Archive of SID

تعیین کمی ریسک حریق وانفجار در یک واحد فرایندی به روش شاخص حریق وانفجار DOW

سعید احمدی[۱]، جواد عدل[۲]، سکینه ورمزیار[۳]

چکیده

زمینه و هدف: خطر آتش سوزی وانفجار به ترتیب از اولین ودومین خطرات اصلی درصنایع فرایندی است. این مطالعه به منظورتعیین شدت ریسک حریق وانفجار،شعاع درمعرض وبرآوردمحتمل ترین خسارت انجام شد.

روش بررسی: دراین مطالعه کمی واحدفرایندی موردنظر بر اساس پارامترهای تأثیرگذار بر ریسک حریق وانفجار انتخاب شد. سپس بااستفاده از روش شاخص حریق وانفجار DOW (F&EI) مورد آنالیز قرار گرفت. اطلاعات فنی مورد نیاز برای محاسبه شاخص از اسناد فرایندی، راهنمای شاخص وگزارشات موجود بدست آمد پس از محاسبه شاخص، شعاع درمعرض خطر تعیین و محتمل ترین خسارت واقعی برآورد گردید.

یافته‌ها: شاخص حریق وانفجارواحد فرایندی تحت مطالعه ۲۲۶ محاسبه شد که شدت ریسک معادل با آن شدید وغیرقابل پذیرش بود. ازطرفی شعاع خطرودرصدآسیب به تجهیزات موجوددراین ناحیه به ترتیب ۵۷ مترو۸۳ درصد تعیین گردید. به علاوه محتمل ترین خسارت واقعی ۶/۷ میلیون دلار برآورد شد.

نتیجه گیری: شاخص حریق وانفجار یک تکنیک مناسب برای ارزیابی ریسک وبرآورد خسارات ناشی از حریق و انفجار صنایع فرآیندی و برای تعیین نقاط پرخطر وکم خطر یک صنعت است. در این تکنیک مجموعه عوامل تأثیر گذار بر ریسک حریق و انفجار بصورت شاخصی نمایش داده می شود که مبنایی برای قضاوت درجهٔ ریسک است. ازطرفی خسارات برآورد شده می توانند به عنوان مبنایی برای حق بیمه ناشی از انفجار وآتش سوزی قرار گیرند.

کلیدواژه‌ها: شاخص حریق وانفجار،واحدفرایندی،ریسک، خسارت

مقدمه

خطر آتش سوزی وانفجار به ترتیب از اولین ودومین خطرات اصلی در صنایع فرایندی محسوب می شوند [۱]. فرایند اکسیداسیون سریع دردماهای بالا را که با تولید محصولات گازی گرم وانتشار تشعشعات مرئی وغیر مرئی همراه می باشدرا حریق تعریف کرده اند. در ضمن، آزاد سازی ناگهانی و شدید انرژی یا آزاد شدن سریع گاز با فشار زیاد به محیط را انفجار گویند. اگر چه خطرات انفجار بزرگترین خسارات را در صنایع فرایندی بوجود می آورند. اما حوادث حریق به دلیل وسعت آن جدی تر از انفجار می باشند[۲،۱]. محیط مطالعاتی این پژوهش یکی از صنایع پتروشیمیایی کشور است. خطر حریق و انفجاردراین صنایع همواره به دلایلی چون قابلیت اشتعال و واکنش پذیری مواد، نشتی، دما و فشار، هزینه های ناشی از وقفه در تولید، ارزش تجهیزات وغیره از اهمیت فوق العاده ای برخوردار است [۳].

لذا با توجه به اهمیت خطر حریق و انفجار و به منظورکنترل این خطرها یا ایمن سازی صنعت مورد بحث باید خطرات مذکور دقیقاً مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند، نقاط بحرانی شناسایی و راههای مبارزه و کنترل مشخص گردند.

۱- (نویسنده مسئول) مربی گروه بهداشت حرفه ای دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی قزوین (email: saeidahmad@gmail.com)
۲- استادیار گروه بهداشت حرفه ای دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران
۳-پژوهشگر

www.SID.ir

Archive of SID

نمودر ۱- مراحل تعیین شاخص حریق و انفجار

شناسایی خطرات و تعیین درجهٔ آسیب پذیری فرایند های صنعتی توسط تکنیک های مختلفی قابل اجرا است . یکی از این تکنیک ها شاخصهای خطر می باشند. شاخص های خطر با بررسی کلیه فاکتورهای تأثیر گذار بر آیتم مورد اداره گیری به صورت کمی محاسبه می شوند. با اجرای شاخص های خطر در واحدهای فرایندی مختلف یک صنعت نقاط با سطح ریسک بالا شناسایی می شوند و واحدهای فرایندی یک کارخانه را براساس سطح ریسک عمومی آنها طبقه بندی می کنند. به علاوه با شناسایی نقاط پرخطر راه حلهای کنترلی را برای کاهش ریسک های غیر قابل پذیرش ارائه می دهند . شاخصهای خطر در روشی نسبتاً ساده و کامل ریسک کلی واحدهای فرایندی را به سرعت محاسبه می کنند، به سطح بالایی از تخصص نیاز ندارند، با استفاده از امتیازهای ویژه تفسیر نتایج را آسان می‌کنند، به جزئیات دقیق فرایند نیاز ندارند [۴،۷].

از اصلی ترین شاخصهای خطر می توان به شاخص خسارت متوسط سالانه (Instantaneous Fractional Annual Loss Index=IFAL)، شاخص حریق ، انفجار وسمیت موند (MONDنام شرکت ارائه دهنده)، شاخص خطر وزنی ایمنی (hazard Index =SWEHI Safety Weighted)، و شاخص ایمنی ذاتی (Safety Index=ISI Inherent) اشاره کرد[۸].

یکی از پرکاربردترین و جامعترین شاخصهای خطر که در این مطالعه از آن بهره گرفته شده سیستم شاخص حریق و انفجار DOW (DOW's Fire and Explosion Index) است[۴]. در این سیستم ترکیبی از پارامترهای تأثیر گذار بر ریسک حریق وانفجار به صورت کمی نمایش داده می شود که شاخص حریق وانفجار نامیده می‌شود. Etowa و همکاران در سال ۲۰۰۲ شاخص حریق و انفجار DOW را برای مخازن ذخیره متیل ایزوسیانات حادثه بوپال هند که بیش از ۲۰۰۰۰ نفر کشته و زخمی برجای نهاد عدد ۲۳۸ محاسبه کرده اند. شدت خطر معادل با این عدد در گروه شدید طبقه بندی شد[۳].

از آنجائی که اجراء تکنیکهای کلاسیک ارزیابی ریسک (نظیر FTA، HAZOP) برروی کلیه بخشهای صنعت بسیار وقت گیروپرهزینه است لذا برای صرفه جوئی دروقت وتمرکز فعالیتهای کنترل حریق وانفجار در بخشهای مهم وبحرانی صنعت، استفاده از چنین شاخصهایی، مخصوصاً برای شناسایی بحرانی ترین بخشها اجتناب ناپذیراست. پس از شناسایی بحرانی ترین بخشها می توان با بهره جستن از تکنیک های کلاسیک آن را دقیق تر وجزئی تر ارزیابی کرد. در این پژوهش اهداف ذیل دنبال می شوند:

- تعیین شاخص حریق و انفجار که در واقع تعیین سطح ریسک واحد فرایندی تحت بررسی است .
- تعیین شعاع و مساحت ناحیهٔ در معرض خطر حریق و انفجار
- بررسی سیستمهای کنترل فرایند و تعیین محتمل ترین خسارت ناشی ازحریق وانفجار

www.SID.ir

Archive of SID

موقعیت : مجتمع پتروشیمی موردمطالعه	واحد تولید کننده : کارخانه آروماتیک	واحدفرایندی: برج عریان ساز
شرایط عملیاتی : نرمال	مواد واحد فرآیندی : نفتا ، متان ، اتان ، پروپان ، بوتان	ماده /مواد اصلی جهت تعیین فاکتور مواد: نفتا
فاکتور مواد :۱۶	فاکتور مواد تصحیح شده : ۲۱	

۱- خطرات عمومی فرایند		حدودفاکتور جریمه	فاکتور جریمه انتخاب شده
فاکتور پایه		۱	۱
A . واکنش شیمیایی گرما زا		۰/۳۰- ۱/۲۵	۰/۰۰
B. فرآیندهای گرماگیر		۰/۲۰ – ۰/۴۰	۰/۰۰
C . انتقال ، جابجایی و انبار کردن مواد		۰/۲۵ -۱/۰۵	۰/۰۰
D. واحدهای فرآیند ی محصور شده یا داخلی		۰/۲۵ – ۰/۹۰	۰/۰۰
E. دسترسی		۰/۲۰- ۰/۳۵	۰/۰۰
F. زه کشی و کنترل نشتی		۰/۲۵-۰/۵۰	۰/۵۰
فاکتور خطرات عمومی فرآیند (F_1)			۱/۵۰
۲- خطرات خاص فرآیند			
فاکتور پایه		۱	۱
A. مواد سمی		۰/۲۰ – ۰/۸۰	۰/۸۰
B .فشار کمتر از اتمسفر (< ۵۰۰ mmHg)		۰/۵۰	۰/۰۰
C . فشا ر	۲۰۰ Psig : فشار عملیاتی ۲۲۶ Psig : فشار تنظیمی		۰/۵۲
D. کم دمایی		۰/۲۰ – ۰/۳۰	۰/۰۰
E . مقدار مواد قابل اشتعال / ناپایدار			۱/۹
F . خوردگی و فرسایش	۰/۲۶۸ mm/year	۰/۱۰ - ۰ /۷۵	۰/۵۰
G . نشتی		۰/۱۰ - ۱/۵۰	۱/۵۰
H . استفاده از تجهیزات مشتعل			۰/۴۰
I . سیستم تبادل گرمایی گازوئیل داغ		۰/۱۵ - ۱/۱۵	۰/۰۰
J . تجهیزات دوار		۰/۵۰	۰/۵۰
فاکتور خطرات خاص فرآیند (F_2)			۷/۱۲
فاکتور خطرات واحد فرآیند	$F_1 \times F_2 = F_3$		۱۰/۸
شاخص حریق و انفجار DOW	$F_3 \times MF = F\ \&\ EI$		۲۲۶
شعاع درمعرض خطر(m)	$R(m) = F\&EI * 0.256$		۵۷
مساحت درمعرض خطر(m^2)			۱۰۲۰۱

جدول ۱- فرم شاخص حریق و انفجار DOW

روش بررسی

الگوریتم محاسبهٔ شاخص حریق وانفجار در شکل شمارهٔ ۱ مشاهده می شود[۶،۱۰،۱۱]. در پژوهش حاضر اطلاعات لازم از اسناد فرایندی ، راهنمای حریق و انفجار ، گزارشات اندازه گیری پارامترهای عملیاتی ، استانداردهای مربوطه ، مصاحبه ومشاوره با مسئولین بدست آمد. در ابتداء با در نظر گرفتن فاکتورهایی نظیر اشتعال پذیری و واکنش پذیری مواد، مقدار مواد خطرناک، دما و فشار عملیاتی، برج عریان ساز ناحیه سولفورزدایی یکی از کارخانجات آروماتیک کشوربه عنوان واحد فرایندی برای انجام این تحقیق درنظر گرفته شد. سپس فاکتورمواد براساس درجهٔ اشتعال پذیری و درجهٔ واکنش پذیری مواد تعیین واز نظر دمایی تصحیح شد[۶،۱۳]. در ادامه فاکتورهای خطرات عمومی(F_1) و خاص(F_2) فرایند توسط آیتم های ویژه ای که در فرم شاخص (جدول شماره۱) نشان داده شده بررسی شدند. پس از بررسی شرایط فرایند فاکتور جریمهٔ ویژه ای از محدودهٔ عددی ارائه شده برای هریک از آیتم ها انتخاب شد. به تناسب افزایش شرایط خطرناک یا نواقص میزان جریمه نیز افزایش خواهد یافت. درجریمهٔ صفر آیتم مورد نظر خطری را برای واحد فرایندی ایجاد نمی کند. برای تعیین جریمهٔ هر یک از آیتمهااز پارامترهای عملیاتی (مثل دما، فشار و ...) و معیارهای تأثیر گذار بر ریسک استفاده شد. برای مثال چنانچه مسیرهای دسترسی کافی و تجهیزات اطفاء کننده

www.SID.ir

Archive of SID

	ویژگی کنترلی	حدود فاکتور اعتبار	فاکتوراعتبار استفاده شده	ویژگی کنترلی	حدود فاکتور اعتبار	فاکتور اعتبار استفاده شده
فاکتور حفاظت از حریق C_1	a. تشخیص نشتی	۰/۹۸ -۰/۹۴	۰/۹۸	f . پرده های بخار	۰/۹۸ -۰/۹۷	۱
	b . ساختار فولادی	۰/۹۸ -۰/۹۵	۰/۹۸	g . فوم	۰/۹۷ -۰/۹۲	۱
	c . تأمین آب حریق	۰/۹۷ -۰/۹۴	۰/۹۴	h . مونیتورها/ اطفاء کننده	۰/۹۸ -۰/۹۳	۰/۹۸
	d . سیستمهای ویژه	۰/۹۱	۱	i حفاظت کابل	۰/۹۸ -۰/۹۴	۰/۹۶
	e .اسپرینلکر	۰/۹۷ -۰/۷۴	۰/۹۷			
			C_1 = ۰/۸۲			
فاکتور جداسازی مواد C_2	j. شیر کنترل راه دور	۰/۹۸ -۰/۹۶	۰/۹۸	l . زه کشی	۰/۹۷ -۰/۹۱	۰/۹۷
	k . تخلیه سریع	۰/۹۸ -۰/۹۶	۰/۹۶	m. قفل خودکار	۰/۹۸	۱
			C_2 = ۰/۹۱			
فاکتور کنترل فرآیند C_3	n. نیروی محرکهٔ اضطراری	۰/۹۸	۱	r . گازهای خنثی	۰/۹۶ -۰/۹۴	۱
	o.سیستم سردکننده	۰/۹۹ -۰/۹۷	۱	s . دستورالعمل عملیاتی	۰/۹۹ -۰/۹۱	۰/۹۵
	p.کنترل انفجار	۰/۹۸ -۰/۸۴	۱	t . آنالیزهای خطر فرآیند	۰/۹۸ -۰/۹۱	۰/۹۶
	q. خاموش کردن اضطراری	۰/۹۹-۰/۹۶	۰/۹۸	u.کنترل کامپیوتری	۰/۹۱ -۰/۹۳	۰/۹۸
			C_3 = ۰/۸۸			
			$C = C_1 \times C_2 \times C_3$ = ۰/۶۴			

جدول۲ - فرم فاکتور اعتبار کنترل ضرر وزیان در برج عریان ساز

اضطراری برای واحد فرآیندی در نظر گرفته باشند جریمهٔ آیتم دسترسی صفردرغیر این صورت به آن جریمه خاصی تعلق می‌گیرد. روش محاسبه شاخص در جدول شماره ۱ مشاهده می‌شود. پس از محاسبه شاخص، محتمل ترین خسارت واقعی با در نظر گرفتن اقدامات ایمنی وکنترلی موجود تعیین گردید. اقدامات ایمنی و کنترلی موجود، همانطور که در جدول شماره ۲ مشاهده می شود تحت عنوان فاکتوراعتبار کنترل ضرر و زیان (Loss Control Credit Factor) در سه بخش جداگانه بررسی شد. برای هر یک از این ویژگیهای کنترلی با توجه به درجهٔ حفاظتی و کارایی آن در کاهش پیامدها فاکتور اعتبار ویژه ای از این محدوده عددی انتخاب گردید. حداکثر فاکتور اعتبار عدد یک و حداقل آن صفر است که به ترتیب بیانگر حداکثر وحداقل درجه حفاظتی است.

نتایج

۱- محاسبهٔ شاخص حریق و انفجار و ناحیهٔ در معرض خطر

مواد تشکیل دهندهٔ برج عریان ساز عبارتند از : نفتا، متان، اتان، پروپان، بوتان، هیدروژن، سولفید هیدروژن و آمونیاک. در حدود ۹۵ درصد وزنی از این اجزاء نفتا و مجموع سایر ترکیبات ۵ درصد وزنی را تشکیل می دهند که بسیار ناچیز و در محاسبهٔ فاکتور مواد حذف می شوند. با توجه به درجهٔ اشتعال پذیری (۳ =Nf) و درجهٔ واکنش پذیری (۰ = Nr) نفتا فاکتور مواد آن ۱۶ بدست آمد. این فاکتور برای شرایط دمایی محیطی (۶۰ درجه سانتیگراد) است لذا در شرایط دمایی برج تصحیح شد که برابر ۲۱ است [۶،۱۳].

فاکتورجریمه اختصاص یافته به هر یک از آیتم های بررسی شده در فرم شاخص حریق وانفجار (جدول شماره ۱) مشاهده می شود. نتایج تعدادی از مهمترین آیتم های تأثیر گذار برریسک حریق و انفجار برج عریان ساز به شرح ذیل است :

دسترسی: جاده های فرعی اطراف واحد فرایندی حداقل از دو جهت دسترسی سریع به برج را میسر می سازند. علاوه برآن تجهیزات اطفاء حریق در فاصلهٔ امن نسبت به برج قرار دادند. لذا در صورت وقوع حریق و انفجار دسترسی سریع به این ناحیه فراهم است، بنابراین آیتم دسترسی جریمه ای دریافت نکرد.

زه کشی و کنترل نشتی: حوضچهٔ سیستم زه کشی کارخانه با حجم مناسب توانایی پذیرش مجموع مایعات هیدروکربنی آزاد شده از برج و آب آتش نشانی مورد استفاده در شرایط اضطراری را دارد. اما وجود رسوبات بر جدارهٔ کانالهای زه کشی مانع از هدایت سریع مایعات به حوضچه شده و اکثر اوقات مجاری مملو از مایعات می باشندکه نتیجه آن تجمع مایعات هیدروکربنی در سطح کارخانه است. این شرایط برشدت حوادث حریق و انفجار در شرایط اضطراری می افزایند بنابراین ماکزیمم فاکتورجریمهٔ

www.SID.ir

Archive of SID

۱- شاخص حریق و انفجار (F&EI)	۲۲۶	
۲- شعاع تماس (متر)	۵۷	
۳- ناحیه تماس (مترمربع)	۱۰۲۰۱	
۴- ارزش تجهیزات در ناحیه تماس (میلیون دلار)		۱۲/۷
۵- فاکتور آسیب (درصد آسیب)	۸۳	
۶- محتمل ترین خسارت پایه(میلیون دلار) [۵ × ۴]		۱۰/۵
۷- فاکتور اعتبار کنترل ضرر و زیان	۰/۶۴	
۸. محتمل ترین خسارت واقعی(میلیون دلار) [۷ × ۶]		۶/۷

جدول ۳ - فرم خلاصه تجزیه و تحلیل ریسک واحد فرایندی برج عریان ساز

برای این آیتم انتخاب شد.

مواد سمی: سمی ترین مادهٔ موجود در برج عریان ساز گاز سولفید هیدروژن با درجهٔ خطر بهداشتی ۴ است . بنابراین ماکزیمم فاکتورجریمهٔ ۰/۸ برای این آیتم تعیین گردید.

نشتی: در برج عریان ساز از چشمی شیشه ای برای قرائت سطح مایع داخل آن استفاده می گردد. کاربرد چنین وسایلی در طراحی تجهیزات فرایندی بالاترین ریسک نشتی را دارد. زیرا شکستن ناگهانی شیشه باعث آزاد سازی حجم زیادی از مواد قابل اشتعال به محیط می شود. بنابراین ماکزیمم جریمهٔ ۱/۵ به این آیتم اختصاص یافت.

سرعت خوردگی بالا، کوره های اطراف برج ، تجهیزات دوار با توان کاری خطرناک و فشار عملیاتی سایر فاکتورهایی هستند که باعث افزایش ریسک حریق و انفجار برج عریان ساز شدند.

همانطور که در فرم شاخص حریق وانفجار مشاهده می شود فاکتور خطرات عمومی وخاص فرایند به ترتیب ۱/۵۰ و ۷/۱۲ و در ادامه شاخص حریق و انفجار برج عریان ساز ۲۲۶ محاسبه شد. شدت ریسک حریق و انفجار این واحد فرآیندی در گروه شدید (F & EI>۱۵۸)طبقه بندی شده و ریسک آن غیر قابل پذیرش (F& EI >۱۲۸)است . شعاع درمعرض خطر ۵۷متر و مساحت این ناحیه ۱۰۲۰۱ متر مربع بدست آمد.

۲- تعیین محتمل ترین خسارت و فاکتور اعتبار کنترل ضرر و زیان

همانطور که در فرم خلاصه تجزیه و تحلیل ریسک واحد فرآیندی (جدول شماره ۳) مشاهده می شود ارزش جایگزینی تجهیزات ناحیهٔ در معرض خطر با تجهیزات نو ساخت مشابه ۱۲/۷میلیون دلار، درصد آسیب به تجهیزات موجود در این ناحیه ۸۳ و محتمل ترین خسارت پایه ۱۰/۵ میلیون دلار برآورد شد. برای تعیین اقدامات کنترلی وایمنی موجود ، ویژگیهای کنترلی واحد فرایندی موردمطالعه بررسی شدکه فاکتور اعتبار اختصاص یافته به هریک از آنهادر فرم فاکتور اعتبار کنترل ضرر و زیان (جدول شماره ۲) مشاهده می شود. نتایج تعدادی از ویژگیهای کنترلی به شرح ذیل است:

تشخیص نشتی: کاشف های گازهای قابل اشتعال در سرتاسر ناحیهٔ تحت بررسی نصب شده ودارای عملکرد مطلوب هستند. این کاشفها فقط گازهای نشت کرده را شناسایی و آلارم می دهند. اما قادر به فعال کردن سیستم حفاظتی نیستند. بنابراین فاکتور اعتبار ۰/۹۸ به آن اختصاص یافت.

ساختار اسکلتی: ساختار اسکلتی ساختمان کارخانهٔ و بخشهای پایینی برج عریان ساز تاارتفاع ۵ متر با بتون عایق شده اند. فاکتور اعتبار معادل با این ارتفاع از ضد حریق کردن برابر ۰/۹۸است.

پرده های بخار: پرده های اسپری بخار بمنظور کاهش دسترسی گاز ها وبخارات آزاد شده به مشعل کوره ها در پیرامون آنها طراحی شده است . این پرده ها به روش دستی فعال شده و فاقد سیستم های تشخیص برای فعال کردن خودکار آنها است . لذا امکان اشتعال گازها و بخارات قبل از فعال کردن پرده بخار توسط اپراتورها وجود دارد ، به همین جهت برای این بخش فاکتور اعتبار ۱ در نظر گرفته شد.

همانطور که در فرم فاکتور اعتبار کنترل ضرر و زیان (جدول ۲) مشاهده می شود به تعدادی از ویژگیهای کنترلی فاکتور اعتبار ۱ اختصاص یافته است . چنین ویژگیهایی نظیر نیروی محرکهٔ اضطراری، سیستم های سرد کننده و .... در واحد فرایندی برج عریان ساز وجود ندارند یا اینکه نظیر پرده های بخار معیارهای ایمنی لازم را برای کنترل ضرر و زیان دارا نمی باشند.

پس از محاسبهٔ فاکتورهای اعتبار حفاظت از حریق (C_1 =۰/۸۲) جداسازی مواد (C_2 =۰/۹۱) و کنترل فرایند (C_3=۰/۸۸) از حاصلضرب ۳ فاکتور فوق فاکتور اعتبار کنترل ضرر وزیان C=۰/۶۴ تعیین می شد. در ادامه با توجه به فاکتوراعتبار وخسارت پایه محتمل ترین خسارت واقعی ۶/۷ میلیون دلار برآوردشد. (جدول ۳)

بحث

بر اساس راهنمای شاخص حریق وانفجار شدت ریسک می تواند در یکی ازگروه های سبک ، متوسط ، سنگین وشدید طبقه بندی شود[۶]. شاخص حریق وانفجار برج عریان ساز مقدار ۲۲۶ محاسبه شد. شدت ریسک حریق و انفجار معادل با این عدد در گروه با درجهٔ ریسک شدید (F & EI>۱۵۸) و ریسک آن غیر قابل پذیرش (F & EI>۱۲۸) می باشد .

شاخص حریق و انفجار برج عریان ساز با شاخص محاسبه شده برای مخزن ذخیرهٔ متیل ایزوسیانات حادثهٔ بوپال که باعث مرگ بیش از ۲۰۰۰۰ نفر شد تفاوت چندانی ندارد. شاخص حریق و انفجار این مخزن نمرهٔ ۲۳۸ گزارش شده است. متیل ایزوسیانات با فاکتور مواد ۲۹ (درجه واکنش پذیری ۳ ،درجه اشتعال پذیری ۳) نسبت به مادهٔ نفتای برج عریان ساز بافاکتور مواد ۱۶ (درجه واکنش پذیری صفر ، درجه اشتعال پذیری ۳) انرژی پتانسیل ذاتی بیشتر و بسیار خطرناکتر است. نفتا درحالت عادی و حتی درمجاورت با حریق پایدار است ، اما متیل

www.SID.ir

Archive of SID

ایزوسیانات در دما وفشار بالا به شوکهای حرارتی یا مکانیکی حساس و در حضور یک منبع انرژی قوی یا به واسطه محصورشدن در یک محفظه گرم به خودی خود قادربه انفجار یا تجزیه انفجاری است. ماده نفتادر مقایسه با موادی نظیر فلورین، نیتروگلیسرین واسید پیکریک با ماکزیمم فاکتور مواد۴۰ودرمقایسه بامواد‌ی نظیرکلر،دی اکسید سولفور با حداقل فاکتورمواد یک جزء مواد باپتانسیل انرژی ذاتی متوسط طبقه بندی می شودکه با فاکتور مواد آن با بنزین یکسان است. فاکتور مواد برج عریان ساز در شرایط دمایی محیطی مقدار عددی ۱۶ محاسبه شد، اما از آنجایی که خطرات واکنش پذیری و آتش سوزی بطور قابل توجهی با افزایش دما تغییر می کند، فاکتور مواد نفتا برای شرایط دمایی برج تصحیح شد. بنابراین شرایط دمایی به عنوان یک عامل مهم در افزایش ریسک قلمداد می شود. در کارخانه تحت بررسی علاوه بربرج عریان ساز مخزن نگهداری نفتانیز حاوی ماده نفتای خام است، اماباتوجه به اینکه مخزن نفتادر شرایط دمایی محیطی قراردارد فاکتورمواد آن نسبت به فاکتورمواد برج عریان ساز کمتراست. فاکتورمواد یا انرژی پتانسیل ذاتی مواد یکی از پارمترهای اصلی برای محاسبه شاخص حریق وانفجار است. ریسک فاکتورهای اصلی حریق و انفجار در این برج سیستم زه کشی نامناسب، سمیت گاز سولفید هیدروژن، مقدار زیاد نفتا، سرعت خوردگی زیاد به دلیل حضور گازها وبخارات خورنده سولفید هیدروژن و آمونیاک، پتانسیل نشتی از چشمی شیشه ای، تجهیزات مشتعل متعدد اطراف برج و تجهیزات دوار با توان کاری خطرناک (اسب بخار ۷۵ < توان پمپها) می باشند. دربخش خطرات عمومی تنها آبتم تأثیرگذار برریسک حریق وانفجارسیستم زهکشی کارخانه بود. فرایند برج عریان ساز یک فرایند فیزیکی است وفاقد واکنشهای شیمیایی گرماگیر یا گرمازا می باشد. از طرفی برج عریان ساز در یک فضای باز قراردارد وهرگونه نشتی مایعات وگازهای قابل اشتعال باعث پراکندگی سریع آنهادرمحیط اطراف خواهد شد بنابراین چنین محیطی پتانسیل انفجاردریک فضای بسته راکاهش می دهد. دسترسی کافی به جاده ها وتجهیزات اطفاء حریق فراهم است وایستگاه آتش نشانی در نزدیکی کارخانه قراردارد. سیستم زه کشی یکی ازجنبه های غیرفعال چیدمان کارخانه درحفاظت ازحریق محسوب می شود ونقش ویژه ای درانتقال وجابجایی مواد خطرناک خارج شده ازدستگاهها درشرایط اضطراری به خارج ازکارخانه دارد. از آنجایی که وجود رسوبات هیدروکربنی سنگین در کانال های سیستم زه کشی مانع از هدایت سریع مواد آزاد شده ازفرایند به خارج از ناحیهٔ فرایندی می شود تجمع مایعات هیدروکربنی آزاد شده از دستگاهها با دمایی بالاتر از نقطه شعله زنی خود در سطح کارخانه با تشکیل ابر بزرگی از بخارات قابل اشتعال همراه است . لذا احتمال وقوع حریق حوضچه ای در چنین شرایطی افزایش می یابد. لازم به ذکر است سیستم زه کشی بایستی علاوه بر مایعات هیدروکربنی توانایی پذیرش وانتقال آب آتش نشانی را نیز داشته باشد. نکته قابل توجه دمای عملیاتی برج عریان ساز است که بالاتر از نقطه شعله زنی ماده نفتامی باشد. چنانچه دمای عملیاتی برج عریان ساز پایین ترازنقطه شعله زنی نفتا باشد ، آزاد سازی وتجمع مایعات خطری را ایجاد نمی کند.

آیتم های بررسی شده در بخش خطرات خاص نسبت به خطرات عمومی تأثیربیشتری بر ریسک حریق وانفجار محاسبه شده داشتند. یکی از آیتم های بررسی شده سمیت مواد شیمیایی واحد فرایندی تحت بررسی است. در حریق ناشی از موادقابل احتراق ، محصولات ناشی ازحریق به عنوان یک جزء سمی وخطرناک محسوب می‌گردند. اما در این مطالعه سمیت مواد داخل تجهیزات مورد توجه است . مواد سمی موجود در فرایندباتوجه به درجه سمیت آنها به هنگام آزاد شدن در یک رویداد حریق وانفجار به نسبت های مختلفی باعث کندی عملیات اطفاء حریق و افزایش پیامدهای آن خواهند شد. در مقایسه با سایرتجهیزات کارخانه آروماتیک که حاوی موادی نظیر بنزن، تولوئن،زایلین، پروپان وبوتان هستند برج عریان ساز حاوی گازسمی سولفید هیدروژن است . حتی تماسهای کوتاه مدت با این ماده می تواند باعث مرگ یا آسیبهای شدید گردد. البته ماده نفتای موجود در این برج ازنظر سمیت قابل توجه نیست. در حادثه بوپال یکی از عوامل اصلی مرگ ومیر ماده متیل ایزوسیانات بادرجه خطر بهداشتی ۳ بود. به گفته کارشناسان کارخانه مورد مطالعه دریکی ازحوادث مربوط به نشت گاز کلر، تماس افراد با این ماده به حدی بود که مصدومین زیادی را برجای نهاد . درجه خطر بهداشتی کلر باسولفید هیدروژن یکسان و برابر ۴ است.

وجود منابع اشتعال متعدد(کوره ها) به عنوان منبع جرقه درمجاورت برج عریان ساز وآزادشدن نفتادردمایی بالاترازدمای جوش خود به ترتیب باعث اشتعال وپراکنش سریع نشتی می شود. این فاصله کم فرصت لازم برای پراکنش مواد نشت کرده رانمی دهد. همچنین دمای عملیاتی بالا باعث می شود تامواد نشت کرده در شکل اسپری به سرعت به اطراف پراکنده شوند تابه یک منبع جرقه برسند. چنانچه دمای عملیاتی کمتر یا حتی بالاترازنقطه شعله زنی مواد باشد خطرآتش سوزی به مراتب کمتر ازشرایطی است که بالاتراز نقطه جوش مواد باشد. در حال حاضر به منظورمحصورکردن منابع اشتعال کوره‌ها از پرده های بخار استفاده شده که به صورت دستی فعال می شوند واحتمال مشتعل شدن بخارات قبل از جداسازی کوره ها توسط اپراتور بسیار زیاد است. البته عدم تشکیل پرده بخار یکپارچه در اطراف کوره ها نیز ازنقص های این سیستم است.

شعاع ومساحت ناحیه درمعرض خطرحریق وانفجار متناسب باشاخص حریق وانفجار افزایش می یابد. شعاع درمعرض خطر برج عریان ساز درحدود ۱۰ درصد از مساحت کارخانه آروماتیک را دربر می گیرد. در این فاصله بسیاری ازتجهیزات مهم کارخانه مستقر هستند، اما ساختمانی که محل استقرارمسئولین وکارکنان کارخانه باشد واقع نبود. وقوع حادثه حریق وانفجار دراین ناحیه بیشتر از آنکه باعث خطر

www.SID.ir

Archive of SID

جانی گردد، خطر مالی را درپی دارد.

عموماً وقوع حوادث حریق وانفجار در هرواحد فرایندی به خسارتهای مختلفی منجر می شود. برآورد دقیق خسارات اقتصادی کاربسیارمشکلی است ودرتخمین هزینه یک حادثه ممکن است تعیین دقیق خسارات عملی نباشد، اماحتی یک تخمین کلی می تواند نشانگر خسارات اقتصادی چنین وقایعی باشد. از آنجایی که هدف مدیران کاهش هزینه های حوادث به حداقل ممکن می باشد، آگاهی از هزینه حوادث به منظور تنظیم مخارج مرتبط با ایمنی وپیشگیری از حادثه ضروری است. خسارت های ناشی از تخریب تجهیزات از جمله هزینه های اصلی حریق وانفجار است که دراین مطالعه برآورد شده است . خسارت محاسبه شده دراین مطالعه واقع بینانه ترین خسارت است که با درنظرگرفتن اقدامات ایمنی و پیشگیرانه موجود بدست آمده است متناسب با بهبود ویژگی های کنترلی، میزان خسارت واقعی کاهش می یابد. در این مطالعه اقدامات کنترلی دربخش حفاظت از حریق نسبت به کنترل فرایندوجداسازی موادبسیار چشم گیرتر هستند. تجهیز واحد فرایندی برج عریان سازبه کاشف های گازهای قابل اشتعال وگازسمی سولفیدهیدروژن، تأمین آب آتش نشانی بافشار ومقدارمناسب،عایق سازی ساختار اسکلتی کارخانه ، وجوداسپرینکلرهای آب وانتقال کابلهای برق ازطریق کانالهای زیرزمین ازجمله مهمترین اقدامات کنترلی برای کاهش ریسک حریق وانفجار در کارخانه تحت بررسی هستند. البته بخشی ازکابلهای برق توسط سینی کابل واز روی زمین انتقال یافته است. آسیب به کابلهای برق اغلب اوقات به قطع طولانی برق منجر می شود که خسارات ناشی ازتعلیق شغل را درپی دارد. از آنجایی که محصولات آروماتیکی بسیار باارزش هستند وفرایند تولید سایر واحدها بصورت سری درامتداد واحد فرایندی برج عریان ساز قراردارند، تعلیق شغل دراین واحد می تواند باعث توقف تولید کارخانه وافزایش پیامدها گردد.

نتیجه گیری

شاخص حریق و انفجار به عنوان یکی از اختصاصی ترین روشها برای ارزیابی ریسک و برآورد خسارات ناشی از حریق و انفجار صنایع فرآیندی در سرتاسر دنیا استفاده می شود. در این روش مجموعه عوامل تأثیر گذار بر ریسک حریق و انفجار بصورت شاخصی نمایش داده می شود که مبنایی برای قضاوت درجهٔ ریسک است. ازطرفی خسارات برآورد شده توسط این روش می توانند به عنوان مبنایی برای تعیین حق بیمه ناشی از انفجار و آتش سوزی قرار گیرند. در این مطالعه ریسک واحد فرایندی غیرقابل پذیرش محاسبه شد. استفاده از تدابیری نظیر کاهش مقدار مواد، دما، فشار و افزایش فواصل دستگاهها برای کاهش پیامد ازنظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست، لذا به منظور کاهش پیامدها پیشنهاداتی نظیر کاربرد پوشش های ضدحریق، راه اندازی خودکار پرده های بخار، زدودن مجاری زه کشی از رسوبات، نصب اسپرینکلرهای آب خنک کننده برروی سینی های کابل و... ارائه گردید.

تقدیروتشکر: بدین وسیله از ریاست ومسئولین کارخانه آروماتیک پتروشیمی بندرامام خمینی (ره) که درانجام این تحقیق مساعدت های لازم رامبذول داشته اند تشکر نموده وصمیمانه قدردانی می نمائیم. همچنین ازریاست ومسئولین محترم امور ایمنی، بهداشت ومحیط زیست شرکت ملی صنایع پتروشیمی ایران بخصوص آقای مهندس صادقپور تقدیر و تشکر به عمل می آید.

منابع

1. Lees FP. Loss prevention in the process indusrries. London:Butterworths,1996.

2. Hirst R. Underdown's practical fire precaution. 3rd ed. Canada: Gower Technical, 1989,4-10,330-333,379.

3. Etowa CB, Amyotte PR, Pegg MJ, Khan FI. Quantification of inherent safety aspect of the dow indices. Loss Prevention 2002;15:477-487

4. Khan FI, Sadiq R, Amyotte PR. Evaluation of available indices for inherently safer design options. Process Safety Progress.2003;22(2):83-97

5. King R, Hirst R. King safety in the process industries. 2nd ed. Canada: Wuerz Publishing Ltd, 1998, 294-7.

6. American Institute of Chemical Engineers. Dow's fire and explosion index hazard classification guide.7th ed. Newyork: AICHE;1994,1-64.

7. Suardin J. The integration of Dow's Fire and explosion index into process design and optimization to achieve an inherently safer design. A thesis for Master of Science. Texas: A&M University. August 2005.

8. Khan FI, Abbasi SA. Techniques and methodologies for risk analysis in chemical process industries. 1998;11:261-277

9. NFPA704. Standard system for the identification of the hazards of materials for emergency response.USA; National Fire Protection Association,2003: 6-7

10. Gupta JP, Khemani G, Mannan SM. Calculation of fire and explosion index(f&ei)value for the Dow guide taking credit for the loss control measures. Loss Prevention in The Process Industries 2003;16:235-241

11. Gupta J P. Application of Dow's fire and explosion index hazard classification guide to process plants in developing countries. Loss Prevention 1997;10(1):7-15

12. Santamaria Ramiro J M, Brana PA. Risk analysis and reduction in the chemical process industry. USA: Blacking Academic&Professional.1998

13. NFPA325,Guide to Fire Hazard Properties of Flammable Liquids,Gases and Volatile Solides. USA: National Fire Protection Association, 2003.

www.SID.ir

Archive of SID

Risk quantitative determination of fire and explosion in a process unit by Dow's Fire and Explosion Index

Saeid Ahmadi[3]
Javad Adl[2]
Sakineh Varmazyar[3]

Abstract:

Background and aims: Fire and explosion hazards are the first and second of major hazards in process industries, respectively. This study has been done to determine fire and explosion risk severity,radius of exposure and estimating of most probable loss.

Methods: In this quantitative study process unit has been selected with affecting parameters on fire and explosion risk. Then, it was analyzed by DOW's fire and explosion index (F&EI). Technical data were obtained from process documents and reports, fire and explosion guideline.After calculating of DOW's index, radius of exposure determined and finally most probable loss was estimated.

Results: The results showed an F&EI value of 226 for this process unit. The F&EI was extremely high and unacceptable.Risk severity was categorized in sever class.Radius of exposure and damage factor were calculated 57 meters and 83%,respectively. As well as most probable loss was estimated about 6.7 million dollars.

Conclusion: F&EI is a proper technique for risk assessment and loss estimation of fire and explosion in process industries.Also,It is an important index for detecting high risk and low risk areas in an industry. At this technique, all of factors affecting on fire and explosion risk was showed as index that is a base for judgement risk class. Finally, estimated losses could be used as a base of fire and explosion insurance.

Keywords

Fire and Explosion Index, process unit, risk, loss

1. (Corresponding author) School of Public Health, Qazvin University of Medical Sciences.
saeidahmad@gmail.com
2. School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences.
3. Researcher

www.SID.ir