

به نام خدا

۱۳۵۷.۹۱
۹۴/۸/۱۳

احتراق تصادفی ابر ذرات

تألیف:

مهدی بیدآبادی

محمدعلی هراتی

www.ketab.ir

سرشناسه

: بیدآبادی. مهدی. ۱۳۳۸ -

عنوان و نام پدیدآور

احتراق تصادفی ابر ذرات/تالیف مهدی بیدآبادی، محمدعلی هراتی.

مشخصات نشر

تهران: گسترش علوم پایه، ۱۳۹۴.

مشخصات ظاهری

۱۹۳ص: مصور.

شاہک

١٢ ريبال 4-666-490-964-978:

وضعیت فهرست نویسی

فيا

موضوع

احتراق :

موضوع

ذره‌ها :

موضوع

مهندسی احتراق :

موضوع

احتراق - الگوهای ریاضی

شناسه افزوده

: هراتي، محمد علي، ۱۳۶۲

رده بندی کنگره

١٣٩٤ ٢٨ الف ٥١٦ QD ب

رده بندی دیوپی

٢٤١.٢٤١ =

شماره کتابشناسی ملی

59VVV15

نام کتاب:	احترق تصادفی ابرذرات
مؤلفین:	مهدی بیدآبادی - محمدعلی هراتی
ناشر:	انتشارات گسترش علوم پایه
مدیر فنی:	مهدی زنگنه
صفحه آرایی:	سیما ابویی
طراحی جلد:	حاتمی کیا
لیتوگرافی:	کوثر
چاپخانه:	کوثر
سال نشر:	۱۳۹۴
نویت چاپ:	اول
شمارگان:	۵۰ جلد
قیمت کتاب:	۱۲۰۰۰۰ ریال
شابک:	۹۷۸-۹۶۴-۴۹۰-۶۶۶-۴
ISBN:	978-964-490-666-4

حق چاپ و نشر محفوظ و مخصوص ناشر می باشد.

دفتر انتشارات و پخش شهرستان: میدان انقلاب، ابتدای کارگر جنوبی، کوچه مهدیزاده، پلاک ۹، طبقه همکف

تلفن: ۶۶۹۰۵۳۱۲ ~ ۱۵

تلفکس: ۰۲۱-۶۶۹۰۵۳۱۶

دفتر سفارشات تهران: خ آزادی، خ جمالزاده جنوبی، خ دیلمان، پلاک ۱۴ واحد ۲

نمبران: ۱۴ ~ ۶۶۵۹۵۵۱۳

نماینده، تهران: خ انقلاب، نشر ۱۲ فروردین، پ ۱۴۴۴، کتابفروشی الیاس - ۶۶۴۰۵۰۸۴

Emil:gostaresh op@yahoo.com

www.gostaresh-pub.com

که ضمن دقت در این مورد ما را در صورت عدم وجود هولوگرام مطلع سازید.
با تشکر

پیش گفتار

احتراق در طول تاریخ بشر به عنوان منبع انرژی و یکی از عوامل نشان‌دهنده رشد و فناوری یک اجتماع محسوب شده است. از احتراق به عنوان فصل مشترک زمینه‌های مکانیک سیالات، ترمودینامیک، انتقال حرارت و واکنش‌های شیمیایی یاد می‌شود. فرایند احتراق با حضور اکسنده و سوخت در شرایط مناسب امکان پذیر است. در نتیجه می‌توان از ابتدا احتراق را بر اساس اینکه اکسنده و سوخت در چه فازی هستند و یا اینکه در چه شرایطی به مرحله احتراق می‌رسند، تقسیم بندی کرد. مطالعات زیادی در مورد سوخت و اکسنده که در فاز گازی هستند، انجام شده است. اما در قرن‌های اخیر استفاده از سوخت‌های فسیلی مانند ذغال سنگ باعث پرداختن بیشتر به مطالعات احتراقی در زمینه احتراق غیر همگن شده است. احتراق غیر همگن امروزه در مواضع گوناگون مورد استفاده قرار می‌گیرد.

نخستین بار احتراق ذرات زمانی مورد توجه قرار گرفت که به عنوان عامل انفجار مهیب معادن زغال سنگ شناخته شد و بنابراین بارامترهای ایمنی صنعتی در احتراق و انفجار ذرات مورد بررسی قرار گرفت. در معادن زغال سنگ نشست محلی متان به علت جرقه‌های حاصل از وسایل و ماشین‌الات سنگین باعث انفجارهای محلی و در نتیجه پراکنده کردن و مخلوط شدن ذرات زغال سنگ با هوا و انفجارات ثانویه مهیب که بارها قویتر از انفجار گازهاست، میشد. بین سالهای ۱۹۸۰-۱۹۶۲ در بریتانیا ۴۸۵ انفجار و ۷۱۵ آتشسوزی بر اثر این نوع از انفجارها در معادن رخداد که ۷۶ نفر قربانی و ۶۳۹ نفر زخمی به همراه داشت. این نمونه انفجارها در بخش کشاورزی نیز به وقوع می‌پیوندد. در سیلوهای ذخیره سازی گندم و آرد، اختلاط مواد با هوا و ایجاد جرقه باعث انفجار می‌شود. بین سال‌های ۱۹۹۷-۱۹۸۷، ۱۲۹ مورد از این اتفاق رخ داده است.

امروزه ذرات ارگانیک کاربردهای وسیعی در صنعت دارند. به عنوان ماده اولیه در صنایع گوناگون نظیر صنایع نظامی، غذایی، دارویی و غیره به کار می‌روند. با گسترش روز افزون

استفاده از ذرات در صنایع گوناگون، صدمات ناشی از احتراق و انفجار آنها نیز افزایش چشمگیر داشته است.

با توجه به مباحث بالا، اگرچه احتراق ذرات ریز ارگانیک می‌تواند بسیار ویرانکننده باشد، ولی با توجه به انرژی بسیار زیاد این ذرات، چنانچه بتوان انرژی حاصل از احتراق آنها را مهار کرد می‌توان از آنها به نحو سازنده ای استفاده کرد. اینکار توسط علم احتراق ذرات ریز جامد انجام می‌گیرد. در نتیجه ذرات ارگانیک را می‌توان از دوجنبه ی احتراق و انفجار مورد مطالعه قرار داد.

احتراق ذرات ارگانیک یک فرایند فیزیکی و شیمیایی پیچیده است که همزمان شامل انتقال حرارت، انتقال جرم، تبخیر رطوبت، تجزیه حرارتی^۱ ذرات و واکنش شیمیایی می‌باشد. با در نظر گرفتن این فرایندها مشخص می‌گردد که فرایند احتراق ذرات ارگانیک یک مسئله بسیار پیچیده می‌باشد که هنوز کاملاً شناخته شده نبوده و نیازمند تحقیقات و بررسی‌های فراوان است.

در آستانه قرن اخیر، ورود ابر ذرات قابل اشتعال به صنعت و قابلیت انفجار آنها باعث شد که خطر انفجار ابر ذرات به عنوان یک موضوع مهم برای مدیریت ایمنی در صنایع مطرح شود. انفجار غبار ذغالسنگ در معادن یا انفجار ذرات در سیلوهای کشاورزی، صنایع چوب خرد کنی، صنایع شکر، پودرهای فلزی، کاغذ، مواد شیمیایی و لاستیک های صنعتی همگی مواردی هستند که صدمات جانی و مالی سنگینی را متحمل می‌شوند. این موضوع زمانی پر اهمیت تر می‌شود که در زمان کوتاهی آمار حوادث بالا باشد. به عنوان مثال در سپتامبر ۱۹۹۷ میلادی در آمریکا پنج سیلوی کشاورزی در مدت هشت روز منفجر شد.

اکثر تحقیقات بنیادی جهت یافتن عوامل انفجار به معادن زغال سنگ معطوف گردیده تا بتوان از انفجار در داخل معادن جلوگیری کرد. خطر اصلی در کار با زغالسنگ، معلق بودن ذرات و خطر خود انفجاری آنها می‌باشد. یکی از انواع انفجار در معادن، انفجار های ابتدایی به خاطر گاز متان بوده که این باعث می‌شود تا ذرات ته نشین شده در کف و دیواره ها به صورت معلق در آمده و مخلوط غبار-هوا بستر لازم را جهت انتشار شعله فراهم آورد. اگر غلظت به

اندازه کافی باشد شعله در میان مخلوط ذرات و هوا حرکت کرده و نتیجه آن می تواند باعث به وجود آمدن ریز دانه های زغالسنگ در اتمسفر محیطی منطقه شده که معمولاً ذرات تولید شده در نزدیکی نقطه شکل گیری جمع آوری می شوند ولی باز هم محیطی با قابلیت انفجار و اشتعال بالا در کارگاه ها ایجاد گردیده به گونه ای که بین سال های ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۰ میلادی باعث وارد آوردن خسارات مالی و جانی فراوانی در منطقه شده است.

کشور ما نیز از رویداد این حوادث در امان نبوده از جمله آنها انفجار سیلوی ترانزیت بندرامام در سال ۱۳۷۳ شمسی است که در آن حادثه ۱۴ نفر کشته و ۲۰ نفر مجروح گردیدند. همچنین در شهریور ماه ۱۳۸۴ شمسی، ۱۱ کارگر در اثر انفجار ذرات ذغالسنگ در یکی از معادن کرمان کشته شدند. به هر حال تعداد قابل توجهی انفجار ذرات در امور صنعتی رخ داده که باعث مرگ و میر انسان ها، کاهش اشتغال، تخریب سرمایه های زیربنایی و غیره می شود. در نتیجه داشتن آگاهی دقیق از نحوه انتشار شعله، شناخت عوامل ایجاد انفجار و پیش بینی احتمال آتش سوزی به وسیله ابر ذرات در معادن، سیلوها، مواد شیمیایی و داروخانه ای، انبار های حمل و نقل و دیگر محیط های صنعتی کمک مؤثری به بحث ایمن سازی صنعت خواهد بود.

از طرف دیگر قسمت عمده ای از انرژی جهان از سوخت های فسیلی تامین می گردد که این تبدیل انرژی با سوزاندن مستقیم سوخت های جامد از قبیل ذغالسنگ یا مایعات سنگین که در هوا سوزانده می شوند، انجام می پذیرد. کوچک نمودن ابعاد ذرات سوخت باعث افزایش سطح تماس سوخت با هوا گردیده و هر جزء با دریافت انرژی کمتری به فاز گازی می رسد که در این حالت راحت تر می تواند با هوا مخلوط و آماده احتراق شود. اگرچه مخلوط ذرات باعث اتفاقات ویران کننده ای می شود، اما انرژی آن می تواند در زمینه های مختلف تولید انرژی بکار رود.

تحقیقات اولیه در مورد سوختن ذرات به طور اساسی با ناسلت آغاز شد که مربوط به فهم فرایند های سوختن ذرات در مخلوط های زغال سنگ می باشد. آن طور که می دانیم رژیم های بسیاری بر سوخت تک ذره اثر می کند و یکی از این رژیم ها فرایند نفوذ اکسیژن به سطح ذره می باشد. همچنین ناسلت اشاره می کند که آثار انتقال حرارت تشعشی ذرات در حال

سوختن ممکن است نقش هایی را در انتشار شعله در ابرهای غبار ذرات که به اندازه کافی بزرگ هستند ایفا کند.

به علت کمبود تحقیقات بنیادین در احتراق ذرات هیچ توافقی به عنوان این که مکانیزم حاکم بر احتراق چیست در مخلوط های غبار ذرات وجود ندارد. در نتیجه تحقیقات، فرایند هایی که شامل انتشار شعله گاز می گردند و به طور اساسی و عمدتاً به علت نفوذ مولکولی و گرماسست و در ابتدا تشعشع دارای تاثیر بسیار اندک و یا در انتشار شعله بدون تاثیر در نظر گرفته می شد. اما با گذشت زمان و با در نظر گرفتن معادلات حاکم بر احتراق ذرات اثر تشعشع خصوصاً در ناحیه پیش گرم مشاهده شد.

www.ketab.ir

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه

۱-۱	مقدمه	۱۵
۲-۱	تعاریف پارامترهای مهم احتراقی	۱۶
۱-۲-۱	شعله آرام	۱۶
۲-۲-۱	شعله پیش مخلوط	۱۶
۳-۲-۱	شعله غیرپیش مخلوط	۱۷
۴-۲-۱	سرعت انتشار شعله	۱۸
۵-۲-۱	سرعت سوزش	۱۸
۶-۲-۱	دمای ادیاباتیک شعله و شعله ادیاباتیک	۱۹
۷-۲-۱	حدود اشتعال	۱۹
۸-۲-۱	فاصله خاموشی	۱۹
۳-۱	مفاهیم کلی احتراق تصادفی	۳

فصل دوم: انکسار پارامترهای شعله در فرایند گازی سازی زغال سنگ

۱-۲	مقدمه	۲۵
۲-۲	نتایج آزمایشگاهی	۲۸
۱-۲-۲	نمونه های زغال سنگ و تهیه چار	۲۸
۲-۲-۲	خصوصیات زغال سنگ و چار	۲۹
۳-۲-۲	تحلیل انکسار اشعه X	۲۹
۴-۲-۲	واکنش پذیری چار	۳۱
۳-۲	نتایج و بحث	۳۱
۱-۳-۲	خواص استاندارد زغال سنگ و چار	۳۱
۲-۳-۲	تجزیه و تحلیل انکسار XRD کریستال کربن	۳۳
۳-۳-۲	واکنش پذیری در فرایند گازی سازی	۳۶
۴-۳-۲	اثر آروماتیسیته بر واکنش و انرژی فعالسازی	۳۸
۴-۲	نتیجه گیری	۴۰
۵-۲	کتابنامه	۴۰

فصل سوم: مدل منفذ تصادفی و نفوذ در احتراق ذرات زغال سنگ

۱-۳	مقدمه	۴۳
۲-۳	فاز آزمایش	۴۶

۴۶	۱-۲-۳ اندازه گیری واکنش پذیری
۴۶	۳-۳ مدل منفذ تصادفی
۴۸	۴-۳ نتایج
۴۸	۱-۴-۳ نتایج حل معادلات
۴۹	۲-۴-۳ تعیین پارامترهای مدل و اعتبارسنجی
۵۲	۵-۳ نتیجه گیری
۵۲	۶-۳ کتابنامه

فصل چهارم: احتراق تصادفی و محدوده واکنش پذیری اروسول P-NF

۵۳	۱-۴ مقدمه
۵۷	۲-۴ انتخاب مواد و مراحل مختلف آزمایش
۵۷	۱-۲-۴ مواد
۵۸	۲-۲-۴ تولید اروسول
۵۹	۳-۲-۴ تعیین مشخصات اروسول
۵۹	۳-۴ نتایج
۵۹	۱-۲-۴ تشکیل اروسول و مشخصات قطرات
۶۱	۲-۳-۴ قابلیت اشتعال پذیری و انتشار شعله
۶۳	۳-۳-۴ زمان تاخیر احتراق اروسول
۶۵	۴-۳-۴ جدول قابلیت اشتعال پذیری اروسول در محیط اشتعال پذیر
۶۶	۴-۴ نتیجه گیری

فصل پنجم: مدل سازی محیط واکنشی - نفوذی به روش دیکشنری تصادفی

۶۹	۱-۵ مقدمه
۷۱	۲-۵ مروری بر روش انتخاب تصادفی با ضریب نفوذ ثابت
۷۹	۳-۵ روش دیکشنری در حالت ضریب نفوذ غیر خطی
۸۴	۴-۵ شرایط مرزی
۸۶	۵-۵ نتیجه گیری
۸۹	۶-۵ کتاب نامه

فصل ششم: مروری بر احتراق تصادفی در محفظه احتراق

۹۱	۱-۶ بی نظمی دیاتیل اتر بعنوان سوخت مکمل در موتور دیزل
۹۱	۱-۱-۶ مقدمه
۹۲	۲-۱-۶ امکانات تست موتور، دستگاه اندازه گیری و فرایند
۹۵	۳-۱-۶ بحث درباره ی تحلیل آزادسازی گرما حاصل از نتایج آزمایش
۱۰۰	۲-۶ مدل سازی احتراق خودبخودی غیر پیش امیخته و تصادفی
۱۰۰	۱-۲-۶ مقدمه

۱-۱	معادلات بدون شعله	۲-۲-۶
۱-۲	مدلسازی احتراق خودبخودی در حالت کاهش اغتشاشات	۳-۲-۶
۱-۳	مدلسازی نوسانات نرخ پراکندگی	۱-۳-۲-۶
۱-۵	مدلسازی ترکیب و پیکره بندی	۲-۳-۲-۶
۱-۶	روش عددی	۴-۲-۶
۱-۷	نتایج عددی	۵-۲-۶
۱-۹	کتاب نامه	۳-۶

فصل هفتم: مطالعه احتراق به روش عکس برداری سه بعدی

۱-۷	مقدمه	۱۱۱
۲-۷	مدل ریاضی	۱۱۳
۳-۷	الگوریتم پرتونگاری و مرتب سازی	۱۱۴
۴-۷	اعتبارسنجی عددی	۱۱۹
۵-۷	نتایج تجربی	۱۲۰
۶-۷	مزایای تصادفی کردن زاویه دید	۱۲۳
۷-۷	کتاب نامه	۱۲۳

فصل هشتم: احتراق تصادفی ابر ذرات

۱-۸	بررسی اثر بازتاب حرارت و دما در احتراق تصادفی ذرات ابرگانیک	۱۲۵
۱-۱-۸	مقدمه	۱۲۵
۲-۱-۸	تعریف مسئله و بدست آوردن معادلات	۱۲۷
۳-۱-۸	حل معادلات در ناحیه پیشگرم	۱۳۱
۴-۱-۸	حل معادلات ناحیه پس از شعله	۱۳۲
۵-۱-۸	حل معادلات ناحیه احتراق	۱۳۳
۶-۱-۸	نتایج	۱۳۶
۷-۱-۸	بحث و نتیجه گیری	۱۴۴
۲-۸	محدوده انتشار شعله در محیط های تصادفی و غیر تصادفی ابر ذرات	۱۴۵
۱-۲-۸	مقدمه	۱۴۵
۲-۲-۸	مدل آنالیزی گسسته	۱۴۸
۳-۲-۸	محدودیت پخش شعله در مدلسازی عددی	۱۵۱
۴-۲-۸	احتراق ذرات در فضای دو بعدی تصادفی	۱۵۴
۲-۸	محدوده انتشار و سرعت جبهه واکنشی - نفوذی در محیط تصادفی	۱۵۷
۱-۲-۸	مقدمه	۱۵۷
۲-۳-۸	مروری بر مدل ها	۱۵۸
۳-۳-۸	حل گسسته تصادفی	۱۶۱
۴-۳-۸	محدوده انتشار	۱۶۳

انتشار شعله در محیط تصادفی.....	۴-۸	۱۶۵
مدل.....	۱-۴-۸	۱۶۵
دینامیک انتشار پیشرو.....	۲-۴-۸	۱۶۸
تئوری میدان متوسط.....	۳-۴-۸	۱۷۰
نتایج عددی برای انتشار شعله.....	۴-۴-۸	۱۷۳
ناهمواری سینتیکی پیشرو شعله.....	۵-۴-۸	۱۷۵
خلاصه و بحث.....	۶-۴-۸	۱۷۹
احتراق مخلوط ناهمگن سوخت با ساختار تصادفی.....	۵-۸	۱۸۰
مقدمه.....	۱-۵-۸	۱۸۰
احتراق مخلوط ناهمگن با توزیع تصادفی سوخت مایع.....	۲-۵-۸	۱۸۲
نتایج مدل عددی در تردیکی محدوده حرارت و غلظت احتراق.....	۳-۵-۸	۱۸۴
توان های بحرانی.....	۴-۵-۸	۱۸۶
مقایسه با آزمایش.....	۵-۵-۸	۱۸۸
نتیجه گیری.....	۶-۵-۸	۱۹۲
کتاب نامه.....	۶-۸	۱۹۳
واژه نامه.....		۱۹۵