 پائین آورده شود. وی همچنین با بررسی نسبت‌های مولی مختلف و pH، بهینه pH این فرآیند را 6/3-7 و نسبت مولی آهن به سیانید را 9:1 بدست آورد (17-18). دامنه در سال 1992 در سه pH برابر 6/5، 7/5، 5/5 و در زمان های 10 و 60 و 240 و 360 دقیقه و نسبت مولی آهن به سیانید به صورت (5:1 و 10:1 و 20:1) با استفاده از آزمایش جارستست با تعداد 50 دور در دقیقه حدود 99 درصد سیانید را حذف کرد (19). هونگ داک و همکارانش در سال 2009 با استفاده از روش ترسیب با فرسولفات، نیتروژن آمونیومی را از فاضلاب صنایع کک حذف کرد (20).

سیانور در بسیاری از صنایع بزرگ از قبیل فولاد سازی، شیمیایی، پتروشیمی، نظامی تولید و یا مصرف می گردد. صنعت آبکاری الکتریکی از جمله صنایعی است که بطور وسیع در ایران کاربرد دارد و دارای فاضلاب حاوی سیانور می باشد. تصفیه بیولوژیکی فاضلاب های صنعتی به دلیل تغییرات گسترده در میزان دبی و خصوصیات این فاضلاب ها در مقایسه با فاضلاب های خانگی مشکل تر است. با توجه به بحث سمی بودن ترکیبات سیانور و مخاطرات ورود آن از طریق پساب به محیط زیست و منابع آبی و نیز توجه به مطالعات ذکر شده، روش الکتروشیمیایی و ترسیب با فرسولفات از جمله روشهای مؤثر و کارا در حذف سیانید می باشند. بنابراین نتایج حاصل از این تحقیق می تواند مورد استفاده صنعتگران در این حرفه و وزارت صنایع و سایر علاقه مندان به محیط زیست قرار گیرد و هدف از انجام این تحقیق مقایسه راندمان فرآیند الکتروکواگولاسیون و فرآیند ترسیب شیمیایی فرسولفات در حذف سیانور از فاضلاب آبکاری بود که علیرغم موثر شناخته شدن هر دو روش، اما در این صنعت بررسی نشده و نیز راندمان آنها با هم مقایسه نشده که این می تواند در کاهش هزینه ها بسیار موثر باشد.

جدول 1: تغییرات راندمان حذف سیانید در فرآیند ترسیب با فرو سولفات در pH، نسبت مولی و زمان عملیات مختلف

میانگین	PH			زمان (min)	Fe/CN ⁻ نسبت مولی
	7/5	6/5	5/5		
82/79	83	85	80	10	5:1
84/79	86	88	81	30	
88/96	90	92	85	60	
82/25	89	87	71	120	10:1
83/63	84	85	82	10	
86/71	87	89	84	30	
89/58	90	93	85	60	20:1
87/38	89	90	83	120	
86/46	88	87	84	10	
89/71	90	94	85	30	20:1
91/50	95	94	85	60	
91/96	95	95	86	120	

نمودار 3 تغییرات غلظت سیانور بر حسب mg/l در راکتور الکتروشیمیایی بر حسب زمان در مقادیر مختلف pH را نشان می دهد.



نمودار 3: تغییرات غلظت سیانور بر حسب mg/l در راکتور الکتروشیمیایی بر حسب زمان در مقادیر مختلف pH

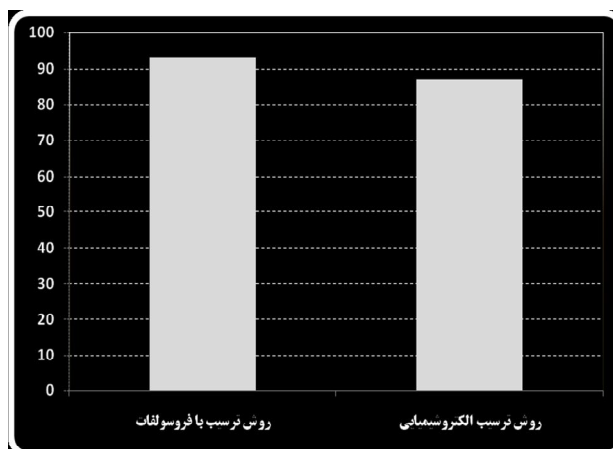
نتایج حاصله وجود رابطه آماری معنی داری بین غلظت سیانور ورودی و راندمان حذف را تأیید می نماید ($p < 0/05$). در پایان مقایسه ای بین راندمان حذف دو روش ذکر شده صورت گرفت که در نمودار شماره 4 آمده. همانطور که نمودار 4 نشان می دهد بیشترین راندمان حذف مربوط به روش ترسیب با فرو سولفات است.

نمونه های فاضلاب حاوی سیانید در این آزمایش توسط سیستم جارتست با فرآیند ترسیب با فرو سولفات تحت شرایط pH برابر با: 5/5، 6/5، 7/5 و زمان عملیات برابر با: 10، 30، 60، 120 دقیقه و مقادیر نسبت مولی Fe/CN⁻ برابر 1:5، 1:10، 1:20 مورد تصفیه قرار گرفت و نتایج حاصله ثبت گردید. سپس با استفاده از راکتور الکتروشیمیایی غیر پیوسته با ابعاد تقریبی (13cm×12cm×5cm)، تأثیر pH بهینه 13، ولتاژ 6 ولت، زمان عملیات 90 دقیقه بدست آمده از مطالعات مراجع گذشته بروی میانگین راندمان حذف سیانور از فاضلاب صنعتی مورد بررسی قرار گرفت. در این آزمایش ابتدا مقادیر pH، درجه حرارت، سیانور بر حسب میلیگرم در لیتر در نمونه ها اندازه گیری شد و سپس pH نمونه ها بوسیله سود تا 13 بالا برده شد و داخل راکتور ریخته شد. از الکترودها فولاد زنگ نزن و مس بترتیب به عنوان آند و کاتد استفاده شد و به صورت اتصال یک قطبی در راکتور بسته شد و به مبدل انرژی وصل شد. ولتاژ بروی 6 تنظیم و شدت آمپر و درجه حرارت در طی 90 دقیقه ثبت شد. ضمناً جهت اطمینان کیفی آزمایش ها، صحت و دقت آنها بررسی شد. صحت آن با استفاده از غلظت معینی از نمونه استاندارد ارزیابی شد و برای بررسی دقت یعنی تکرار پذیری دو نمونه مورد آزمایش قرار گرفت و در صورتی که مقادیر هم نزدیک بود نتیجه ثبت می شد. بعد از انجام آزمایش ها و جمع آوری نتایج با استفاده از نرم افزار 16 SPSS نتایج مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت، و نمودارهای مربوطه با استفاده از نرم افزار Excel رسم گردید.

یافته ها

تغییرات راندمان حذف سیانید در فرآیند ترسیب با فرو سولفات در pH، نسبت مولی و زمان عملیات مختلف نتایج بدست آمده در جدول 1 نشان دهنده است. بین pH، نسبت مولی و زمان با راندمان حذف رابطه آماری معنی داری وجود داشت ($p < 0/05$). بیشترین راندمان حذف مربوط به نسبت مولی 1:10 با زمان ماند 60 دقیقه و pH برابر 6/5 می باشد که در این شرایط راندمان حذف ترکیبات سیانید 93 درصد است.

برابر 5:1 با افزایش زمان از 10 دقیقه به 60 دقیقه راندمان حذف سیانید افزایش پیدا می کند که این می تواند ناشی از زمان لازم جهت تشکیل نوع ذرات رسوبی از نوع کلونیدی و یا بلوری باشد. سال هاست دانشمندان تشکیل رسوب را مطالعه می کنند اما مکانیسم این فرآیند تا کنون بطور کامل درک نشده است. واضح است که اندازه ذرات تحت تأثیر متغیرهای تجربی مانند حلالیت رسوب، دما، غلظت واکنش دهنده و سرعتی که واکنش دهنده ها مخلوط می شوند، قرار می گیرد. به فرض اینکه اندازه ذرات تنها به یک خاصیت سیستم که فوق اشباع نسبی نامیده می شود، وابسته است، حداقل می توان بطور کیفی اثر اساسی این متغیرها را شرح داد: $Q-S/S =$ فوق اشباع نسبی، در این معادله Q غلظت ماده حل شده در هر لحظه و S حلالیت تعادلی آن است. واکنش های رسوبی عموماً آهسته هستند. بنابراین، حتی هنگامی که یک واکنشگر رسوب دهنده قطره قطره به محلول آنالیت اضافه می شود، احتمال تشکیل بعضی از فوق اشباع ها وجود دارد. شواهد تجربی نشان می دهد که در طی زمان ورود واکنشگر به محلول، اندازه ذرات یک رسوب با متوسط فوق اشباع نسبی به طور معکوس تغییر می کند. بنابراین، هنگامی که $Q-S/S$ بزرگ است رسوب تمایل دارد که کلویید باشد و وقتی که $Q-S/S$ کوچک می باشد، احتمال تشکیل جامد بلورین بیشتر است و نیز با توجه به اینکه رسوب بلورین تمایل بیشتری به ته نشین شدن دارد، می توان اینطور تصور کرد که افزایش زمان تا حدی در تشکیل نوع بهتری از رسوب کمک کرده و راندمان حذف را افزایش می دهد اما مشاهده شد که در نسبت مولی Fe/CN^- برابر 5:1 با افزایش زمان از 60 به 120 دقیقه راندمان حذف سیانور کاهش پیدا کرد، بنابراین این طور بنظر می رسد که زمان زیاد بهم خوردن محلول در دستگاه جارست می تواند باعث حل شدن مجدد آن دسته از رسوباتی شود که عملیات انعقادسازی به خوبی صورت نگرفته است. اما در نسبت مولی 10:1 این رسوبات بدلیل استحکام بیشتر کلویید ناشی از افزایش غلظت الکترولیت محلول کاهش راندمان حذف سیانور قابل ملاحظه نبوده و در نسبت مولی 20:1 این افزایش راندمان حذف ثابت می شود، یعنی با افزایش زمان تأثیری در راندمان حذف مشاهده نمی شود. نتایج حاصله گویای این مطلب است که در نسبت مولی زیاد با افزایش زمان از 60 دقیقه تغییری در راندمان حذف



نمودار 4: مقایسه راندمان حذف سیانور به دو روش ترسیب با فرسولفات و الکتروشیمیایی

بحث

هدف این تحقیق مقایسه راندمان فرآیند الکتروکواگولاسیون و فرآیند ترسیب شیمیایی با فرسولفات در حذف سیانور از فاضلاب صنعتی بود. به طور کلی نتایج نشان داد که در روش حذف سیانور با فرسولفات، با مقایسه نسبت مولی Fe/CN^- برابر 5:1, 10:1, 20:1 سیانور راندمان حذف افزایش پیدا کرده و این افزایش تا نسبت 20:1 وجود داشت. این امر نشان دهنده این مطلب است که با افزایش مقدار فرسولفات مصرفی، فلوک های نسبتاً پایداری بوجود می آیند، اما در این مطالعه با افزایش مقدار مصرفی فرو سولفات از 20:1 تا حدود 40:1، نه تنها راندمان حذف افزایش پیدا نمی کرد بلکه به طور قابل ملاحظه ای کاهش پیدا می کرد و فلوک های تشکیل شده نیز پایداری کمتری داشتند. توجیه علمی این پدیده می تواند به علت واختمی کلویید ها باشد. واختمی به فرآیندی نسبت داده می شود که طی آن یک کلویید لخته شده به حالت پاشیده اولیه خود برگردد. هنگامی که یک کلویید لخته شده شسته می شود، مقداری از الکترولیتی که عامل لخته شدن آن است، از مایع درونی در تماس با جامد خارج می گردد، خروج این الکترولیت بر افزایش حجم لایه یون مخالف اثر می گذارد. سپس نیروهای دافعه ای که عامل حالت کلوییدی اولیه هستند، دوباره برقرار می شوند و ذرات، خود را از جم لخته شده جدا می کنند. محلولهای شستشو در اثر عبور ذرات تازه پاشیده شده از صافی کدر می شوند. در نسبت مولی Fe/CN^-

جهت حذف سیانید برای فاضلاب صنایع آبکاری الکتریکی نیز می توان استفاده کرد (19). و نیز نتایج مشابهی با پیرکویکز و وانی در سال 1987 و دامو در سال 1996 و پابلو کانیزارس و همکارانش در سال 2005 و استفان و همکارانش در سال 2008 (12-14) در حذف سیانید از فاضلاب صنعتی با روش اکسیداسیون الکتروشیمیایی بدست آمد و تغییرات زیادی مشاهده نشد که در قسمت نتایج آمده است.

نتیجه گیری

نتایج بدست آمده گویای این مطلب است که راندمان حذف سیانید در روش ترسیب با سولفات فرو بالاتر بوده و میتوان برای رسیدن به استانداردهای تخلیه پساب به محیط زیست و نیز برای کاهش اثرات مضر آن بر سلامت انسان وسایر موجودات از این روش بعنوان روش تصفیه مناسب در این صنعت استفاده نمود و از طرفی در این روش به دلایلی همچون عدم تولید گاز سمی سیانوژن کلراید که در روش کلریناسیون قلیائی تولید می شود، عدم تولید سیانات که در اکثر روش های شیمیائی تولید می گردد و نیز حذف همزمان سیانور و فلزات سنگین از پساب صنایع آبکاری، روش مناسبی جهت کاربرد در این صنایع به نظر می رسد و اما جهت مقایسه بهتر دو فرآیند پیشنهاد می گردد شرایط مختلف از لحاظ هزینه بررسی گردد، اما چون هدف این طرح تنها مقایسه راندمان حذف دو روش بوده است می توان گفت که در قیاس با یکدیگر روش ترسیب با فرو سولفات راندمان حذف بیشتری را شامل می شود.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله مراتب تشکر و قدردانی خود از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان به دلیل حمایت مالی از انجام طرح، مسئول کارگاه آبکاری الکتریکی به خاطر همکاری ایشان در انجام طرح و نیز همکاری که در انجام این تحقیق ما را یاری نموده اند را اعلام می دارند.

References:

1. Saarela K, Kuokkanen T. Alternative disposal methods for wastewater containing cyanide Analytical studies on new electrolysis technology

سیانور صورت نمی گیرد اما در نسبت مولی پایین با افزایش زمان از 60 دقیقه کاهش در راندمان حذف صورت می گیرد. در فرآیند تصفیه فاضلاب با روش الکتروشیمیایی نتایج بدست آمده نشان داد که رابطه آماری معنی داری بین pH و راندمان حذف وجود دارد ($p < 0/05$). همانطور که از نمودار 3 مشاهده می شود در قیاس سه (PH=12, 10/13, 8)، کمترین غلظت سیانور مربوط به PH=13 می باشد. که هر چه یون هیدروکسیل بیشتر باشد، کاهش سیانید بیشتر صورت می گیرد، البته افزودن PH تا یک اندازه ای با افزایش سود بصورت صعودی افزایش پیدا می کند ولی از حدود PH =13 به بالا مقدار مصرف سود جهت بالا بردن PH بطور چشمگیری افزایش پیدا می کند بنابر این PH با توجه به حذف سیانور و نیاز به محیط قلیایی حدود 12/5-13/5 در نظر گرفته می شود. در دقایق اولیه آزمایش فاضلاب شروع به سه فاز شدن کرد، یک لایه زرد رنگ متمایل به آبی در سطح به میزان یک سوم حجم راکتور بعد از پایان 90 دقیقه تشکیل می شد، و یک لایه آبی رنگ حاوی رسوب فلزات سنگین داخل فاضلاب در کف راکتور شکل می گرفت و فاضلاب شفاف در وسط راکتور تشکیل میشد که مربوط به متصاعد شدن گاز N_2 و CO_2 می شد. در طی آزمایشات و زمان عملیات میزان PH، درجه حرارت کنترل شد و درجه حرارت تقریباً در طی واکنش ثابت بود اما میزان PH در طی واکنش کاهش پیدا می کرد. نتایج حاصله نشان داد که میانگین راندمان حذف سیانور نمونه ها توسط این روش در شرایط بهینه 87 درصد با انحراف معیار 2/43 می باشد و نیز نتایج بدست آمده گویای این مطلب است که با افزایش زمان غلظت سیانور در راکتور الکتروشیمیایی کمتر می شود تا اینکه در زمان 80-90 دقیقه تقریباً نمودار بصورت خط راست در می آید. در مقایسه این مطالعه با مطالعات قبلی در زمینه ترسیب سیانید با فرسولفات مثل مطالعات دیوید زومبو در سال 1996 و (17-18) 1993 و دامنز در سال 1992 و هونگ داک و همکارانش در سال 2009 می توان این نتیجه را گرفت که از شرایط بهینه بدست آمده مطالعات قبلی

developed for to treatment of waste water containing gold or silver cyanide. Finland: University of Oulu; 2004 [cited 2010 Oct 9]. Available from: <http://www.irazoo.com/PopularSites/Cyanide-Disposal.aspx> 1996; 16(4): 257-261.

2. Pesticide and environmental toxicology section office of environmental health hazard assessment california environmental protection agency. Public health goal for cyanide in drinking water. California: US Environment Protection Agency; 1997.
3. Faghihian H. Removal of cyanide from liquid wastes by modified Clinoptilolite. *Int J Envir Pollut* 2004; 22(6): 732-739.
4. Ghorbannejad G. Electroplating. *J Electrop Indust* 2003; 30: 7-8. [In Persian]
5. Besharat A. Metal electroplating engineering. 2nd ed. Tehran: Tarrah Publication; 2009. [In Persian]
6. Naeimi A. Electroplating. *J Electrop Indust* 2003; 29: 7-8. [In Persian]
7. Marsden J, House I. The chemistry of gold extraction. 2nd ed. New York: Society for Mining Metallurgy & Exploration; 2005.
8. Arikado T, Iwakura C, Yoneyama H, Tamura H. Anodic oxidation of potassium cyanide on the graphite electrode. *Electroch Acta* 1976; 21(11): 1021-1027.
9. Hine F, Yasuda M, Iida, T, Ogata Y. On the oxidation of cyanide solution with lead dioxide coated anode. *Electroch Acta*. 1986; 31(11): 1389-1395.
10. Szpyrkowicz L, Zilio-Grandi F, Kaul SN, Rigoni Stern S. Electrochemical treatment of copper cyanide waste water using stainless steel electrodes. *Water Sci Techno* 1998; 38(6): 261-268.
11. Szpyrkowicz L, Kaul SN, Molga E, DeFaveri M. Comparison of the performance of a reactor equipped with a Ti/Pt and SS anode for simultaneous cyanide removal and copper recovery. *Electroch Acta* 2000; 46: 381-387.
12. Dharmo N. Electrochemical oxidation of cyanide in the hydrocyclone cell. *Waste management*.
13. Canizares P, Daz M, Domnguez JA, Lobato J, Rodrigo MA. Electrochemical treatment of diluted cyanide aqueous wastes. *J Chem Technol Biotechnol* 2005; 80(5): 565-573.
14. Osathaphan K, Chucherdwatanasak B, Rachdawong P, Sharma VK. Effect of ethylenediaminetetraacetate on the oxidation of cyanide in an electrochemical process. *J Envir Sci Health (Part A: Toxic/Hazard Subs Envir Engin)* 2008; 43(3): 295-299.
15. Adams MD. The removal of cyanide from aqueous solution by the use of ferrous Sulphate. *J South Afr Instit Min Metal* 1992; 92(1): 17-25.
16. Hohman SC, Merkel C. Iron salt precipitation of cyanide. A workshop on cyanide; 1985.
17. Dzombak AD. Removal of cyanide from spent potting leachate by iron cyanide precipitation. C. M. University. Civil and environmental engineering. The 69th annual conference; 1996.
18. Dzombak D, Ali MA, Dobbs CL. Evaluation of subsurface fat transport of chemical species in spent potting leachate; 1993. Division Report No. 08-93-350
19. Damns. AMD. The removal of cyanide from aqueous solution by the Use of Ferrous sulphate. *J South Afr Instit Min Metalur* 1992; 92(1): 17-25.
20. Hong-Duck Ryu, Young Ok Cho. Effect of ferrous Ion coagulation on biological ammonium nitrogen removal in treating coke wastewater. *Envir Engine Sci* 2009; 26(12): 1739-1746.
21. Andrew D. Standard method for examination of water & wastewater. 21st ed. Ame Pub Health Asso; 2005.
22. Marry D, Bryce I. Spectrophotometric method for determination of total cyanid in wastewater Samples. *Analys*; 1988; 113(8): 1273.

Comparision of Removal Efficiency of Cyanide by Chemical and Electrochemical Precipitation Process from Industrial Wastewater

Zohre Kheradpisheh¹, Hossein Movahedian Attar² and Majid Salehii³

Abstract

Background and Aim: Cyanide is a highly toxic compound which is found normally in the wastewater of numerous industries, such as Electroplating. The release of this compound into the environment has a lot of health hazards. The Purpose of this study was to compare the electrochemical oxidation efficiency with chemical precipitation method for cyanide removal from industrial wastewater.

Materials and Methods: This study was conducted experimentally in a pilot system. In this study, the optimum conditions such as pH, Fe/CN⁻ and reaction time were investigated in the Ferrous Sulfate precipitation method for cyanide removal from wastewater of electroplating industries by the use of jar test. It also investigated the effect of pH, voltage and operation time for total cyanide removal by electrochemical oxidation method by applying a stainless steel as an anode and copper as a cathode. And finally, the efficiency of two methods was compared.

Results: In the Ferrous Sulfate Precipitation method, the optimal conditions were obtained for the removal of cyanide at (pH 6/5, and 10:1 Molar Ratio and Operation Time 60 minutes). In these conditions, the removal efficiency was 93 percent. In the electrochemical method, the optimal conditions were obtained at the voltage of 9V and pH=13 and the operation time of 90 minutes in which the average percentage removal of cyanide was about 88 with SD=2.43. The results statistically confirmed the significant relationship between cyanide removal efficiency and optimal conditions in both methods (p< 0.05). But comparison of the two methods showed that the cyanide removal efficiency in the electrochemical method was as much as the chemical precipitation method.

Conclusion: Due to the high cyanide removal efficiency and achieving the standards for effluent disposal to the environment, it seems that ferrous Sulfate precipitation method is more useful.

Keywords: chemical precipitation wastewater treatment, cyanide, electroplating wastewater, electrochemical oxidation

Received: 12 January 2011

Revised: 7 June 2011

Accepted: 16 November 2011

Ofogh-e-Danesh. GMUHS Journal. 2012; Vol. 18, No.3

1-Corresponding Author: MSc. in Environmental Health, Department of Environmental Health, School of Health, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

Tel: +98 09126185023 **Fax:** +98 761 3336202 **E-mail:** z.kheradpisheh@yahoo.com

2- PhD in Environmental Health, Department of Environmental Health, School of Health, University of Isfahan

3- MSc., in Applied Chemistry, Kavian Petrochemical Complex