علوم و تکنولوژی محیط زیست ، دوره دوازدهم، شماره یک، بهار ۹۱

کمینه سازی ضایعات در صنعت آبکاری آلومینیم

سید مصطفی خضری [۱]

فریده عتابی [۲]

مهدی برقعی [۳]

فاطمه اکبری [۴*]

Farsbeam8@yahoo.com

تاریخ دریافت:۸۶/۹/۲۰ **تاریخ پذیرش:۸۷/۱/۲۲**

چکیـد ه

صنایع آلومینیم یکی از بزرگ ترین مصرف کنندگان آب در بخش آنودایزینگ محسوب می گردد و پساب فراوانی را نیز به محیط زیست تخلیه می کند. به دلیل pH بسیار متفاوت مواد مورد استفاده در این صنعت، پساب تولیدی طیف وسیعی از pH را شامل می شود.

هدف از کمینه سازی وکنترل ضایعات، کاهش مصرف منابع نظیر آب و برق و مواد شیمیایی و کاهش میزان آلودگی و بار پساب در طول فرایند به کمک راهکارهای مختلف است، تا بتوان به کمک آن مشکلات تصفیه خانه های پساب صنایع را تا اندازه ای کاهش داد و مصرف منابع را به حداقل مقدار خود رساند. اساساً برنامه های کمینه سازی ضایعات پیچیده هستند و موارد زیر را: تعهد مدیریت، تعیین و تنظیم اهداف نهایی، ارزیابی فنی و اقتصادی، اجرای برنامه ها، ارزیابی مستمر و پایش شامل می شوند.

در این تحقیق، صنعت آلومینیم در بخش آنودایزینگ مورد مطالعه قرار گرفته و با شناسایی خط تولید سالن واحد مزبور، فلودیاگرام کلی فرایند ترسیم گردیده است. فرایندهای اصلی مشتمل بر واحدهای چربی گیری، ایچینگ، خنثی سازی، واحد آنودایز، عملیات پیش سیل وسیل و واحد رنگ است که پس از هر یک از آن ها مراحل شستشو صورت می گیرد. به همین دلیل پساب حاصل از هر فرایند، مشخصات ویژه ای دارد.

پس از جمع آوری اطلاعات لازم، راهکارهای مختلفی جهت کاهش مصرف مواد و به حداقل رساندن ضایعات پیشنهاد گردید. که شامل: استفاده از جرثقیل دوطرفه به جای جرثقیل های یک طرفه و انتقال پروفیل ها به صورت عمودی به دلیل کاهش مصرف مواد شیمیایی و پساب تولیدی، نصب شیرهای برقی و نصب سنسور در وان ها به جای استفاده از شیرهای دستی به منظور جلوگیری از سرریز

۱- دانشیار دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی ، واحد علوم و تحقیقات تهران

۲- استادیار دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی ، واحد علوم و تحقیقات تهران

۳- استاد دانشگاه صنعتی شریف

۴- کارشناس ارشد علوم محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، گروه محیط زیست و انرژی، تهران، ایران*(مسئول مکاتبات)

وان ها می باشد. همچنین با توجه به نتایج آزمایش‌های انجام یافته در زمینه استفاده از منعقد کننده های متفاوت، استفاده از ۸۰mg/lit آلوم به عنوان منعقدکننده نیز پیشنهاد می گردد که این میزان، مقدار لجن تولیدی را حدود۳۰٪ نسبت به لجن تولیدی فعلی کاهش می دهد.

واژه های کلیدی: کمینه سازی ضایعات، آبکاری، آلومینیم، تصفیه پساب، آنودایزینگ.

مقدمه

همزمان با پیشرفت علم و فن آوری، نیاز به ابزار، وسایل و امکانات لازم برای شناسایی مرزهای ناشناخته دانش، بیش از پیش احساس می شود. اکثر فلزاتی که در صنعت پیشرفته امروزی مورد استفاده قرار می گیرند، دارای خواص موردنظر نیستند. به عنوان نمونه، فلز طلا، مقاومت خوبی در برابر خوردگی شیمیایی و اکسایش در مجاورت هوا دارد، اما از سختی و مقاومت مکانیکی خوبی برخوردار نیست و آهن گرچه از سختی و مقاومت مکانیکی خوبی برخوردار است، ولی در برابر خوردگی پایداری مطلوبی ندارد. برای غلبه بر این مشکل، با استفاده از علم و فن آوری، روش های گوناگونی برای به دست آوردن ابزار و وسایلی مناسب با خواص مطلوب ارایه داده اند. یکی از این راه ها "آبکاری فلزات" است(۱).

صنعت آبکاری فلزات یکی از قدیمی ترین صنایع جهان است، به طوری که می گویند از پیل الکتریکی ابداع شده در زمان اشکانیان، به منظور آبکاری فلزات استفاده می شده است(۲).

یکی از معضلات جهانی صنعت، مسئله خوردگی اتمسفری فلزات است. برای غلبه بر این مشکل، آبکاری فلزات یکی از مناسب ترین و مقرون به صرفه ترین راه هاست. قطعات آلومینیومی، مقاومت چندانی در برابر خوردگی ندارند، مگر این که به روش اکسایش آندی (آنودایزینگ) با قشر نازکی از اکسید آلومینیم محافظت شوند. ذکر این نکته لازم است که با همین روش می توان چنین قطعاتی را رنگ آمیزی کرد(۳).

با تمامی محاسنی که از این فرایند ذکر شد، آبکاری باعث ایجاد مقادیر متنابهی پساب می شود که باید با استفاده از روش های کمینه سازی، میزان تولید آن را کاهش داد. در زمینه آبکاری شیمیایی، تحقیقات قابل ملاحظه ای در ایران و سایر کشورهای جهان انجام شده و در مورد بازیابی فلزات سنگین از پساب این واحدها نیز تحقیقاتی در داخل کشور انجام گرفته است که به نمونه هایی از آن ها می توان تحت عنوان "بازیابی کروم از فاضلاب صنایع آبکاری با روش DRCs " اشاره کرد که توسط جمعی از محققان دانشگاه تربیت مدرس اجرا شده است همچنین در خصوص روش های کمینه سازی ضایعات(۴) و در روش های آبکاری نیز مطالعاتی انجام شده است(۵).

پساب های صنعت آلومینیم

فرایند آبکاری آلومینیم که درصد زیادی از پساب صنعت آلومینیم را تولید می کند، معمولا سه نوع پساب را در پی دارد. سه جریان عمده پساب در واحد آنودایز آلومینیم عبارتند از(۶):

۱. محلول قلیایی غلیظ (حاصل از حک شیمیایی)
۲. پساب شستشو (خروجی بخش های شستشو)
۳. محلول اسیدی غلیظ (غالبا حاصل از آنودایز)

مشکل اساسی در تصفیه پساب واحد آنودایز، تولید مقادیر متنابهی از لجن هیدروکسید آلومینیم می باشد که به دلیل میزان رطوبت بالای آن تخلیه لجن معمولاً مشکل و پر هزینه است و همچنین به علت طبیعت ژلاتینی لجن مذکور آبگیری از آن مشکل می باشد. از سوی دیگر وجود پساب های اسیدی و قلیایی غلیظ، مشکلی جهت تخلیه آن ها به محیط زیست ایجاد می کند. علاوه بر موارد فوق ممکن است فلزات سنگین و نیترات نیز مشکل زا باشند. در مجموع کاهش غلظت آلومینیم، کاهش جامدات معلق، تثبیتpH، حذف فلزات سنگین و مهم تر از همه رسیدن به لجن مناسبی با حجم کم و قابلیت آبگیری مناسب و درصد رطوبت پایین از اهداف مهم

تصفیه می باشد (۷). هدف این تحقیق کمینه سازی وکنترل ضایعات شامل کاهش میزان آلودگی و بار پساب در طول فرایند و مصرف حداقل منابع به کمک راهکارهای مختلف است.

مواد و روش ها

با توجه به فقدان اطلاعات در مورد استفاده از منعقدکننده ها در شرکت آلوپن، اقدام به تهیه نمونه پساب از تصفیه خانه مربوط گردید و در آزمایشگاه، با استفاده از آزمون جارتست نوع و میزان ماده منعقد کننده بهینه تعیین شد (۱۲). در این راستا منعقدکننده های ذیل مورد آزمون قرار گرفتند:

۱. آلوم
۲. کلرورفریک
۳. سولفیت آهن
۴. آب آهک به عنوان کمک منعقد کننده

تجهیزات آزمایشگاهی مورد استفاده در این تحقیق مشتمل بر دستگاه جارتست Jartest ZJT74B ZAG CHEMIE Co.Ltd با سرعت۱۲۰RPM- ۰ مجهز به ۶ بشر ۵۰۰cc، ترازو و pH متر دیجیتال CRISON BASIC 20 می باشد.

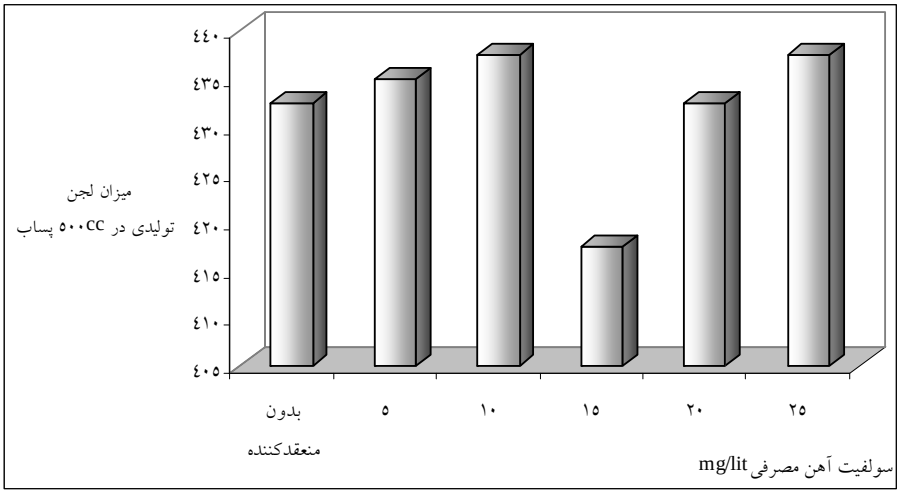
در ابتدای آزمایش‌ها، pH پساب به طور مستقیم از pH اولیه ۱۲، با استفاده از ۰/۸۵cc اسیدسولفوریک به pH ۷ کاهش داده شد و از سولفیت آهن به عنوان منعقدکننده در دوزهای متفاوت ۵mg/lit، ۱۰mg/lit، ۱۵mg/lit، ۲۰mg/lit، ۲۵mg/litو یک ظرف بدون منعقدکننده در آزمایش جارتست استفاده شد. همان گونه که در نمودارهای ۱ و ۲ ملاحظه می گردد، میزان لجن تولیدی بسیار زیاد است.

نتایج حاصل در مورد pH برابر ۸، با استفاده از دوز و نوع ماده منعقدکننده نیز مشابه می باشد.

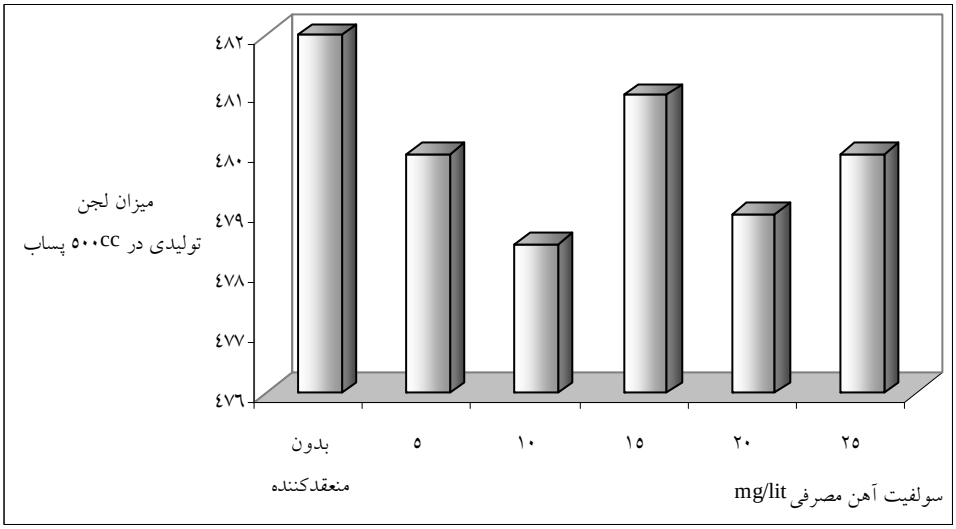
بنابراین ادامه آزمایش‌های جارتست با تغییر pH اولیه، با استفاده از ۲/۲۵ cc اسید سولفوریک از مقدار ۱۲ به ۳ و استفاده از آلوم ۵۰mg/lit، ۶۰mg/lit، ۷۰mg/lit، ۸۰mg/lit، ۹۰mg/lit، کلرورفریک ۱۵mg/lit، ۲۰mg/lit، ۲۵mg/lit، ۳۰mg/lit، ۳۵mg/lit، سولفیت آهن ۵mg/lit، ۱۰mg/lit، ۱۵mg/lit، ۲۰mg/lit، ۲۵mg/lit به عنوان منعقدکننده و سپس تغییر pH از ۳ به ۷ با استفاده از ۱۲/۵cc آب آهک ۲۰٪ انجام شد، و نتایج ثبت گردید.

سپس به جای آب آهک از ۴/۲۵cc سود ۵۰٪ به عنوان تنظیم کننده pH استفاده شد، و آب آهک به عنوان کمک منعقدکننده در دوزهای ۱۰mg/lit، ۱۵mg/lit، ۲۰mg/lit، ۲۵mg/lit، ۳۰mg/lit مورد استفاده قرار گرفت، و نتایج درج گردید.

پس از آن از پریستول ۱ mg/lit، یک بار در پسابی که با استفاده از اسیدسولفوریک pH آن از ۱۲ به ۳ و سپس با استفاده از ۱۲/۵cc آب آهک۲۰٪ به pH ۷ رسانده شده بود و بار دیگر در پسابی که پس از استفاده از اسید سولفوریک با کمک ۴/۲۵ cc سود۵۰٪ به pH ۷ رسانده شده بود، برای کاهش حجم لجن استفاده شد و همانند قبل نتایج برداشت گردید.



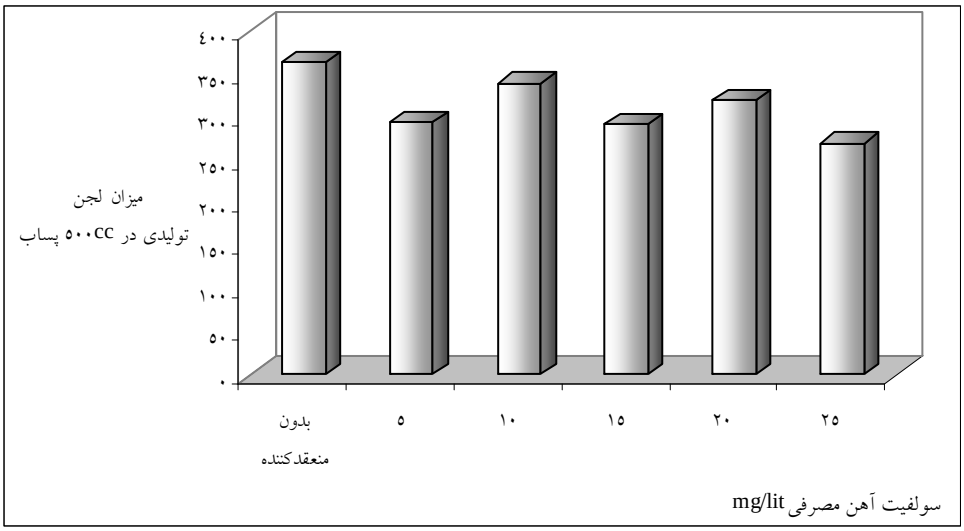
نمودار۱- تاثیر سولفیت آهن در دوزهای متفاوت ۲۴ ساعت پس از آزمایش‌های جارتست در pH ۷ در محیط آزمایشگاه



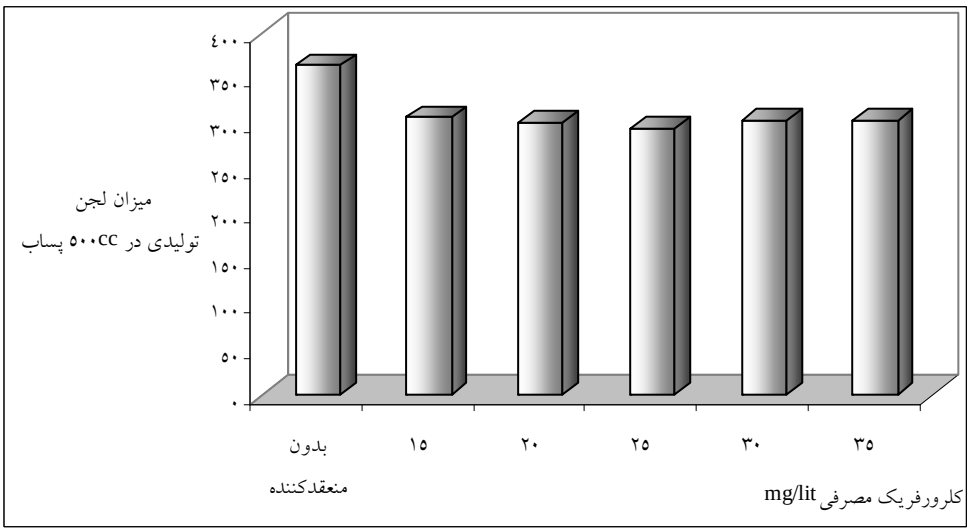
نمودار۲- تاثیر سولفیت آهن در دوزهای متفاوت ۲۴ ساعت پس از آزمایش‌های جارتست در pH ۸ در محیط آزمایشگاه

نتایج

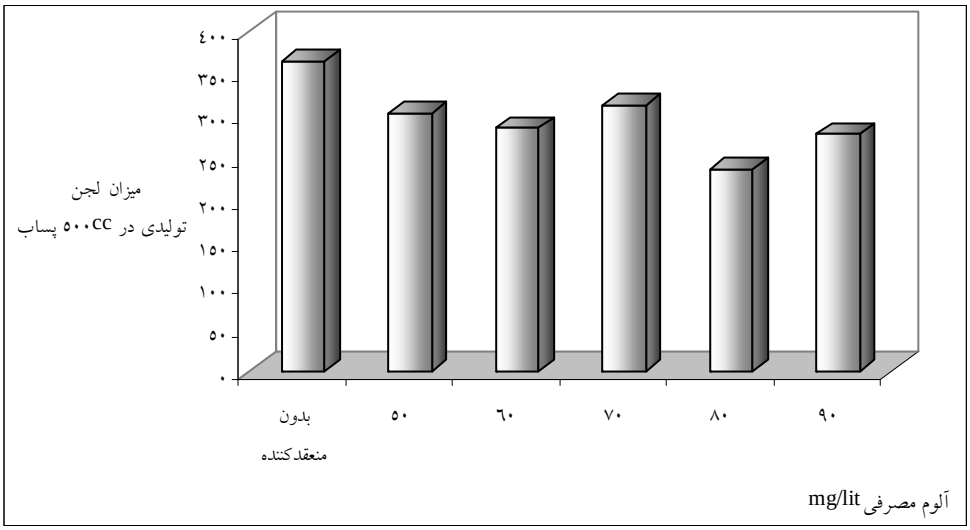
در ابتدا به منظور کاهش استفاده از مواد در تصفیه پساب انجام آزمایش‌ها در pH ۷ و ۸ پیشنهاد گردید که با توجه به نتایج حاصل از میزان لجن تولیدی، این فرضیه رد گردید (نمودار۱ و نمودار۲). در ادامه آزمایش‌ها که با تبدیل pH اولیه پساب از ۱۲ به ۳ با استفاده از اسیدسولفوریک و تبدیل pH به ۷ با استفاده از آب آهک و استفاده از مواد منعقدکننده متفاوت انجام گرفت، از میان تمامی مواد، منعقدکننده پیشنهادی آلوم ۸۰mg/lit به عنوان ماده مناسب انتخاب گردید (نمودار ۳، ۴ و ۵).



نمودار۳- تاثیر سولفیت آهن در دوزهای متفاوت با تبدیل pH از ۳ به۷ با استفاده از آب آهک، ۲۴ ساعت پس از آزمایش‌های جارتست در محیط آزمایشگاه



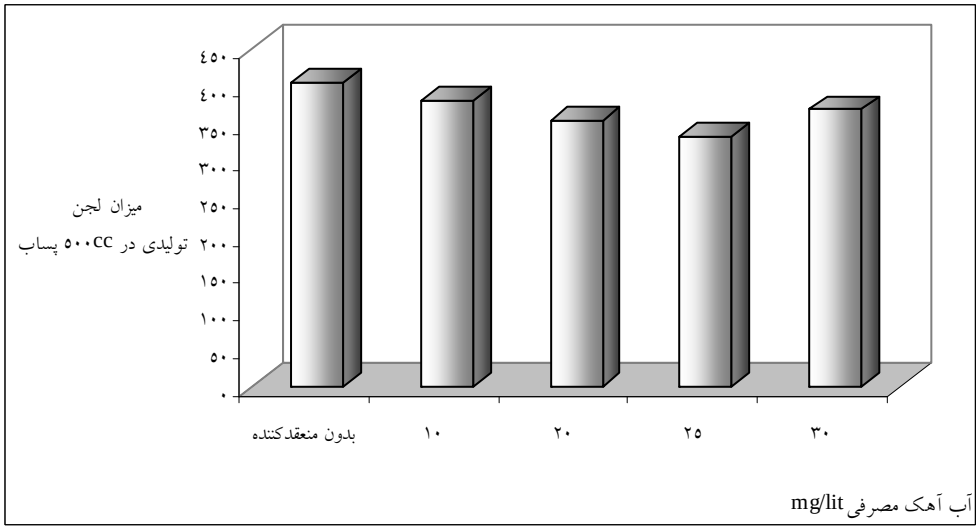
نمودار۴- تاثیر کلرورفریک در دوزهای متفاوت با تبدیل pH از۳ به۷ با استفاده از آب آهک ۲۴ ساعت پس از آزمایش‌های جارتست در محیط آزمایشگاه



نمودار۵- تاثیر آلوم در دوزهای متفاوت با تبدیل pH از ۳ به۷ با استفاده از آب آهک ۲۴ ساعت پس از آزمایش‌های جارتست در محیط آزمایشگاه

سپس آزمون جارتست با توجه به نتایج و میزان لجن تولیدی در سری آزمایش‌های قبلی، تنها با استفاده از آلوم و با دوز ۸۰mg/litکه کم ترین میزان لجن تولیدی را داشته است، صورت گرفت و به جای استفاده از آب آهک به عنوان تنظیم کننده pH از سود استفاده گردید و آب آهک تنها به عنوان کمک منعقدکننده مورد استفاده قرارگرفت که میزان لجن تولیدی حتی در کم ترین مقدار نیز قابل قبول نمی باشد (نمودار ۶).

و در مورد استفاده از پلی الکترولیت پریستول نیز نتایج مطلوب به دست نیامد.



نمودار۶- تاثیرآب آهک در دوزهای متفاوت با تنظیم pH با استفاده از سود ۲۴ ساعت پس از آزمایش‌های جارتست در محیط آزمایشگاه

بحث و نتیجه گیری

با توجه به نتایج یاد شده نشان داده شد که حداقل میزان لجن تولیدی با استفاده از تغییر pH اولیه ۱۲به ۳ به کمک اسیدسولفوریک و سپس تبدیل pH از ۳ به ۷ با کمک آب آهک و استفاده از منعقدکننده آلوم با میزان ۸۰mg/lit، بیشترین بازده را نسبت به دیگر مواد منعقدکننده داشته است، که منجر به کاهش میزان لجن به مقدار۳۰٪ نسبت به روشی که در آن از منعقدکننده استفاده نمی شود، گردیده است.

بنابراین با بررسی کمینه سازی ضایعات در کارخانه آلوپن می توان در بخش های زیر کمینه سازی به وجود آورد:

- **لجن**

با توجه به آزمایش‌ها نتایج کلی زیر به دست آمد:

۱. تبدیل مستقیم pH از۱۲به ۷ نقشی در کاهش لجن تولیدی ندارد.
۲. با استفاده از آلوم ۸۰ mg/lit مقدار اولیه لجن از cc ۳۶۵ به ۲۳۸cc کاهش می یابد، بنابراین این ماده را می توان به عنوان مناسب ترین ماده منعقدکننده در نظر گرفت.
۳. با استفاده از سولفیت آهن ۲۵ mg/lit مقدار اولیه لجن از ۳۶۵cc به ۲۷۰cc کاهش می یابد و این ماده در مرتبه دوم اهمیت از نظر کاهش لجن قرار می گیرد.
۴. استفاده از سود به عنوان تنظیم کننده pH به جای آب آهک نه تنها منجر به کاهش میزان لجن تولیدی نمی گردد بلکه مقدار آن را افزایش می دهد.
۵. استفاده از آب آهک به عنوان کمک منعقد کننده نیز در کاهش میزان لجن تولیدی بی تاثیر است .
۶. سرعت ته نشینی لجن در ۸۰ mg/lit آلوم بیش از ۲۵ mg/lit سولفیت آهن می باشد.
۷. استفاده از پلی الکترولیت هیچ گونه تاثیری در کاهش میزان لجن نداشته است.

- **مصرف آب**

۱. نصب شیرهای برقی و نصب سنسور در وان ها به جای استفاده از شیرهای دستی به منظور جلوگیری از سرریز وان ها
۲. نصب صفحات مایل در حدواسط وان های مختلف برای بازگشت مواد به محل اولیه در حین انتقال پروفیل ها
۳. تعمیر شیرها به منظور جلوگیری از هدر رفت آب و این به معنای کاهش در میزان مصرف آب به میزان ۵۰۰۰۰ لیتر در هر سری آنودایز خواهد بود.

- **مواد شیمیایی**

۱. استفاده از جرثقیل دوطرفه به جای جرثقیل های یک طرفه و انتقال پروفیل ها به صورت عمودی به منظور کاهش انتقال مواد به وان بعدی
۲. کاهش سرعت انتقال پروفیل ها از یک وان به وان دیگر
۳. نصب صفحات مایل در حد واسط وان های مختلف

- **تولید پساب**

با اجرای موارد پیشنهادی در کمینه سازی مصرف آب و مواد شیمیایی، به تبع آن تولید پساب نیز کاهش خواهد یافت.

پیشنهادها

- جلوگیری از نشت آب با استفاده از تعمیر پمپ ها، شیرها و اتصالات
- کاهش میزان مصرف آب و تولید پساب هر قسمت از واحدها با استفاده از وسایل کنترل مکانیکی
- بازگشت آب به سیستم پس از تصفیه
- مورد ارزیابی قرار دادن مکان پذیری سیستم های کاهش آلاینده ها در نقطه تولید
- جلوگیری از سرریز وان ها یا بازگرداندن جریان های خروجی به وان ها با پیش بینی یک مخزن ذخیره با استفاده از پمپ

- ایجاد هماهنگی با مدیریت ارشد جهت استقرار سیستم و تعیین کارایی راهکارهای کمینه سازی پیشنهادی
- استفاده از نتایج حاصله جهت ایجاد بهبود مستمر در راهکارهای کمینه سازی پیشنهادی
- به کارگیری دستگاه های اندازه گیری جهت تعیین میزان دقیق ضایعات قبل و بعد از استقرار سیستم
- تشکیل یک تیم با تخصص های متفاوت به منظور استقرار سیستم W.M
- ارایه کلاس های آموزشی جهت مدیران و کارکنان قبل از استقرار سیستم W.M
- بیان اهمیت مسئله W.M و تاثیر آن در زندگی ساکنان محلی برای کارکنان که اکثراً خود آن ها را نیز شامل می شود، به منظور جلب همکاری آن ها.
- با توجه به نتایج آزمایش‌های انجام یافته در زمینه استفاده از منعقد کننده های متفاوت، استفاده از ۸۰mg/lit آلوم به عنوان منعقدکننده و کاهش میزان لجن تولیدی حدود ۳۰٪ نسبت به لجن تولیدی فعلی

منابع

۱. بشارت، الف، ۱۳۸۰، مهندسی آبکاری فلزات، کتاب، نشر طراح

۲. غفاری، م،۱۳۷۴، مبانی علمی و عملی آبکاری،کتاب، نشر مگاشیمی

۳. طهماسبی، الف، ۱۳۶۴، آلومینیم، کتاب، جامعه ریخته گران ایران

۴. اناری، ح، ۱۳۸۴، سیستم های کمینه سازی ضایعات در صنعت تولید مواد شوینده، پایان نامه کاشناسی ارشد، دانشکده محیط زیست دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم وتحقیقات تهران.

5. http://chemtown.blogfa.com/post-79.aspx

۶. توکلی، ن، ۱۳۷۷، بررسی تصفیه پذیری پساب واحد آنودایز آلومینیم، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده محیط زیست دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم وتحقیقات تهران.

7. David A.cornwell, 1982,Alum Production from Aluminium Etching wastes, 37th Industrial waste conference, purdue University, Lafayette, Indiana.

8. 8. Ara Begum, R., *2007*, Implementation of waste management and minimization in the construction industry of Malaysia, *Conservation and Recycling, Volume 51, Issue 1*

9. Patterson, J.W., 1985, industrial wastewater Treatment technology, second edition, Butterworths publishers

10. http://es.epa.gov/ncer/rfa/2004/2004-gro-bioaccum.html

11. http://www.dnr.state.wi.us/org/aw/wm

12. http://www.tpub.com/content/construction/14265/css/14265_276.htm