

علوم و تکنولوژی محیط زیست ، دوره دهم، شماره دو، تابستان ۸۷

بررسی سیستم های کمینه سازی ضایعات در صنعت تولید مواد شوینده

مصطفی خضری^۱

مسعود منوری^۱

حمید اناری تفتی^۲ (مسئول مکاتبات)

تاریخ پذیرش: ۸۵/۳/۲۹

تاریخ دریافت: ۸۴/۱۱/۱۵

چکیده

سیستم های کمینه سازی^۳ ضایعات یکی از روش های مهم کاهش ضایعات در واحدهای مختلف تولیدی، صنعتی، خدماتی و... است. به طور کلی مسأله مهم در این سیستم های مدیریتی، پیگیری و جستجوی راه حل هایی جهت کاهش ضایعات می باشد. از آن جا که ضایعات مربوط به صنایع تولید شوینده جزء ضایعات شیمیایی است که صدمات جبران ناپذیری را به محیط زیست وارد می کند بر این اساس سیستم های مدیریت کمینه سازی ضایعات در واحدهای تولید شوینده جایگاه ویژه ای دارد.

برای بررسی اثرات و جایگاه سیستم مدیریت کمینه سازی ضایعات در صنعت تولید مواد شوینده، شرکت شیمیایی بهداد با عنوان محصولات تجاری تاژ به صورت نمونه مورد تحقیق قرار گرفته است. در این تحقیق پس از شناسایی و جمع آوری اطلاعات در مورد سیستم های کمینه سازی ضایعات و بررسی فعالیت های مختلف در صنعت تولید شوینده ، نسبت به شناسایی بخش های مختلف کارخانه شامل : واحد های تولیدی، خدماتی ، اداری ، انبارها و فعالیت های مربوط به هر یک از قسمت های آن اقدام گردید. مطالعه انجام شده در این چهار بخش نشان دهنده آن است که مشکلات اصلی درمورد ضایعات مربوط به سالن های تولید پودر و سولفوناسیون شرکت شیمیایی بهداد می باشد. با توجه به این که واحد سولفوناسیون به عنوان واحد مادر، وظیفه تولید محصولات حد واسط و مواد اولیه سایر واحد های تولیدی کارخانه را بر عهده دارد ، به عنوان مطالعه موردی^۴ ، به منظور شناسایی روش های کمینه سازی ضایعات انتخاب گردیده است.

پس از شناسایی منابع تولید ضایعات با استفاده از روش های^۳ گانه ی کاهش ضایعات در منبع تولید که عبارت اند از :

- ۱- رعایت مسایل مربوط به تعمیر و نگه داری مناسب دستگاه تولیدی .
- ۲- بهینه سازی مواد اولیه مصرفی از طریق خالص سازی و جایگزینی مواد اولیه با مواد اولیه کم ضررتر.
- ۳- بهینه سازی فن آوری به کار رفته در واحد تولیدی.

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

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده محیط زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی

3-Industrial waste minimization

4- Case Study

نهایتاً در تولید ضایعات تا ۱۸٪ کاهش ایجاد شد که محاسبه درصد کاهش از طریق پایش و اندازه‌گیری ضایعات به صورت هفتگی قبل و بعد از انجام کمینه سازی در مدت ۶ ماه کاری بوده است. این مقدار مطابق برآورد انجام شده معادل ۸۴ میلیون ریال در سال صرفه جویی مالی دربرخواهد داشت که در مقایسه با هزینه های جاری واحد سولفوناسیون شرکت شیمیایی بهداد، رقم قابل ملاحظه ای است.

واژه های کلیدی: کمینه سازی ، مواد شوینده ، ضایعات ، سولفوناسیون

مقدمه

کنترل آلودگی های زیست محیطی است که شامل تکنیک ها و راهکارهای مختلفی از جمله کاهش ضایعات در نقطه تولید، جایگزینی مواد اولیه و تغییر شکل محصول می باشد(۱). بازگشت ضایعات به فرآیند تولید و احیای مجدد آن ها از طریق به کارگیری فن آوری فرآوری مجدد یکی دیگر از روش های کمینه سازی ضایعات بوده که برگشت مواد زاید به خط تولید می تواند در همان واحد تولیدی و یا در یک واحد تولیدی دیگر باشد.

بعد از به کارگیری همه روش های ممکن، تصفیه مواد زاید به عنوان آخرین راهکار، در برگیرنده روش های تصفیه فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی است که پس از کاهش میزان سمیت و حجم ضایعات مستلزم دفع نهایی است(۲). به منظور بررسی اثرات و جایگاه روش های کمینه سازی ضایعات در صنعت تولید مواد شوینده، شرکت شیمیایی بهداد با عنوان محصولات تجاری تاژ به صورت نمونه مورد تحقیق قرار گرفته است.

در میان واحدهای مختلف تولیدی این شرکت، واحد سولفوناسیون^۵ به عنوان واحد مادر وظیفه تولید محصولات حد واسط سایر واحدهای تولیدی کارخانه را به عهده دارد. واکنش اصلی در تهیه انواع مواد شوینده، سولفوناسیون می باشد. در این واکنش با سولفونه کردن یک ترکیب آلی علاوه بر خواص غیر قطبی، خواص قطبی را نیز به مولکول مورد نظر اضافه می کنند که چنین ملکولی اساس ساختار انواع شوینده ها را تشکیل می دهد.

فرآیند فوق باعث تولید ضایعات شیمیایی خطرناکی می

گردد که از نظر زیست محیطی دارای اهمیت ویژه ای است(۳).

عقیده کمینه سازی ضایعات صنعت^۱ در اوایل سال ۱۹۷۰ توسط شرکت تری ام^۲ پیشنهاد شد. به دنبال اجرای موفقیت آمیز برنامه کمینه سازی این شرکت، شرکت های زیادی در آمریکای شمالی از قبیل دوچمیکال^۳ و مونسانتو^۴ برنامه های کمینه سازی خود را در اواخر سال ۱۹۷۰ اعلام کردند که تمامی این شرکت ها از طریق این برنامه به سودهای قابل توجهی دست یافتند. در آغاز سال ۱۹۸۰ بسیاری از موسسات و شرکت ها مثل شرکت های واقع در آمریکای شمالی و اروپا و کمینه سازی را در برنامه کاری خود قرار دادند. سازمان هایی مثل موسسه تحقیق آلودگی در کانادا و شرکت تولیدات آمریکایی در آمریکا، قدم های بزرگی در این زمینه برداشته اند. هم اکنون با توجه به اهمیت برنامه های W.M در کاهش و کنترل آلودگی محیط زیست، این طرح در بسیاری از کشورهای جهان به شکل یک حرکت ملی درآمده است. فعالیت های انجام یافته در اجرای این برنامه در کشورهایی مانند: هندوستان، چین، تایوان و دیگر کشورهای در حال توسعه گویای این مطلب می باشد.

در کشور ما نیز نمونه هایی از برنامه های کمینه سازی ضایعات در بعضی صنایع از قبیل کارخانه فیبر ایران، صنایع چوب و کاغذ ایران (چوکا) ، کارخانه نساجی فرنخ و مه نخ، صنایع لبنی و شرکت فولاد اصفهان ایران انجام گرفته است. مهم ترین هدف کمینه سازی ضایعات، تعیین و به نمایش گذاشتن روش های پیشگیری و کاهش تولید آلاینده در جهت تولید پاک است. این روش یکی از مهم ترین عوامل در

1- (I.W.M)

2- 3.M

3- Dowchemical

4- Monsanto

5- Sulfonation

این روش راهکار دوم برای برنامه کمینه سازی است. برگشت دادن مواد زاید به خط تولید می‌تواند در همان واحد تولیدی و یا در یک واحد تولیدی دیگر باشد.

۳- تصفیه مواد زاید^۳

برای باقی مانده زایدات بعد از به کارگیری همه روش های ممکن (کاهش در منبع تولید و بازگشت دادن زایدات به فرایند تولید) به کار می‌رود. این راهکار شامل استفاده از روش های تصفیه فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی است. این روش پس از کاهش سمیت و حجم زایدات و مواد آلاینده، مستلزم دفع نهایی است.

تصفیه در واقع آخرین قدم است. یعنی وقتی که تمام سعی و تمهیدات لازم جهت کمینه سازی آلاینده‌ها به کار برده شود ولی باز هم مواد زاید تولید شوند، می‌توان با استفاده از فن آوری مناسب زایدات را تصفیه نمود.

۴- دفع نهایی^۴

این روش راهکاری برای مقابله با آلاینده ها و مواد زاید زیان آور یا خطرناک می باشد. موقعیت ایده آل زمانی حاصل می شود که بتوان تولید آلاینده ها و مواد زاید را به وسیله هر روش عملی ممکن به طور کامل حذف کرد. از آن جا که حذف کامل تولید زایدات در فرآیند های صنعتی از نظر عملی غیرممکن است، کمینه سازی حجم زایدات یک هدف واقع بینانه مطلوب می باشد. کاهش حجم آلاینده ها و مواد زاید، مشکلات زیست محیطی را کاهش می دهد، هزینه عملیات را کم می کند، مشکلات مدیریت مواد زاید را کاهش می دهد و مراکز توجه اصلی کمینه سازی بر کنترل آلاینده ها در منبع تولید آن ها و بازیابی و تجدید منابع می باشد. کنترل در منبع به عنوان هر فعالیتی که تولید زایدات را در منبع کاهش دهد یا حذف کند شناخته می‌شود که این روش معمولاً به وسیله ممارست یا تغییر فرآیند انجام می‌شود(۵و۴).

رویکرد این تحقیق در جهت شناسایی راه حل های کاهش تولید ضایعات از نقطه نظر فنی، اقتصادی و زیست محیطی بوده که در نوع خود به عنوان اولین مورد در این زمینه مطرح می باشد و این کار با شناسایی نقاط و فرآیندها تولید ضایعات و ارایه راهکارهای مناسب به جهت بهینه سازی فرآیند و کاهش مصرف مواد شیمیایی مورد نیاز انجام گرفته است.

روش ها و تکنیک های کمینه سازی ضایعات صنعتی

کمینه سازی آلاینده‌ها و زایدات صنعتی یکی از روش های مهم کاهش آلاینده‌ها در فرآیندهای صنعتی است و به طور کلی عبارت است از به حداقل رساندن تولید آلاینده‌ها در صنایع. این روش یکی از مهم ترین عوامل در کنترل آلودگی محیط زیست است و شامل تکنیک ها و راهکارهای مختلف زیر می باشد.

۱- کاهش آلاینده‌ها در منبع تولید^۱

کاهش در منبع تولید به عنوان کاهش مقدار زایدات قبل از تولید آن ها از طریق روش های مناسب برخورد با مواد اولیه و به کارگیری توجهات فن آوریکی شناخته می‌شود. این روش نخستین و مؤثرترین راهکار کمینه سازی می‌باشد. کاهش دادن زایدات در نقطه تولید آن ها با کنترل تولید ماده زاید در محل تولید یا با جایگزینی مواد اولیه و یا تغییر شکل محصول قابل حصول می‌باشد که در برگیرنده موارد زیر است.
(الف) رعایت مسایل مربوط به تعمیر و نگه داری مناسب دستگاه های تولیدی.
(ب) بهینه سازی مواد اولیه مصرفی.
(ج) بهینه سازی فن آوری به کار رفته در واحد تولیدی

۲- بازگشت زایدات به فرآیند تولید و بازیافت آن ها^۲

بازگشت زایدات و بازیافت آن ها به عنوان احیای ارزش جریان های مواد زاید از طریق به کارگیری فن آوری فرآوری مجدد، شامل فرآیندهای عملیات واحد می‌شود.

با انجام مرحله فوق منابع تولید آلاینده و فرایند تولید مشخص می‌شود.

مرحله دوم- بررسی مصرف و موازنه انرژی^۱

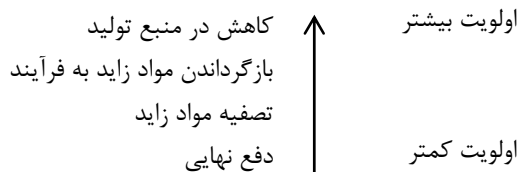
- ۱- بازنگری فرآیند جهت تعیین محل مصارف انرژی از طریق شناسایی کلیه منابع مصرف کنند انرژی.
 - ۲- شناسایی و تعیین میزان و محل های هدر رفت انرژی^۲ از طریق مقایسه بین انرژی مصرفی و توان مصرف اسمی منابع.
 - ۳- موازنه انرژی ورودی به فرآیند ها و انرژی مصرفی دستگاه های مصرف کننده انرژی با توان اسمی آن ها.
- با انجام این مرحله منابعی که هدر رفت انرژی دارند تعیین می‌شوند.

مرحله سوم- تعیین و انتخاب روش های پیشگیری از

تولید ضایعات

- ۱- مطالعات بهینه سازی فرآیند.
 - ۲- تعیین روش های مختلف جهت پیشگیری از تولید آلاینده.
- با انجام این مرحله امکانات مختلف جهت کنترل و پیشگیری از تولید آلاینده‌ها لیست شده و نهایتاً بهترین روش ها به صورت زیر ارائه گردید:

- بهینه سازی مواد اولیه مصرفی از طریق خالص سازی آن و جایگزینی مواد اولیه با مواد کم ضرر تر .
- بهینه سازی سیستم های کنترلی.
- بازگشت ضایعات به فرآیند تولید.
- تصفیه مواد زاید.
- بهینه سازی مصرف انرژی های مختلف.
- بهینه سازی در مصرف آب.
- بهینه سازی فن آوری به کار رفته در واحد تولیدی.
- تعمیر و یا تعویض بموقع دستگاه های فرسوده.



شکل ۱- تقسیم بندی کمینه سازی با در نظر گرفتن اولویت اجرایی (۶)

روش تحقیق

راهکار عملی برای رسیدن به هدف کمینه سازی ضایعات، تقسیم بندی صنایع از نظر فرایند تولید و نوع آلاینده های تولیدی می باشد که به این منظور یک واحد تولیدی به عنوان نمونه انتخاب شده و روش های کمینه سازی ضایعات در آن مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد (۷).

در این تحقیق برای بررسی اثرات و جایگاه سیستم کمینه سازی ضایعات در صنعت تولید شوینده، واحد سولفوناسیون شرکت شیمیایی بهداد با نام محصولات تجاری تاژ به عنوان مطالعه موردی انتخاب گردیده است که مراحل بررسی و اجرای سیستم کمینه سازی ضایعات در واحد سولفوناسیون این شرکت به شرح زیر است :

مرحله اول - تشکیل تیم کمینه سازی

این مرحله شامل موارد زیر می باشد:

- ۱- تشکیل تیم‌های کنترل و پیشگیری از تولید آلاینده
- ۲- بازبینی و بازرسی فرایند تولید
- ۳- بازبینی و بازرسی مواد اولیه و محل نگه داری آن ها
- ۴- درک مقدماتی از چگونگی تولید آلاینده‌های مختلف
- ۵- تهیه فلوچارت جهت فرآیند و فعالیت ها
- ۶- شناسایی منابع تولید آلاینده
- ۷- بازنگری فرآیندها جهت شناسایی عوامل تولید آلاینده‌ها
- ۸- تعیین و تخصیص بودجه جهت کنترل انواع آلاینده‌های تولیدی
- ۹- تحلیل علل و عوامل تولید آلاینده‌ها

2-Energy Balance

3- Energy Loss

مرحله چهارم- انتخاب و ارایه راه حل‌های پیشگیری از تولید و کاهش ضایعات

در این بخش راه حل های مختلف پیشگیری از تولید آلاینده ها ارزیابی می شود که این ارزیابی شامل: ارزیابی امکانات فنی، قابلیت های اقتصادی و جنبه های زیست محیطی راه حل ها می باشد (۸ و ۹).

با انجام این مرحله امکانات مختلف جهت کنترل و پیشگیری از تولید آلاینده ها لیست شده و نهایتاً بهترین گزینه ها جهت کمینه سازی، کاهش ضایعات در منبع تولید از طریق بهینه سازی مواد اولیه، بهبود سیستم های کنترلی، تعمیر و تعویض به موقع دستگاه ها، بهینه سازی مصرف انرژی های مختلف و بازگشت ضایعات به فرآیند تولید انتخاب و ارایه گردید.

نتیجه گیری

ضایعات تولیدی مورد مطالعه در واحد سولفوناسیون شرکت شیمیایی بهداد شامل دو بخش ضایعات جامد و مایع است که نتایج حاصل از این مطالعات به صورت زیر می باشد.

الف - ضایعات جامد:

موارد شناسایی شده در این بخش عبارت است از :

- لجن گوگرد
 - خرده ها سیلیکاژل
 - ضایعات مربوط به ستون کاتالیست
 - گوی های مربوط به کوره احتراق گوگرد
 - گردوغبار حاصل از فرآیند ذوب گوگرد
 - ضایعات حاصل از پاک سازی فیلتر های هوا
- مشخصات مربوط به هریک از موارد فوق در جدول ۱ آمده است.

ب - ضایعات مایع

ضایعات مایع این واحد شامل موارد زیر است :

- اولئوم
- نمک های سولفات و سولفیت حاصل از جذب SO₂ در اسکرابر
- ریزش اسید و مواد اولیه در خطوط انتقال شیرها و فلنج ها

- اولئوم مخلوط به ذرات کربنیزه

- ضایعات مربوط به شستشوی راکتور

مشخصات هر یک از ضایعات مذکور در جدول ۲ آمده است.

پس از بررسی نوع ترکیب، میزان و محل تولید و سرنوشت نهایی هر یک از ضایعات مورد مطالعه در واحد سولفوناسیون شرکت شیمیایی بهداد در مورد هریک از آن ها تصمیم مناسب گرفته شد. به طور مثال لجن گوگرد که ترکیب تشکیل دهنده آن شامل: کربن، هیدروژن، نیتروژن، گوگرد و اکسیژن می باشد به میزان ۳۰ کیلوگرم در هر پمپاژ در محل فیلترهای تصفیه ی گوگرد مذاب تولید شده و نهایتاً جهت دفع بشکه گیری می گردد. پیشنهادهای مربوط به کمینه سازی این ترکیب تعمیر و تعویض به موقع فیلتر های تصفیه لجن گوگرد و تهیه گوگرد خالص تر به جهت کاهش میزان حجم لجن گوگرد تولیدی و بهینه سازی فرآیند ذخیره سازی، انتقال و ذوب گوگرد مصرفی می باشد. با توجه به گستردگی نوع ترکیب ضایعات این واحد پیشنهادات کمینه سازی کلیه ضایعات در قالب جداول (۳ و ۴) به صورت مشخص ارایه می گردد.

جدول ۱- مشخصات ضایعات جامد واحد سولفوناسیون

ردیف	عنوان پسماند جامد	نوع ترکیب	میزان تولید	محل تولید	سرنوشت نهایی
۱	لجن گوگرد	کربن، هیدروژن، نیتروژن، گوگرد و اکسیژن	۳۰ کیلوگرم در هر پمپاژ	فیلترهای تصفیه گوگرد	بشکه گیری و اقدام جهت دفع نهایی
۲	خرده های سیلیکاژل	اسید سیلیسیلیک که به صورت ناقص هیدراته شده است (H ₂ SiO ₂)	۵۰ کیلو گرم در هر ۶ ماه	ستون سیلیکاژل	بشکه گیری و اقدام جهت در دفع نهایی
۳	گوی های کوره احتراق گوگرد	شن و سیمان نسوز به صورت ترکیب با سیلیس	۲۰۰ تا ۳۰۰ عدد در هر ۶ ماه	کوره احتراق گوگرد	بشکه گیری و اقدام جهت دفع نهایی
۴	ضایعات مربوط به ستون کاتالیست	پنتا اکسیدوانادیوم	۱۲۰۰ لیتر در هر ۶ ماه	ستون کاتالیست	بشکه گیری و ذخیره سازی تحت شرایط ویژه
۵	گرد و غبار حاصل از فرآیند ذوب گوگرد	ذرات معلق گوگرد جامد	۱۲ کیلو گرم در هر ۶ ماه	کل سیستم ذوب گوگرد	نشر در هوا، نشر در خاک، بشکه گیری و انتقال ضایعات حاصل از رفت روب و دفع نهایی
۶	ضایعات حاصل از پاکسازی فیلترهای هوا	گرد و غبار موجود در هوا	۰/۲ کیلو گرم در هر ۶ ماه	فیلتر های هوا	نشر در هوا

جدول ۲- مشخصات ضایعات مایع در واحد سولفوناسیون

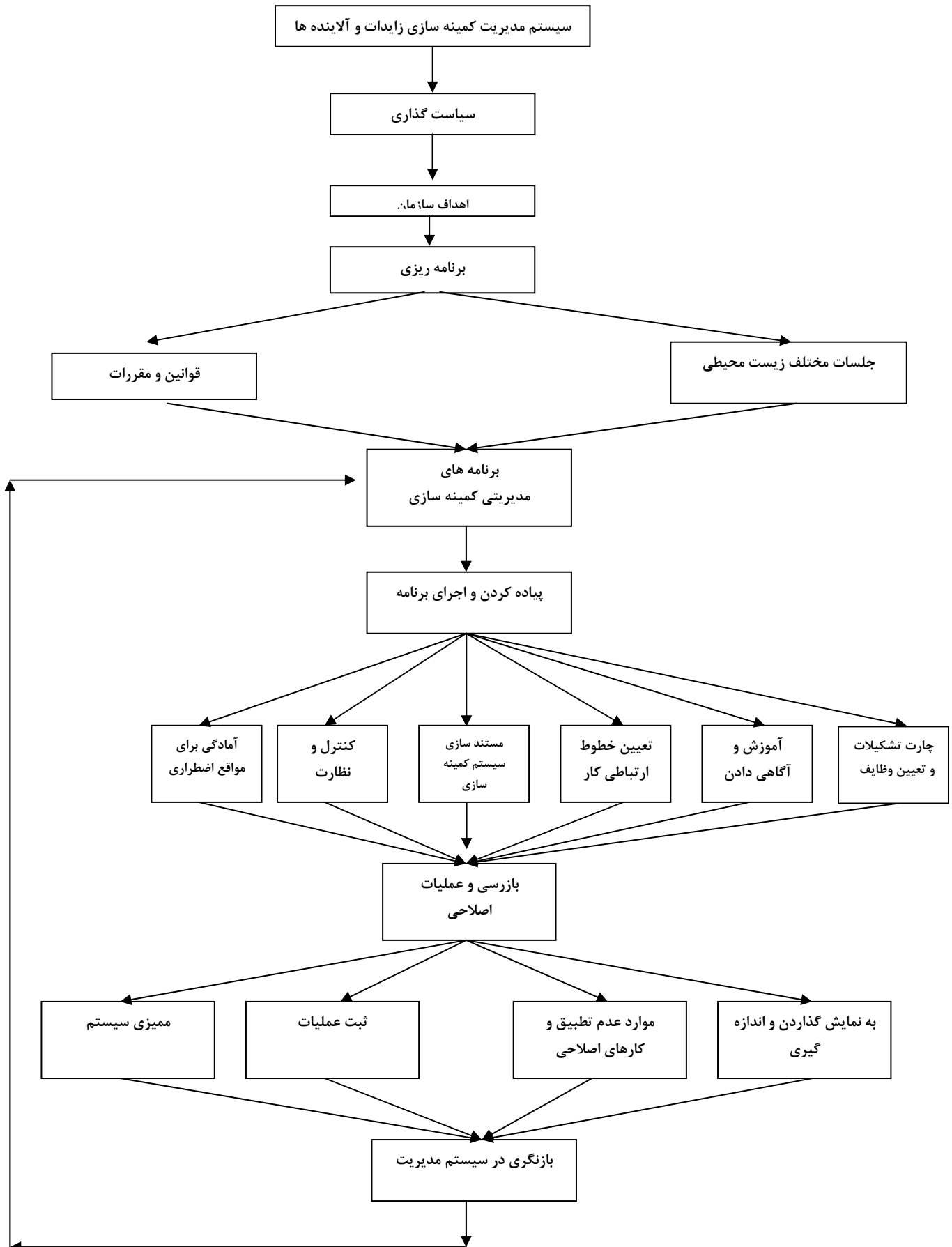
ردیف	عنوان پسماند مایع	نوع ترکیب	میزان تولید	محل تولید	سرنوشت نهایی
۱	اولئوم	اسید سولفوریک دودکننده (H ₂ S ₂ O ₇)	۱۵ کیلو گرم در هر ۲۴ ساعت	مبدل های گاز و راکتورها	بشکه گیری-حمل به تصفیه خانه جهت استفاده برای خنثی سازی خاصیت قلیایی فاضلاب
۲	نمک های سولفیت و سولفات	NO ₂ SO ₃ - NO ₂ SO ₄	۵ تن در هر ۲۴ ساعت	ستون اسکرابر در نتیجه جذب SO ₂	انتقال به اسکرابر پودر جهت مصرف مجدد
۳	ریزش اسید و مواد اولیه	(LAB) RC ₆ H ₄ SO ₂ OSO ₃ H	۴ تا ۵ لیتر در هر ۲۴ ساعت	خطوط انتقال، شیرها و فلنج ها	استفاده مجدد- با نسبت خاصی مجدداً وارد چرخه تولید می گردد.
۴	اولئوم مخلوط به ذرات کربنیزه	H ₂ S ₂ O ₇ +H ₂ SO ₄ +LAB	۲۰ تا ۲۵ لیتر در هر ۲۴ ساعت	استاتیک فیلتر- در اثر شستشوی فیلتر	انتقال به سالن پودر جهت استفاده در فرآیند با نسبت مشخص
۵	ضایعات مربوط به شستشوی راکتور	الکل (C ₆ H ₅ OH) ایتیلیک	۲۰۰ تا ۳۰۰ لیتر در هر ۶ ماه	درون راکتور	به خاطر فرار بودن الکل از محیط به تدریج خارج می شود.

جدول ۳- راهکارهای پیشنهادی کمینه سازی ضایعات مایع واحد سولفوناسیون بهداشت

ردیف	عنوان ضایعات	راهکار پیشنهادی کمینه سازی	میزان تولید قبل از کمینه سازی	محل تولید بعد از کمینه سازی	درصد کاهش ایجاد شده
۱	اولئوم	بالا بردن راندمان رطوبت گیری از هوای اتمسفر در بخش تولید هوای خشک (کاتالیست) - استفاده از گوگرد با درجه مرغوبیت بالاتر	۱۵ کیلوگرم در هر ۲۴ ساعت	۱۳ کیلوگرم در ۲۴ ساعت	٪۱۵
۲	نمک های سولفیت و سولفات	سرویس کاری و تعمیر منظم و سیستماتیک تجهیزات - افزایش مرغوبیت گوگرد مصرفی	۵ تن در ۲۴ ساعت	۴/۸ تن در ۲۴ ساعت	٪۳
۳	ریزش اسید و مواد اولیه	سرویس کاری، تعمیر و تعویض برنامه ریزی شده لوله های انتقال، شیرها و فلنج ها	۵ لیتر در ۲۴ ساعت	۳/۵ لیتر در ۲۴ ساعت	٪۳۵
۴	اولئوم مخلوط به ذرات کربنیزه	بهینه سازی روش های شستشوی استاتیک فیلتر و استفاده از حلالهای فرار مثل الکل	۲۵ لیتر در ۲۴ ساعت	۲۱/۵ لیتر در ۲۴ ساعت	٪۱۵
۵	ضایعات مربوط به شستشوی راکتور	بهینه سازی ساختار راکتور- افزایش کیفیت مواد اولیه مصرفی- افزایش کیفیت فنی تجهیزات جهت کاهش میزان تولید و کاهش مدت زمان توقف و استارت مجدد که موجب ایجاد ضایعات بیشتری می گردد	۱۶ لیتر در ۲۴ ساعت	۱۳ لیتر در ۲۴ ساعت	٪۲۰

جدول ۴- راهکارهای پیشنهادی کمینه سازی ضایعات جامد واحد سولفوناسیون بهداشت

ردیف	عنوان ضایعات جامد	راهکارهای پیشنهادی کمینه سازی	میزان تولید قبل از کمینه سازی	میزان تولید بعد از کمینه سازی	درصد کاهش
۱	لجن گوگرد (Bitumen)	تعمیر و تعویض به موقع فیلترهای تصفیه لجن گوگرد و تهیه گوگرد خالص تر به جهت کاهش میزان لجن تولیدی	۳۰ کیلوگرم در هر پمپاژ	۲۴ کیلوگرم در هر پمپاژ	٪۲۰
۲	خرده های سیلیکاژل (H ₂ SiO ₂)	تعمیر و تعویض به موقع فیلترهای تصفیه هوا جاذب های رطوبتی قبل از ستون سیلیکاژل	۰/۳ کیلوگرم در هر ۲۴ ساعت	۰/۲۵ کیلوگرم در هر ۲۴ ساعت	٪۱۵
۳	ضایعات مربوط به ستون کاتالیست	بهینه سازی فرآیند تولید- حذف کامل رطوبت- کاهش دفعات توقف و استارت مجدد و کاهش ناخالصی های گوگرد مصرفی	۶/۷ لیتر در هر ۲۴ ساعت	۶ لیتر در هر ۲۴ ساعت	٪۱۵
۴	گوی های مربوط به کوره احتراق گوگرد	تغییر در فرمولاسیون ساخت گوی های کوره احتراق گوگرد جهت افزایش مقاومت حرارتی آن ها	۲۰۰ تا ۳۰۰ عدد در هر ۶ ماه	۲۲۰ تا ۲۲۵ عدد در هر ۶ ماه	٪۲۵



شکل ۱- فلوچارت پیشنهادی سیستم مدیریتی کمینه سازی ضایعات (۱۰)

5. Leonard Hill, "Synthetic Detergents", 1967
6. Dr Nicholas P Cheremisinoff, " Solid Waste Management and Waste Minimization Technologies", Handbook of Waste Minimization, 2002
7. Michael Huls. J, "Sustainable Application of Waste Minimization Systems". 2002
8. John Brady, " [Environmental Management in Organizations](#)" ,[The Iema Handbook](#) , 2005
9. Dennis Bley, Vitaly A Eremenko, "[Risk Methodologies for Technological Legacies](#)", 2003
10. Thomas Graedel, Jennifer Howard-Grenville [Greening. "The Industrial Facility: Perspectives, Approaches, and Tools"](#), 2005

نهایتاً با اعمال موارد فوق در تولید ضایعات تا ۱۸٪ کاهش ایجاد شد که محاسبه درصد کاهش از طریق پایش و اندازه گیری ضایعات به صورت هفتگی قبل و بعد از انجام کمینه سازی در مدت ۶ ماه کاری بوده است که این این مقدار مطابق برآورد انجام شده معادل ۸۴ میلیون ریال در سال صرفه جویی مالی دربرخواهد داشت که در مقایسه با هزینه های جاری واحد سولفوناسیون شرکت شیمیایی بهداد، رقم قابل ملاحظه ای است.

منابع

1. Vander Helm D.V. and High K.A., "Waste Minimization by Process Modification", Journal of Environmental Progress, Vol. 15, No. 1, 1996.
2. Proceedings of Asian- Pacific conference on Industrial waste minimization and Sustainable Development' 97.
3. Proceeding of International conference on Industrial waste minimization' 92.
4. Summary of research on waste minimization studies by Japan waste research foundation (JWRF), Journal of waste management, Vol, 16. N. 5-6. 1996.