ارزیابی مخاطرات کوره یک کارخانه سیمان با روش آنالیز بحرانیت حالات شکست و اثرات آن (FMECA)

ایرج علیمحمدی[۱]، فیض الله میرزایی[۲]، علی اصغر فرشاد[۳]

تاریخ دریافت: ۹۰/۰۱/۱۶ تاریخ ویرایش: ۹۰/۰۶/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۰/۰۷/۳۰

چکیده

زمینه و هدف: تکنیک آنالیز بحرانیت حالات شکست و اثرات آن FMECA ، روشی برای شناسایی و آنالیز تمام حالات شکست بالقوه سیستم، اثراتی که این شکست‌ها روی سیستم دارند، چگونگی جلوگیری از این شکست‌ها و یا کاهش اثرات آن‌ها روی سیستم می‌باشد. هدف اصلی این مطالعه شناسایی و تجزیه و تحلیل حالات شکست احتمالی اجزاء و ارزیابی اثرات حالات شکست در سیستم کوره کارخانه سیمان به کمک روش FMECA می‌باشد.

روش بررسی: در این مطالعه ابتدا مرزهای سیستم مشخص شد و سپس سیستم به اجزای آن (سیستم، زیر سیستم و جزء) در یک سطح مشخص و با توجه به اهداف آنالیز تقسیم شد. سپس نتایج آنالیز در کاربرگ های مناسب FMECA ثبت شد. در این آنالیز اثرات نقص روی سیستم و تولید، چگونگی ایجاد نقص و شدت نقص تعیین شد، همچنین اولویت بندی نقایص به منظور اقدامات اصلاحی و همچنین راهکارهای کنترل نقایص ارائه گردید.

یافته‌ها: تعداد نقایص شناسایی شده و بررسی شده با استفاده از روش FMECA، ۱۰۰ مورد بود. بالاترین عدد اولویت ریسک مربوط به نقص پیچیدگی بدنه با RPN=270 بود. پایین‌ترین میزان عدد اولویت ریسک نیز مربوط به دو حالت شکست عدم ایجاد هوا در فن‌ها و عمل نکردن ترمز اصلی با RPN=15 می‌باشد. همچنین بیشترین تعداد نقایص در بدنه کوره یافت شد.

نتیجه گیری: این مطالعه نشان داد که ایجاد یک نقص خود می‌تواند باعث بروز نقایص جدی در اجزا و قسمت‌های دیگر شود. این مطالعه روی اجرای یک سیستم مستند سازی برای ثبت نواقص و رویدادها برای پیشرفت سطح ایمنی ماشین آلات و از طرف دیگر انجام نگهداشت پیشگیرانه برنامه ریزی شده برای کاهش احتمال وقوع نواقص و پیامدهای ناشی از ان تاکید می‌کند.

کلیدواژه‌ها: ایمنی، FMECA، RPN

مقدمه

امروزه با پیچیده‌تر شدن سیستم ها، ایمنی نیز در حال بحرانی شدن می‌باشد. ایمنی می‌تواند بصورت خاصیت یک سیستم که عاری از ریسک‌های غیر قابل قبول باشد تعریف شود. بنابراین لازم است تا ریسک‌ها با یک فعالیت مدیریت ریسک منطقی به سطح قابل قبول کاهش داده شوند[۱]. یکی از عناصر اصلی سیستم های مدیریت ایمنی شناسایی خطرات، ارزیابی ریسک و کنترل آنها می‌باشد که به متخصصین ایمنی کمک می‌کند تا با انجام بررسی‌های لازم توانایی تصمیم گیری منطقی برای کاهش احتمال وقوع حوادث و شدت پیامدهای انها را داشته باشند. بمنظور شناسایی خطرات روش‌های مخت لفی وجود دارد که با توجه به مرحله توسعه فرآیند در طول حیات سیستم، پیچیدگی سیستم، نوع فرایند موقعیت محل، فرهنگ سازمانی، تجربه پرسنل کارخانه و و تخصص اعضای تیم شناسایی خطرات قابل کاربرد است[۲].

مطابق تعریف می توان ایجاد نقص(failure) در یک سیستم را نیز یک حادثه محسوب کرد[۳].

آنالیز ریسک یکی از بهترین رویکردهای شناخته شده برای جلوگیری از عملکردهای نادرست و حوادث می‌باشد[۴]. تکنیک آنالیز ریسک FMECA (آنالیز بحرانیت حالات شکست واثرات آن)، روشی برای شناسایی و آنالیز تمام حالات شکست بالقوه

۱- عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی تهران و مرکز تحقیقات بهداشت کار، تهران، ایران.

۲- (نویسنده مسئول) کارشناس ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، تهران، ایران.

۳- عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی تهران و مرکز تحقیقات بهداشت کار، تهران، ایران.

قسمت‌های مختلف سیستم، اثراتی که این شکست‌ها ممکن است روی سیستم داشته باشند، چگونگی جلوگیری از این شکست‌ها و یا کاهش اثرات آن‌ها روی سیستم می‌باشد[۵،۶،۷].

در واقع یک FMEA بسط یافته بوده، که CA در FMECA نمایانگر بحرانیت (یا شدت) اثرات مختلف می‌باشد [۷].

FMECA ابتدا بصورت یک متدولوژی طراحی در سال ۱۹۶۰ توسط صنعت هوافضای آمریکا ایجاد شد، ارتش آمریکا در سال ۱۹۷۰ شروع به استفاده از آن کرد و در سال ۱۹۷۴ استاندارد نظامی MIL-STD-1629: دستور العمل هایی برای انجام یک آنالیز بحرانیت و اثرات حالات شکست را ارائه داد که در سال ۱۹۸۰ نسخه دوم آن ایجاد شد[۸]. در سال ۱۹۸۸ نیز شرکت خودروی فورد (Ford engine Company) روش RPN را برای انجام FMECA پیشنهاد داده است[9]. امروزه FMECA برای بسیاری از صنایع مهم مانند صنایع نظامی، هسته‌ای، هوافضا، خودرو، صنایع الکتریکی و مکانیکی تطابق یافته است [۹]. کارآمدی روش FMECA باعث شده که از آن علاوه بر صنایع در مراکز دارویی و بهداشتی درمانی بمنظور بهبود وضعیت ایمنی و ارائه خدمات بی نقص به بیماران استفاده شود [۱۲،۱۱،۱۰]. اجرا و انجام آنالیز FMECA نیاز به کارهای آماری پیچیده ندارد ولی از آنجایی که این آنالیز بر مبنای کار گروهی استوار است نیاز به زمان و نیروی انسانی کافی دارد. بدون داشتن اطلاعات کافی در زمینه فرآیند و یا محصول بجای تکیه بر حقایق به یک بازی مبتنی بر حدس و گمان تبدیل خواهد شد. به طور کلی FMECA نقاط تک شکست مورد نیاز اقدامات اصلاحی را شناسایی می‌کند، به روش‌های آزمایش و تکنیک‌های عیب یابی کمک می‌کند، یک اساس و پایه را برای قابلیت اطمینان کیفی، نگهداشت پذیری و آنالیزهای آماری و ایمنی (درخت خطا) فراهم می‌کند، یک تخمین و ارزیابی از نرخ‌های شکست سیستم را فراهم می کند و قسمت‌ها یا سیستم‌هایی که تمایل بیشتری به شکست دارند را شناسایی کرده و در آخر اقدامات اصلاحی را پیشنهاد می‌دهد[۱۳].

در مسیر رشد و توسعه اقتصادی کشورها، ایجاد زیربناهای توسعه‌ای شامل ساخت وساز و گسترش عملیات ساختمان سازی و فعالیت‌های عمرانی از مهمترین عوامل می‌باشد. بنابراین سیمان بعنوان یک کالای استراتژیک در ایجاد زیر ساخت‌های توسعه یک کشور به کار می‌رود. میزان تولید و مصرف سیمان رابطه خیلی نزدیکی با فعالیت ساخت و ساز و عمرانی، و بنابراین فعالیت اقتصادی کل یک کشور دارد[۱۴].

در صنعت سیمان کوره‌ها بعنوان قلب یا رآکتور کارخانه سیمان معرفی می‌شوند که هرگونه نقص یا شکست در آن می‌تواند باعث ایجاد حادثه، قطع و یا افت تولید شود.

هدف از انجام این تحقیق، مطالعه و ارزیابی مخاطرات ایمنی، و تعیین مهمترین نقائص موجود در کوره‌های کارخانه سیمان با استفاده ازروش آنالیز بحرانیت حالات شکست و اثرات آن (FMECA) می‌باشد. همچنین در این مطالعه شدت اثرات و پیامدهای نقایص و روش‌های کنترل آنها و از طرفی دلایل گوناگونی و شدت نقایص ایجاد شده در کوره‌ها مورد بررسی قرار گرفته است.

روش بررسی

مجتمع سیمان آبیک در سال۱۳۴۸ در آبیک قزوین تأسیس گردید. در سال ۱۳۵۲ واحد اول تولید سیمان با ظرفیت اسمی ۳۵۰۰ تن در روز آغاز به کار کرد.

در سال ۱۳۵۷ واحد دوم تولید سیمان این مجتمع به ظرفیت اسمی ۴۰۰۰ تن در روز افتتاح گردید.

ظرفیت تولید در این کارخانه در حال حاضر ۱۲۵۰۰ تن در روز می‌باشد که قرار است طی یک برنامه چند ساله که از سال ۸۶ آغاز شده به ۱۷۰۰۰ تن در روز برسد. چهار مرحله اصلی در تولید سیمان وجود دارد:

الف- خرد کردن و آسیاب کردن مواد خام

ب- ترکیب مواد به نسبت مناسب

ج- پخت مخلوط تهیه شده در کوره (سیستم پخت)

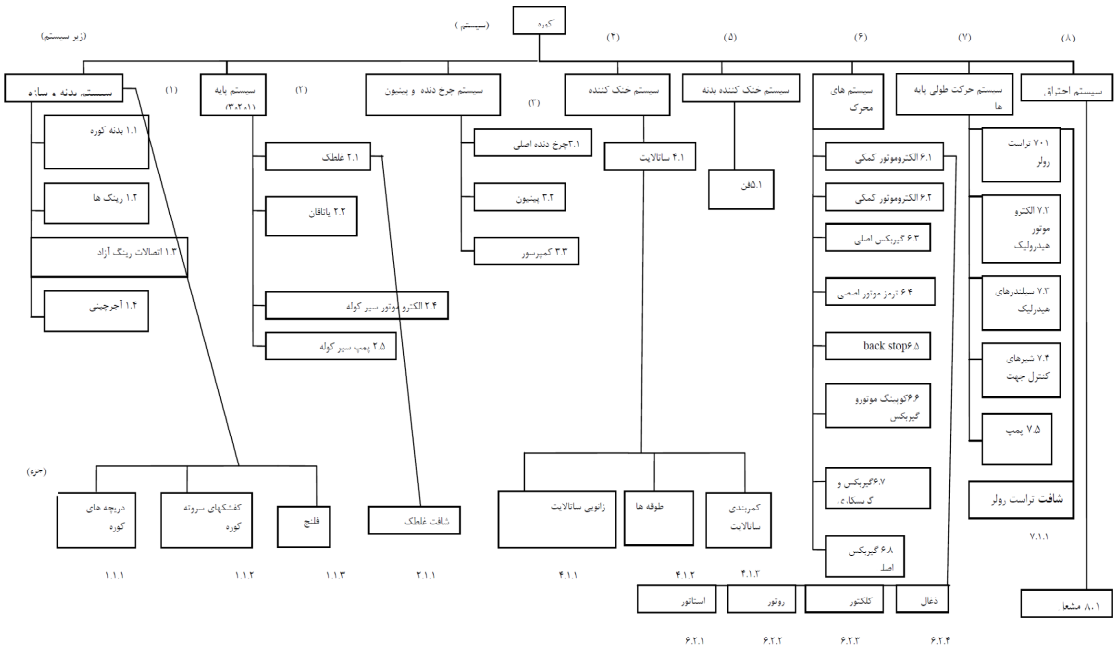
د- آسیاب کردن (نرم کردن) محصول پخته شده که به کلینکر معروف است.

سیستم پخت سیمان شامل سه قسمت "پیشگرمکن"،"کوره"و خنک کن" است. قسمت اصلی عمل پخت در کوره صورت می‌گیرد. کوره‌های پخت سیمان استوانه‌های فلزی بزرگی هستند که طول و قطر آنها متناسب با ظرفیت کارخانه می‌باشد. این استوانه با شیب حدود ۳ تا ۴ درصد روی چند پایه مجهز به غلتک، قرار گرفته و دارای حرکت دورانی می‌باشد. مواد خام پس از طی مسیر پیشگرمکن از انتهای کوره، وارد کوره می‌شوند و به دلیل وجود شیب و حرکت دورانی مواد به سمت خروجی کوره و منطقه پخت سرازیر می‌شوند. در انتهای کوره یک مشعل تعبیه شده که با استفاده از سوختهای مختلف، ایجاد محیط حرارتی با درجه حرارت بالای ۱۴۰۰ درجه سانتی‌گراد را می‌نماید.

کارخانه مورد نظردارای دو خط تولید، یعنی دارای دو کوره می‌باشد. این دو کوره موجود با هم متفاوت بوده، طوریکه در کوره خط یک برای خنک کردن کلینکر از خنک کن مشبک (great cooler) استفاده شده ولی کوره خط دوم دارای خنک کن ساتالایتی (satalaite) می‌باشد. پس از بررسی ها و مشاوره کوره واحد دوم را - بدلیل مدت کارکرد بیشتر، ایجاد نقص‌ها و عیوب بیشتری که در آن اتفاق افتاده، و وجود اطلاعات در دسترس بیشتر- برای انجام آنالیز ریسک انتخاب شد.

دلیل بکارگیری FMECA برای شناسایی و ارزیابی نقص در کوره این بود که سیستم مورد بررسی از اجزای مکانیکی مانند رینگ و غلطک تشکیل شده و فرایندهای دیگر از جمله شیمیایی نقش کمتری دارند.

برای انجام کار ابتدا سیستم تحت آنالیز تعریف شد؛ یعنی مرز های سیستم را مشخص شدند(چه قسمت‌هایی را شامل می‌شود و چه قسمت هایی را شامل نمی‌شود)، وظایف و عملکرد های اصلی سیستم و هر کدام از اجزای آن مشخص شد و شرایط عملیاتی سیستم مورد ملاحظه قرار داده شد. سپس اطلاعاتی که سیستم را توصیف کند شامل نقشه‌ها، طرح‌ها، لیست اجزا وتوصیفات عملکردی و اطلاعاتی راجع به



نمودار۱- دیاگرام سلسله مراتبی

جدول ۱- اولویت بندي نقايص بر اساس RPN

نوع نقص(شکست)	جزء	RPN	نوع نقص(شکست)	جزو	PN
۱- پیچیدگی بدنه	بدنه کوره	۲۷۰	۵۰- کشاد کردن جای بخار	کوپلینگ	۷۵
۲- جدا شدن زره ها و زیگمنت های داخلی	ساتالایت	۲۴۰	۵۱- آبله گونگی دنده ها	گیربکس گریسکاری	۷۵
۳- افتادن زیگمنت های طوقه	ساتالایت	۲۴۰	۵۲- گرفتگی مسیر سوخت	مشعل	۷۲
۴- سوختن نازلها	مشعل	۱۸۰	۵۳- کشاد شدن دهانه خروجی کوره	بدنه کوره	۷۲
۵- کوتاه شدن ذغال	الکتروموتور اصلی	۱۸۰	۵۴- خرد شدن آجر	آجرچینی	۷۲
۶- اتصال ناقص ذغال	الکتروموتور اصلی	۱۸۰	۵۵- گیرپاژ کردن کمپرسور	کمپرسور	۷۲
۷- خلاصی بیش از حد و کمتر از حد چرخ دنده اصلی	چرخ دنده اصلی	۱۸۰	۵۶- عدم جریان هوا	کمپرسور	۷۲
۸- ایجاد ترک در دریچه ها	بدنه	۱۷۵	۵۷- خش افتادگی روی دنده	گیربکس اصلی	۷۲
۹- ریختن آجر	بدنه	۱۷۵	۵۸-ساییدگی و پارگی دندانه ها	پینیون	۷۲
۱۰- تماس بین روتور و استاتور	الکتروموتور اصلی	۱۷۵	۵۹- بالا و پایین رفتن بیش از حد تراست رولر	تراست رولر	۶۴
۱۱ ترک و شکستن کمربندی ساتالایت	ساتالایت	۱۶۸	۶۰ جریان بالا	موتور هیدرولیک	۶۴
۱۲- سوختن و اتصال کوتاه موتور کمکی	موتور کمکی	۱۶۰	۶۱- داغ شدن بابیت یاتاقان	یاتاقان	۶۴
۱۳- کاهش قدرت سیلندرها	سیلندرهای هیدرولیک	۱۶۰	۶۲- سفید کردن بدنه	بدنه	۶۰
۱۴- ترک در قسمت خروجی مواد	بدنه	۱۵۰	۶۳- ساییدگی یا شکست	اتصالات رینگ	۶۰
۱۵- تیز شدن دنده	چرخ دنده اصلی	۱۵۰	۶۴- ایجاد ترک در روی رینگ ها	رینگ کوره	۶۰
۱۶- سایش آجر	آجر چینی	۱۴۷	۶۵- ساییدگی غیر عادی و ترک بر روی رینگ	رینگ کوره	۶۰
۱۷- سرشکن شدن اجر	اجر چینی	۱۴۷	۶۶- ساییدگی ضربه گیر ها	کوپلینگ	۶۰
۱۸- نیم سوز شدن	موتور کمکی	۱۴۰	۶۷- گیر پاژ کردن چرخ های کالسکه	تراست رولر	۶۰
۱۹- لب پریدگی دنده	چرخ دنده اصلی	۱۴۰	۶۸- کج زدن شعله(تراز نبودن)	مشعل	۶۰
۲۰- ترک برداشتن دنده	چرخ دنده اصلی	۱۴۰	۶۹- تیز کردن دنده	گیربکس گریسکاری	۵۴
۲۱= ایجاد انصال کوتاه و از بین رفتن عایق سیم پیچ	الکترو مونور اصلی	۱۴۰	۷۰- عدم حرکت طولی کالسکه	تراست رولر	۵۴
شکستن پوسته بیرونی استاتور	الکترو موتور اصلی	۱۴۰	۷۱ ترک های قسمت رینگ	بدنه کوره	۵۴
۲۲- عدم انتقال صحیح یا یک جهته سیال	سیستم هیدرولیک	۱۳۶	لب پر شدن دنده	گیربکس گریکاری	۴۸
۲۳- افت فشار	کمپرسور	۱۲۰	۷۲- ترک در قسمت مخروطی خروجی کوره	بدنه	۴۵
۲۴- سوختن آجر	آجر چینی	۱۲۰	۷۳- شکستن کوپلینگ	کوپلینگ	۴۲
۲۵- سایش غیر عادی غلطک	غلطک	۱۲۰	۷۳- کجل کردن بلبرینگ	کیربکس اصلی	۴۲
۲۶- حرکت کردن آجر	آجر چینی	۱۱۲	۷۵- ترک برداشتن بدنه ساتالایت	ساتالایت	۴۲
۲۷- شکستن دنده	گیر بکس اصلی	۱۱۲	۷۶- ترک های روی بدنه	غلطک	۴۰
۲۸- قری های بدنه	بدنه کوره	۱۰۸	۷۷- افزایش فشار	کمپرسور	۴۰
۲۹- پارگی یا کنده شدن سطوح اتصال داخلی	اتصالات رینگ آزاد	۱۰۸	۷۸- شکستن شافت	گیربکس اصلی	۴۰
۳۰- شکستن دنده	گیربکس اصلی	۱۰۰	۷۹- باز بودن دهانه فلنج از کوره	بدنه	۳۶
۳۱- شکستن دنده	گیربکس گریسکاری	۹۶	۸۰- ترک در جوش اتصالات زیر و محاور رینگ	بدنه	۳۶
۳۲ توقف یا عدم حرکت دورانی	تراست رولر	۹۶	۸۱ عدم انتقال روغن	پمپ هیدرولیک	۳۵
۳۳- قطع سیم پیچ استاتور	الکترو موتور اصلی	۹۶	۸۲- عمل نکردن back stop	back stop	۳۵
۳۴- انصال سیم پیچ استاتور	الکترو مونور اصلی	۹۶	۸۳- نا هم راستایی کوپلینگ پمپ و الکتروموتورهیدرولیک	سیستم هیدرولیک	۳۲
۳۵- اتصال به بدنه	الکترو موتور اصلی	۹۰	۸۴- ساییدگی و پارگی سطح غلطک	تراست رولر	۳۰
۳۶- عمل نکردن کمپرسور مازوت مشعل موقع توقف	مشعل	۹۰	۸۵- خط افتادن روی کلکتور	الکتروموتور اصلی	۳۰
۳۷- خوردگی داخلی بدنه	بدنه	۹۰	۸۶- قطع کلکتور	الکتروموتور اصلی	۳۰
۳۸- سرج کردن بدنه	بدنه	۹۰	۸۷- اتصال دو یا چند کلکتور به هم	الکتروموتور اصلی	۳۰
۳۹ شکاف و تغییر شکل کفشک های سر و ته کوره	بدنه	۹۰	۸۸ شکستن پوسته یاتاقان	یاتاقان	۲۷
۴۰- شکستگی پیچ در بالشتک های پیچ شده	اتصالات رینگ آزاد	۹۰	۸۹- گیر پاژ کردن چرخ های محرک، مشعل	مشعل	۲۰
۴۱- ترک در اتصالات رینگ آزاد	اتصالات رینگ آزاد	۹۰	۹۰- ریختن بتون	مشعل	۲۰
۴۲- ترک های محیطی در محل جوش ها	بدنه	۸۴	۹۱- شکستن شافت غلطک	غلطک	۲۰
۴۳- ترک در محل اتصال چرخ دنده اصلی	بدنه	۸۳	۹۲- شکستن قطعات موتور کمکی	متور کمکی	۲۰
۴۴- شکستگی دنده	چرخ دنده اصلی	۸۴	۹۳- ترک برداشتن پوسته	گیربکس اصلی	۲۰
۴۵- لب پر شدن دنده	چرخ دنده اصلی	۸۴	۹۴- شکستن شافت	تراست رولر	۱۸
۴۶- تشکیل حفره و کنده شدن سطح غلطک	غلطک	۸۰	۹۵- قطع شدن سوخت	مشعل	۱۶
۴۷- سرخ کردن بدنه ژانویی	ساتالایت	۸۰	۹۶- تشکیل حفره و کنده شدن رینگ	رینگ	۱۶
۴۸ -جمع شدگی بدنه در محل رینگ	بدنه	۷۵	۹۷- عمل نکردن ترمز اصلی	ترمز اصلی	۱۵
۴۹-کجل کردن بلبرینگ	گیربکس گریسکاری	۷۵	۹۸- عدم ایجاد هوای جنک	فن ها	۱۵

طرح‌های مشابه و قبلی و همچنین اطلاعات مورد نیاز از پرسنل تعمیرات و نگهداری و تهیه کنندگان اجزا جمع آوری شد.

با توجه به اطلاعات جمع آوری شده لیست کاملی از اجزای سیستم بهمراه پروسه چگونگی کار و شرایط کاری تهیه شد که برای انجام آنالیز مورد نیاز می باشد. سپس سیستم به اجزاء آن (سیستم، زیر سیستم، جزء) در یک سطح جزئیات مشخص با توجه به اهداف آنالیز طبقه بندی شد که توسط یک دیاگرام سلسله مراتبی نمایش داده شده است. پس از آن کاربرگ‌های مناسب برای انجام آنالیز FMECA با رویکرد Risk, Priority Number (RPN) و همچنین چک لیست میزان شدت (Severity)، احتمال وقوع (Occurance) و ردیابی (Detectability) مورد نیاز

مناسب فراهم شد. با ضرب فاکتور های RPN که هرکدام دارای مقیاسی از ۱ تا ۱۰ می باشند عدد اولویت ریسک نقایص که از ۱تا۱۰۰۰ متغیر بوده بدست می آید. میزانRPN به کمک رابطه RPN= S*O*D محاسبه گردید.

\در تکمیل جداول و کاربرگ‌ها سعی شده است برای هر جز یک کد شناسایی عددی و برای شناسایی حالات شکست متفاوت در هر جز از حروف انگلیسی استفاده شود. در ستون‌های جداول FMECA علاوه بر وظیفه جزء و شناسایی حالات شکست، اثرات شکست و راهکارهای کنترلی آنها نیز ارئه شده است. مقیاس RPN استفاده شده در آنالیز، حالات شکست شناسایی شده را برای انجام اقدامات اصلاحی اولویت بندی می‌کند.

یافته‌ها

در این مطالعه تعداد نقایص و شکست‌های شناسایی شده در کوره و اجزای آن ۱۰۰ نقص بدست آمدند. جدول ۱ حالات شکست شناسایی شده، همراه با جزئی که شکست در آن اتفاق می‌افتد و میزان عدد اولویت ریسک تمام این نقایص را ارائه داده است. با توجه به جدول ۱ مشاهده می‌شود که نقص پیچیدگی بدنه کوره دارای بالاترین میزان عدد اولویت ریسک (RPN=270) می‌باشد. بعد از آن نقایص مربوط به خنک‌کن ساتالایت، یعنی نقایص جدا شدن زره ها و زیگمنت های داخلی و افتادن زره‌ها در طوقه‌های ساتالایت با میزان عدد اولویت ریسک ۲۴۰ قرار دارند.

بیشترین تعداد نقایص در بدنه کوره یافت شد، جاییکه تقریبا تمام عملکرد اصلی کوره شامل فرآیندهای فیزیکی و الکتروشیمیایی پخت و عبور مواد در آن صورت می‌گیرد.

بحث و نتیجه گیری

با بکارگیری روش FMECA با رویکرد RPN برای انالیز کوره سیمان، حالات شکست و مخاطرات ان شناسایی شد و پیشنهادات اصلاحی وکنترلی نیز برای کاهش نقایص احتمالی ارائه شد. در آنالیز کوره سیمان حدود ۱۰۰ مورد نقص شناسایی شد. با مراجعه به جدول RPN مشاهده می شود که بیشترین نقایص در بدنه سیستم رخ داده است. مهمترین نقص، بعبارت دیگر نقصی که بالاترین عدد اولویت ریسک را به خود اختصاص داده، نقص پیچیدگی بدنه (RPN=270) می‌باشد. دلایل اصلی نقص پیچیدگی بدنه تغییر شکل‌های بدنه ناشی از حرارت نامطلوب بدنه، کوتینگ نامناسب، داغی‌های موضعی، سرد کردن نامطلوب کوره متوقف شده و کاستی در راهبری یا نگهداری کوره می باشد. در مواردی که روی میزان حرارت خارج شده از مشعل نظارتی نباشد، باعث ایجاد داغی های موضعی شده که اثر نامطلوب خود را روی بدنه می گذارد. پیچیدگی بدنه اثرات خیلی مهمی را روی کل سیستم کوره گذاشته، یعنی حتی بعضی از اثرات آن نقص تبعی بوده و خود آنها یک نوع نقص با علت و دلایل دیگر و اثرات دیگر بر روی سیستم کوره می‌باشد. از اثرات احتمالی این نقص می توان افزایش بار اعمالی و خسارت به سیستم حرکتی کوره (تراست رولر) را نام برد(۱۵). خود سیستم تراست رولر که مسئول حرکت طولی کوره بوده ممکن است در اثر این فشار باعث افزایش فاصله بین قسمت ورودی کوره و مشعل شده و در نتیجه آسیب به کفشک‌های سر و ته کوره، آسیب به مشعل، آسیب به غلطک و توقف کوره می‌شود. از اثرات دیگر این نقص(پیچیدگی بدنه) اثر روی میزان درگیری چرخ دنده اصلی و پینیون و افزایش فشار و خسارت به غلطک‌ها، یاتاقان‌ها و رینگ‌ها می شود. بنابراین ملاحظه می‌گردد که ایجاد یک نقص خود می‌تواند باعث بروز نقایص جدی گردد. با توجه به این مطلب در تهیه جداول FMECA سعی شده این موضوع مورد توجه قرار گیرد. مهمترین نقص تبعی نیز ریختن آجر نسوز داخل کوره می باشد که از نظر اولویت بندی درمکان چهارم قرار دارد (RPN=175). با بررسی نقایص کوره و مشاهده جداول FMECA مشخص می شود که پیچیدگی بدنه، جمع شدگی بدنه در محل رینگ، ترک های

قسمت رینگ، سرخ کردن و سفید کردن بدنه و ترکهای اتصالات رینگ باعث اثر بر روی اجر های نسوز کوره و ایجاد نقص در آن می شود. خود نقص ریختن آجر نیز باعث دفرمگی بدنه، آسیب پذیری رینگ، کوتاه شدن یا شکستن زیگمنت‌ها و توقف کوره می‌شود. بنابراین علاوه بر ملاحظه و بررسی نقایص با عدد اولویت ریسک بالا برای اقدامات اصلاحی، با مراجعه به نتایج آنالیز FMECA حالات شکستی که باعث ایجاد نقایص تبعی می شوند شناسایی شده و باید در دستور کار برنامه تعمیر و نگهداری بعنوان یک اولویت مهم قرار گیرند. متاسفانه در کارخانه مورد بررسی بعلت عدم وجود یک برنامه نگهداشت پیشگیرانه مناسب و اجرای بازرسی‌های برنامه‌ریزی شده، نقایص ایجاد شده در مراحل اولیه نادیده گرفته می شوند و تا هنگامی که جزء ناقص بکلی خراب نشده در دستور کار تعمیرات و نگهداری قرار نمی‌گیرند. همین امر باعث می شود اثرات مهمی و نقایص تبعی در اجزا و قسمت‌های دیگر سیستم می‌شود که باعث تعمیرات اضافه و هدر رفتن زمان و هزینه برای سیستم خواهد شد. بمنظور حل این مسائل بدون استثنا عملیات بازرسی مداوم و منظم را می توان برای جلوگیری و پیشگیری از تمام نقایص کوره سیمان و اجزای آن بکار برد. بازرسی های مرتب و برنامه‌ریزی شده جهت تشخیص و ضعیت چگونگی کارکرد سیستم و اطلاع از ایجاد نقایص در مراحل اولیه و جلوگیری از پیشرفت آنها بسیار اهمیت دارند. روش پیشگیری موثر دیگری که در جداول FMECA به کرات ذکر شده است، راهبری نرم و آرام کوره و همچنین رعایت دستورالعمل چرخاندن و سرد کردن کوره می باشد.این روش پیشگیری در مورد نقایص پیچیدگی بدنه، جمع شدگی بدنه در محل رینگ، ترک‌های بروی بدنه، و سرخ کردن و سفید کردن کوره کاربرد دارد و می‌تواند از ایجاد نقایص و یا حداقل از پیشروی آنها جلوگیری کند(۱۶). برای کاستن میزان RPN ها و در نتیجه کاهش حالات شکست احتمالی، اصولی‌ترین و بهترین راه حل، انجام نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه می باشد. راهکارهای کنترلی پیشنهادی برای جلوگیری یا کاهش این نقایص نیز در جداول آمده است. برای هر نقص اقدامات پیشگیری در اولویت می‌باشد. اقدامات پیشگیری هزینه کمتر و راندمان بالاتری دارد. اما باید توجه داشت که انجام این

اقدامات به برنامه ریزی دقیق و ثبت اطلاعات، دانش فنی، آموزش مناسب پرسنل و اهمیت قایل شدن به آن از طرف مدیریت احتیاج دارد. اقدامات جبرانی و تعمیراتی نیز برای برخی نقایص پیشنهاد شده که در مورد اقدامات تعمیراتی نیز بطور کلی می توان گفت که بسیار هزینه بر و زمان گیر می باشند. در ستون آخر جداول نیز مقدار RPN اصلاح شده وجود دارد که بر پایه تخمین فرضی بعد از اقدامات اصلاحی می‌باشد.

این مطالعه نشان داد که ایجاد یک نقص خود می‌تواند باعث بروز نقایص جدی در اجزا و قسمت‌های دیگر شود. همچنین بیان می کند که از طریق آنالیز FMECA می‌توان این نقایص را شناسایی و مستند کرد و باید به نقایص ایجاد کننده نقایص تبعی در کنار نقایص با عدد اولویت بالا توجه شود و برای اقدامات اصلاحی در اولویت قرار گیرند.

این مطالعه روی اجرای یک سیستم مستند سازی برای ثبت نواقص و رویدادها برای پیشرفت سطح ایمنی ماشین آلات و از طرف دیگر انجام نگهداشت پیشگیرانه برنامه ریزی شده برای کاهش احتمال وقوع نواقص و پیامدهای ناشی از ان تاکید می‌کند.

منابع

1. Guiochet J. , and Baron C., UML based risk analysis-Application to a medical robot, Wiley-Blackwell. 2004,1.
2. Greenberg Haris R., Cramer Joseph J. Risk Assessment and Risk Management for the Chemical Industry, First Edition, New York, Van Nostrand Reinhold, 1991,2,3
3. Adl J. Negahi be Mohandesi Imeni va Naghshe an dar Tarahi, Sakht, Bahrebardari,Tamir va Negahdari-e- Dastgahha.Tehran,Health of

Faculty of Tehran University if Medical Sciences; 1991.123 [Persian]

4. Mili, A., Siadat A., et al. Dynamic management of detected factory events and estimated risks using FMECA., 2008, 1204

5. Becker J., Flick G., et al, A practical approach to failure mode, effects and criticalityanalysis (FMECA) for computing systems.1996, 227

6. Bertolini M., Bevilacqua M., et al. "FMECA approach to product traceability in the food industry." Food Control, 2006 , 140

7. Rausand M. , and Høyland A., System reliability theory: models, statistical methods, and applications, Wiley-Interscience.2004, 1-1

8. Chang k.h. c., c. y. c. c.h., "reprioritization of failure in a silane supply system using an intuitionistic fuzzy set ranking techniqe." ,2009, 1

9. Bowles, J., The new SAE FMECA standard, 1997, 48

10. Saizy-Callaert S., Causse R., A. Thébault, Chouaïd C. Failure Mode, Effects and Criticality Analysis (FMECA) as a means of improving the hospital drug prescribing process" Therapie. 2001 Sep-Oct; 56(5):525-31.

11. Williams E., Talley R. The use of failure mode effect and criticality analysis in a medication error subcommittee" Hosp Pharm. 1994 Apr; 29(4):331-2, 334-6, 339.

12. Hergon E., Crespeau H., Rouger P. Failure mechanisms in the transfusion process. Importance of anticipatory operational safety analysis" 1994; 1(5):379-86.

13. Standard M., Procedures for performing a failure mode, effects and criticality analysis, MIL-STD-1629A. Department of Defense, Washington, DC, 1980,

14. Hendriks1 C.A., and et all.' Emission Reduction ofGreenhouse Gases from theCement Industry', 1ECOFYS, P.O Box 8408, NL-3503 RK Utrecht, the Netherlands, 2004, 1

۱۵. بررسي ايمني سنگ شكن معادن سنگ گچ ساران به كمك روش چگونگي نقص و تجزيه و تحليل اثرات آن (FMEA)،ايرج علي محمدي، جواد عدل، پايان نامه كارشناسي ارشد مهندسي بهداشت حرفه اي، ۱۳۷۵

۱۶. مقايسه ايمني كوره هاي موجود در دو كارخانه توليد گچ به وسيله روش تجزيه و تحليل شكست و آثار آن (FMEA) . ايرج علي محمدي، جواد عدل. سلامت كار ايران، دوره پنجم، شماره ۱و۲ ، بهار و تابستان ۱۳۸۷.

Assessment of hazard kiln cement factory with Failure Mode Effects and Criticality Analysis (FMECA)

I Alimohammadi[1], F Mirzaei[2], A.A Farshad[3]

Received: 2011/049/05 Revised: 2012/09/19 Accepted: 2012/10/22

Abstract

Background and aims: Technique of Failure Modes Effects and Criticality Analysis, FMECA, is a method for identifying and analyzing all potential failure modes of a system.This technique is used to prevent failures and to reduce their effects on the system. The main goal of this study was identifying and analyzing of the potential failure modes and assessing the effects of failures in the cement kiln by FMECA method.

Methods: First the boundaries of the system were determined and then system was divided into its components (systems and subsystems) at a specified level with respect to the analysis goals. Then, effects of failures on production and system were appointed and causes and severity of failures were determined. Finally the results were recorded in FMECA appropriate worksheet. Meanwhile failure priority was presented.

Results: Totally one hundered failures were identified. While the highest risk priority number was related to body warping with RPN = 270, the lowest risk priority numbers (RPN=15) were associated to lacking of air supply by fan and unproperly acting of the main brake of kiln. The maximum frequency of failures was found in the kiln body.

Conclusion: This study indicated that one failure may lead to other defects in various components of the system itself. Therefore, the implementation of a documentation system to record defects was emphasized in order to improve the machinery safety level. Furthermore, it can be concluded that a planned preventive maintenance could effectively decrease the probability of failures and number of defects consequently.

Keywords: Safety, FMECA, RPN.

1. Assistsnt Professor of Occupational Health Department, occupational health research center Tehran University of Medical Scienes, Tehran, Iran.
2. (**Corresponding author**) MS in Occupational health engineering.
3. Associate Professor of Occupational Health Department, occupational health research center Tehran University of Medical Scienes, Tehran, Iran.