

ایمنی ذاتی

(طراحی ذاتاً ایمن تر در صنایع فرآیندی)

مؤلفین:

دکتر حمید سرخیل

(عضو هیأت علمی دانشکده محیط زیست و عضو کارگروه علمی HSE کشور)

مهندس جواد توکلی

(کاشناس ارشد مهندسی شیمی HSE)

ویراستار علمی:

مهندس سید اسمعیل بیرق

(عضو هیأت علمی جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر)

انتشارات جهاد دانشگاهی

واحد صنعتی امیرکبیر

سرشناسه	سرخیل، حمید، ۱۳۵۸ -
عنوان و نام پدیدآور	ایمنی ذاتی: طراحی ذاتاً ایمن تر در صنایع فرآیندی/مؤلفین حمید سرخیل، جواد توکلی؛ ویراستار علمی عبدالله سمیع‌بیرق.
مشخصات نشر	تهران: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر، انتشارات، ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهری	۱۵۲ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک	۱۲۰۰۰۰ریال: 5- ISBN: 978-964-210-223-
وضعیت فهرست نویسی	فیبای:
یادداشت	کتابنامه.
موضوع	مواد شیمیایی-کارخانه‌ها-پیش‌بینی‌های ایمنی
موضوع	شیمی-فرایندها-پیش‌بینی‌های ایمنی
شناسه افزوده	توکلی، جواد، ۱۳۷۰ -
شناسه افزوده	سمیع‌بیرق، عبدالله، ۱۳۵۲ -، ویراستار
شناسه افزوده	جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر
رده بندی کنگره	۱۳۹۴ س۹پ/ TP۱۵۰
موضوع	۶۶۰/۲۸۰۴
شماره کتابساز ملی	۴۱۰۳۸۷۰

این کتاب در جلسه مورخ ۹۴/۱۰/۱۲ شورای نشر کتاب جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر پس از طی مراحل ارزیابی این مجری، و انتشار، دریافت نموده است.



ایمنی ذاتی (طراحی ذاتاً ایمن تر در صنایع فرآیندی)

مؤلفین: دکتر حمید سرخیل، مهناز جواد توکلی
ویراستار علمی: مهرداد عبدالله سمیع‌بیرق

جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر

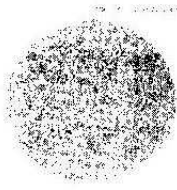
ناشر	نوبت چاپ
اول	سال چاپ
۱۳۹۴:	قطع
وزیری	شمارگان
۵۰۰ نسخه	قیمت
۱۲۰۰۰۰ریال	طراح
آرزو انصاری	چاپخانه
اصیل	



ISBN: 978-964-210-223-5

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۲۱۰-۲۲۳-۵

نمایشگاه و فروشگاه دائمی: تهران، خیابان حافظ، روبروی سمیه، جنب دانشگاه صنعتی امیرکبیر،
انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر تلفن: ۹۸۱ ۹۸۲۱۶۶+ تلفکس: ۹۸۲ ۹۸۲۱۶۶+
فروشگاه اینترنتی: www.jdamirkabir.ac.ir



پیشگفتار

اَطْلُبُوا الْعِلْمَ مِنَ الْمَهْدِ إِلَى اللَّحْدِ

توانمندسازی پایه‌های علمی دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی کشور از وظایف اصلی سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان نظام مقدس جمهوری اسلامی ایران می‌باشد. این مهم، ضمن افزایش اقتدار علمی کشور در عرصه‌های بین‌المللی، زمینه‌ساز استقلال اقتصادی با محوریت یافته‌های فن‌آورانه و دانش‌بنیان می‌گردد که خود از ارکان اصلی توسعه پایدار به‌شمار می‌آید. همچنین واضح است که در کنار دو عنصر تعهد و تخصص، دسترسی به اطلاعات روز علمی و تکنولوژی‌های مدرن؛ نیاز اولیه برای توانمندسازی پایه‌های علمی به‌شمار می‌رود.

بر این اساس جهادگران، جهاددانشگاهی امیرکبیر با مدیریت جهادی خود علاوه بر فعالیت‌های فرهنگی، پژوهش‌های فن‌آورانه و نیز آموزش‌های تخصصی فن‌آور و اشتغال‌محور، با چاپ کتب و مجلات علمی متخصصان و دانشگاهیان فرهیخته کشور و همچنین ترجمه آثار فاخر و به‌روز دنیا توسط «انتشارات جهاددانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر» پلی تکنیک تهران» که یکی از معتبرترین انتشارات دانشگاهی در حوزه علوم پایه و مهندسی می‌باشد؛ به وظیفه انقلابی و اعتقادی خویش جامه عمل پوشانده و امیدوار است بتواند نیازهای علمی، پژوهشی، دانشجویان و پویندگان راه علم را در تحقق آرمان‌های اصیل انقلاب فراهم سازد.

این کتاب به روح پرفروش معمار کبیر انقلاب، شهدا و ایثارگران هشت سال دفاع مقدس به‌ویژه شهدای گرانقدر جهاددانشگاهی و دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تقدیم می‌گردد. امید است دانشجویان، پژوهشگران و فعالین عرصه‌های علم و فناوری کشور، پیونده راه این شهیدان والا مقام همچون شهدای جهاددانشگاهی، در محیط مقدس و انسان ساز دانشگاه باشند.

از همه عزیزان محقق و دانش‌پژوه تقاضا می‌شود این انتشارات را از نظرات تخصصی و پیشنهادات راهگشای خود در جهت ارتقاء سطح علمی کتب منتشره و همچنین گسترش زمینه‌های علمی آن‌ها، بهره‌مند سازند.

«هماره در پرتو الطاف الهی پیروز و سربلند باشید»

انتشارات جهاددانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر

The map shows the northern Adriatic Sea with the coastlines of Italy and Slovenia. Sampling stations are marked with numbers 1 through 10. Station 1 is located near the Italian coast, while stations 2 through 10 are further out in the sea. The map includes latitude coordinates (45° 30' N, 46° 00' N, 46° 30' N) and longitude coordinates (13° 30' E, 14° 00' E, 14° 30' E).

با بررسی است، اما باید به خاطر داشت که فرایندها و کارخانه‌های نایمن با توجه به در آنها وجود دارد، نمی‌توانند سود ده و پر بازده باشند. به‌عنوان مثال حوادث و آتش‌سوزی‌ها را در نظر بگیریم که در این راستا اقدامات، پیشنهادها و توصیه‌هایی که می‌تواند توسط استفاده از سیستم‌های ایمنی بهتر و با تدوین دستورالعمل‌های ایمنی تجهیزات ممکن است چهارم می‌شده و یا اینکه یک دستورالعمل ایمنی کار، روش فناوری از دست‌بده را بر روی مؤثرترین روش پیشگیری از نشت مواد خطرات مناسب برای پوشش محفظه نگهداری مواد یا استفاده از مواد ایمن به جای (ی) بوده که به‌عنوان موارد ایمنی افرار می‌شوند. همچنین با هزینه بالاتر توصیه می‌شود که این موارد نبوده و یا محدودیتی وجود داشته باشد. می‌بایست سیستم‌هایی از سیستم‌های ذاتاً ایمن‌تر شناخته می‌شوند. مهم است که همین تجهیزات دارای نقص شوند، بنابراین بهتر است که سیستم‌های وابسته به این‌گونه اقدامات و جای آنکه خطرات به این صورت کنترل شوند، سیستم‌هایی در گاز ارجحی یک تر باشند.

ت‌ر هیافت ذاتا ایمن‌تر در طراحی کارخانه، اجتناب از خطرات نسبت به تکمیل است، بنابراین همه ایده‌های توصیف شده ممکن است تحت عنوان مثال نظر گرفته می‌شوند و معمولاً از چهار واژه کمینه‌سازی، جایگزینی، تعدیل نمودن و حذف استفاده می‌شود.

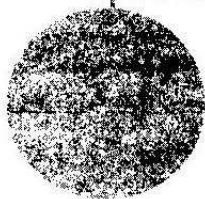
به منظور ارزیابی ایمنی طرح‌های پیشنهادی معرفی شده است؛ مطالعات تاریخی زمان تمایل بیشتری برای ساخت یک کارخانه ذاتاً ایمن‌تر وجود داشته است.

می‌رسد که این مهم به‌خوبی توسط سیاستمداران و صاحبان قدرت در نظر گرفته نشده است. هدف این کتاب تلاش برای کاهش این ممانعت‌ها، با ارائه یک روش توسعه یافته به‌منظور طراحی‌های ذاتاً ایمن‌تر است.

در این کتاب شاخص ایمنی ذاتی برای طراحی مفهومی یک فرایند شیمیایی ارائه شده است. بدیهی است که طرح‌های ذاتاً ایمن‌تر را می‌بایست در مراحل اولیه طراحی و به‌هنگام گرفتن تصمیمات عمده در مورد فرایند مورد بررسی قرار داد. روش ارائه شده امکان چنین رسیدگی را به ما می‌دهد، زیرا این شاخص براساس دانش موجود در مراحل اولیه طراحی فرایند تعریف شده است.

شاخص کلی به شاخص شیمیایی و شاخص ایمنی ذاتی فرایند تقسیم می‌شود. شاخص شیمیایی متشکل از زیر شاخص‌هایی برای گرمای واکنش‌ها، اشتعال‌پذیری، قابلیت انفجار، سمیت، خوردگی و فعل و انفعال شیمیایی است. در مقابل شاخص ایمنی ذاتی متشکل از زیر شاخص‌هایی برای مقدار ماده ذخیره شده، دما، فشار، ایمنی تجهیزات و ساختار فرایند است.

زیر شاخص ایمنی تجهیزات، اساساً آمار حوادث و اطلاعات مربوط به جانمایی تجهیزات، به‌صورت جداگانه‌ای برای بخش‌های OSBL¹ و ISBL² توسعه یافته است. زیر شاخص به کار گرفته شده برای ساختار ایمنی فرایند، ایمنی را از دیدگاه مهندسی سیستم توضیح می‌دهد. به بیان دیگر با استفاده از نوعی استدلال موردی با توجه به پایگاه اطلاعاتی موجود مبتنی بر تجربه و آمار حوادث به ارزیابی ساختار فرایند، با نگاهی ایمن می‌پردازد. این مهم امکان استفاده از تجربیات طراحی‌های صنعتی موجود را به‌منظور طراحی کارخانه‌های جدید (که غالباً مورد غفلت قرار گرفته‌اند) فراهم می‌سازد. همچنین به‌منظور روشن شدن موضوع، دو مطالعه موردی برای رسیدن به فرایندی ذاتاً ایمن‌تر در بخش انتهایی این کتاب مورد بحث قرار گرفته است.



فهرست

فصل ۱: کلیات ۱۳

۱-۱ تاریخچه و مفهرد ایمنی ذاتی ۱۳

۲-۱ سیستم‌های حفاظتی - خطرات فرایندی ۱۴

۳-۱ چرخه عمر فرایندها و عوامل موثر ایمنی ذاتی بر آن ۱۶

فصل ۲: ایمنی ۲۱

۱-۲ مفهوم ایمنی و ریسک ۲۱

۲-۲ نقش مفهوم طراحی ذاتاً ایمن‌تر در مدیریت ریسک ۲۲

فصل ۳: ارزیابی ایمنی ۲۷

۱-۳ ضرورت و روش‌های تحلیلی ۲۷

فصل ۴: روش‌های تحلیل ایمنی برای طراحی کارخانه ۳۱

۱-۴ تحلیل ایمنی ۳۱

۲-۴ شاخص خطر احتراق و انفجار DOW ۳۲

۳-۴ شاخص موند ۳۳

۴-۴ مطالعه خطر و عملیات (Hazop) ۳۴

۳۵	۵-۴ شاخص نمونه ایمنی ذاتی (PIIS)
۳۶	۶-۴ محدودیت‌های روش‌های تحلیل ایمنی موجود در طراحی مفهومی فرایند ..
۴۱	فصل ۵: ایمنی ذاتی
۴۱	۵-۱ مفهوم ایمنی ذاتی
۴۶	۵-۲ اصول ایمنی ذاتی
۴۹	۵-۲-۱ کمینه‌سازی
۵۰	۵-۲-۲ راکتورها
۵۰	۵-۲-۳ راکتور بسته با مخزن هم‌زننده (CSTR)
۵۱	۵-۲-۴ راکتورهای بولهای
۵۱	۵-۲-۵ تقطیر و اکسایشی
۵۳	۵-۲-۶ مخازن ذخیره و حمل و نقل مواد شیمیایی
۵۴	۵-۲-۷ جایگزینی
۵۴	۵-۲-۸ واکنش‌های شیمیایی
۵۵	۵-۲-۹ حلال‌ها
۵۶	۵-۲-۱۰ تعدیل نمودن
۵۶	۵-۲-۱۱ رقیق‌سازی
۵۷	۵-۲-۱۲ تبرید (سردسازی)
۵۸	۵-۲-۱۳ تعدیل شرایط فرایندی
۵۹	۵-۲-۱۴ مهار ثانویه
۶۰	۵-۲-۱۵ ساده‌سازی
۶۰	۵-۲-۱۶ تجهیزات فرایند
۶۰	۵-۲-۱۷ احتراق
۶۱	۵-۲-۱۸ خلاء
۶۱	۵-۲-۱۹ واکنش‌های جانبی
۶۱	۵-۲-۲۰ انتقال مایعات
۶۱	۵-۲-۲۱ راکتور

عمل نکردن شیرهای ایمنی.....	۶۱
جداسازی مراحل متفاوت فرایند.....	۶۲
۳-۵ ایمنی ذاتی در طراحی اولیه فرایند.....	۶۷
۴-۵ ارزیابی ایمنی ذاتی.....	۶۸
فصل ۶: فاکتورهای برگزیده برای نشان دادن ایمنی ذاتی در طراحی اولیه فرایند... ۷۱	
۱-۶ اهمیت فاکتورهای ایمنی ذاتی.....	۷۱
۲-۶ گرمایی واکنش.....	۷۵
۳-۶ مرد خطرناک.....	۷۶
۱-۳-۶ قابلیت اشتعال.....	۷۷
۲-۳-۶ قابلیت انفجار.....	۷۷
۳-۳-۶ سمیت.....	۷۸
۴-۶ خوردندگی.....	۷۹
۵-۶ برهم‌کنش (فعل و انفعال) شیمیایی.....	۸۰
۶-۶ ظرفیت انبارش.....	۸۰
۷-۶ دما.....	۸۱
۸-۶ فشار.....	۸۲
۹-۶ ایمنی تجهیزات.....	۸۲
۱۰-۶ ساختار فرایند ایمن.....	۸۴
فصل ۷: شاخص ایمنی ذاتی..... ۸۷	
۱-۷ روش‌های محاسبه شاخص.....	۸۷
۲-۷ مقایسه بین زیرشاخص‌ها.....	۸۹
فصل ۸: زیر شاخص‌های مرتبط با شاخص شیمیایی ایمنی ذاتی..... ۹۳	

- ۸-۱ زیرشاخص واکنش‌های خطرناک ۹۳
- ۸-۱-۱ زیر شاخص گرمای واکنش، برای واکنش‌های اصلی ۹۳
- ۸-۱-۲ زیر شاخص گرمای واکنش، برای واکنش‌های جانبی ۹۴
- ۸-۱-۳ زیر شاخص برهم‌کنش‌های شیمیایی ۹۵
- ۸-۲ زیر شاخص‌های مواد خطرآفرین ۹۶
- ۸-۲-۱ زیر شاخص قابلیت اشتعال ۹۶
- ۸-۲-۲ زیر شاخص قابلیت انفجار ۹۶
- ۸-۳ زیر شاخص سمیت ۹۷
- ۸-۴ زیر شاخص خوردندگی ۹۸
- فصل ۹: زیرشاخص‌ها مرتبط با شاخص فرایندی ایمنی ذاتی ۹۹
- ۹-۱ زیرشاخص ذخیره‌سازی ۹۹
- ۹-۲ زیرشاخص دمای فرایند ۱۰۰
- ۹-۳ زیرشاخص فشار فرایند ۱۰۱
- ۹-۴ زیرشاخص ایمنی تجهیزات ۱۰۲
- ۹-۴-۱ ارزیابی ایمنی تجهیزات ۱۰۲
- ۹-۴-۲ جانمایی تجهیزات ۱۰۳
- ۹-۴-۳ تجهیزات تأثیرگذار در خسارت‌های بزرگ ۱۰۶
- ۹-۴-۴ تجهیزات در شاخص‌های دیگر ۱۰۸
- ۹-۴-۵ نقایص تجهیزات و ارزیابی آنها ۱۰۸
- ۹-۴-۶ زیرشاخص ایمنی تجهیزات در محدوده ISBL ۱۰۹
- ۹-۴-۷ زیرشاخص ایمنی تجهیزات در محدوده OSBL ۱۱۱
- ۹-۵ زیرشاخص ساختار فرایند ایمن ۱۱۲
- ۹-۵-۱ ارزیابی ساختار فرایند ایمن ۱۱۳
- ۹-۵-۲ منابع اطلاعات ایمنی مبتنی بر تجربیات ۱۱۳
- ۹-۵-۳ ساختار بانک اطلاعاتی ۱۱۴

۱۱۶.....	۴-۵-۹ شاخص ایمنی ذاتی در ساختار فرایند ایمن
۱۱۷.....	فصل ۱۰: ایمنی ذاتی در تولید استیک اسید
۱۱۷.....	۱-۱۰ نمونه موردی
۱۲۱.....	فصل ۱۱: استدلال موردی برای ارزیابی ایمنی
۱۲۱.....	۱-۱۱ روش شناسی
۱۲۲.....	۲-۱۱ کار، ده‌های اولیه روش استدلال موردی
۱۲۳.....	۱-۲-۱۱ پارامترهای ورودی و خروجی
۱۲۳.....	۲-۲-۱۱ ارزیابی موردی
۱۲۴.....	۳-۱۱ بررسی استدلال موردی در فرایند تولید اسید استیک
۱۲۴.....	۱-۳-۱۱ CBR در سطح فرایند
۱۲۶.....	۲-۳-۱۱ CBR در سیستم‌های کنترل (عامل واکنش)
۱۲۷.....	۳-۳-۱۱ امتیازدهی زیرشاخص انتشار فرایند ایمن
۱۲۹.....	فصل ۱۲: روش‌های بازبینی ایمنی ذاتی فرایند و آموزش‌های لازم
۱۲۹.....	۱-۱۲ معرفی روش
۱۳۰.....	اهداف بازبینی ایمنی ذاتی
۱۳۱.....	زمان‌بندی بازبینی ایمنی ذاتی
۱۳۱.....	ترکیب گروه بازبینی ایمنی ذاتی فرایند
۱۳۲.....	بازبینی ایمنی ذاتی با توجه نگاه اجمالی در فرایند
۱۳۵.....	بررسی روش‌های متعدد بازبینی ایمنی ذاتی فرایند
۱۳۶.....	بازبینی ایمنی ذاتی فرایند با توجه به فاکتورهای انسانی
۱۳۷.....	الزامات بازبینی ایمنی ذاتی اثر بخش
۱۳۷.....	۲-۱۲ آموزش‌های لازم برای برنامه بازبینی ایمنی ذاتی فرایند
۱۳۹.....	فصل ۱۳: جمع‌بندی

فهرست علائم اختصاری ۱۴۳

منابع و مراجع ۱۴۵

منابع فارسی ۱۴۵

منابع لاتین ۱۴۵

www.ketab.ir