

احتراق ذرات آهن

تألیف :

دکتر مهدی بیدآبادی

استاد دانشکده مکانیک دانشگاه علم و صنعت ایران

مهندس محسن برومند

کارشناس ارشد مکانیک دانشگاه علم و صنعت ایران

سرشناسه	پیدآبادی، مهدی، ۱۳۳۸ -
عنوان و نام پدیدآور	احتراق ذرات آهن / تألیف مهدی پیدآبادی، محسن برومند.
مشخصات نشر	تهران: آرنا، ۱۳۹۲.
مشخصات ظاهری	۲۲۰ ص.: جدول، نمودار؛ ۵/۱۴×۲۱/۵ س.م.
شابک	۹۷۸-۶۰۰-۷۰۲۶-۵۶-۴ :
وضعیت فهرست نویسی	فیا :
یادداشت	ص.ع. به انگلیسی: Mehdi Bidabadi, Mohsen Broumand.
یادداشت	Combustion of iron particles
یادداشت	: واژه‌نامه.
یادداشت	: کتابنامه.
موضوع	فلزها -- احتراق
شناسه افزوده	: برومند، محسن، ۱۳۶۵ -
رده بندی کنگره	۱۳۹۲۴۵۹T A ۳ الف ۹۴ پ /
رده بندی دیویی	: ۱۶/۶۱۰
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۲۱۳۰۵۷



نشر آرنا

عنوان	: احتراق ذرات آهن
نویسنده	: مهدی پیدآبادی، محسن برومند
ناشر	: آرنا
طرح جلد	: مرتضی هانی
چاپ	: اول ۱۳۹۲
شمارگان	: ۱۰۰۰ نسخه قیمت: ۱۲۰۰۰ تومان
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۷۰۲۶-۵۶-۴

فهرست مطالب

فصل ۱: مقدمه	۹
۱-۱- هدف از این کتاب.....	۱۰
فصل ۲: احتراق ذرات فلزی	۲۱
۱-۲- طبقه بندی احتراق ذرات فلزی.....	۲۳
۲-۲- رژیم های احتراق ذرات فلزی.....	۲۹
۳-۲- دسته بندی فرایند اشتعال فلزات.....	۳۳
۱-۳-۲- اشتعال بی ارتباط با دمای تغییر فاز.....	۳۶
۲-۳-۲- اشتعال بی ارتباط با دمای تغییر فاز ولی احتمالاً کنترل شده توسط انحلال پذیری فازی دو طرفه.....	۳۷
۳-۳-۲- اشتعال همراه با ذوب فیلم اکسید فلز.....	۳۹
۴-۳-۲- اشتعال همراه با ذوب فلز و تخریب فیلم اکسید.....	۴۱
۵-۳-۲- اشتعال همراه با تبخیر فیلم اکسید در نتیجه جوشش.....	۴۳
فصل ۳: احتراق نانو ذرات آهن	۴۶
۱-۳- احتراق نانو ذرات فلزی.....	۵۲
۱-۱-۳- اشتعال و احتراق نانو ذرات آلومینیم.....	۵۲
۲-۱-۳- اشتعال و احتراق نانو ذرات بور.....	۶۱
۳-۱-۳- احتراق گرد جریان ذرات.....	۶۵
۲-۳- احتراق نانو ذرات آهن.....	۶۶
۱-۲-۳- استفاده از نانو ذرات آهن در موتور خودرو.....	۶۶
۲-۲-۳- مزایا و معایب استفاده از سوخت های فلزی.....	۷۲
۳-۲-۳- چرا نانو.....	۷۸
۴-۲-۳- خوشه های سوخت تشکیل شده از نانو ذرات فلزی.....	۸۲
۵-۲-۳- بررسی چگونگی کنترل فرآیند احتراق سوخت فلزی.....	۸۴

۹۲.....۳-۲-۶- احیاء نانو ذرات اکسید آهن

۹۲.....۳-۲-۷- یک مدل برای احتراق نانو ذرات آهن

فصل ۴: احتراق میکرو ذرات آهن ۹۷

۹۸.....۴-۱- تعاریف، اصول و مبانی نظری

۹۸.....۴-۱-۱- احتراق میکرو ذرات آهن

۱۰۴.....۴-۲- مروری بر ادبیات موضوع

۱۰۴.....۴-۲-۱- بررسی احتراق میکرو ذرات آهن

فصل ۵: مدلسازی احتراق ذرات آهن ۱۳۱

۱۳۳.....۵-۱- حل تحلیلی دقیق

۱۳۳.....۵-۱-۱- مدلسازی یک بعدی

۱۵۴.....۵-۱-۲- مدلسازی دو بعدی

۱۶۲.....۵-۲- حل تحلیلی نادقیق

۱۶۲.....۵-۱-۲- مدلسازی یک بعدی

۱۷۰.....۵-۳- نتایج و تحلیل آن

۱۷۱.....۵-۳-۱- حل تحلیلی دقیق

۱۸۶.....۵-۳-۲- حل تحلیلی نادقیق

۱۹۳.....۵-۴- جمع بندی

۱۹۵.....۵-۴-۱- پیشنهادها

پیوست الف: جداول خواص ۱۹۶

۲۰۲ منابع

۲۱۲ فرهنگ لغات علمی

پیش گفتار مولفان

از آغاز پیدایش انسان، سوخته‌های جامد در بسیاری از کاربردهای مهم احتراقی مورد استفاده قرار گرفته اند. کنده های چوب که در بخاری و یا هیمة آتش می سوزند، تله های زغال چوب که در منقل برافروخته می شوند، زغال سنگ (بیشتر به شکل خاکه) که در لوکوموتیوها و کوره نیروگاه ها می سوزد، ترکیبات فلزی که در اتاقک های احتراق سیستم پیرایش با سوخت جامد می سوزند، نمونه هایی از این فهرست بلند بالا هستند.

از آنجا که سوخت های جامد، جرم ویژه، دمای شعله و گرمای احتراق نسبتاً زیادی دارند، از جایگاه بهتری در مقایسه با انواع سوخت ها بر خوردارند. همچنین جا به جایی و انبار کردن سوخت های جامد نسبتاً آسان می باشد، قیمت آنها ارزانتر تمام می شود و به آسانی در دسترس قرار می گیرند. در گذشته سوخت جامد بیشتر در نیرو گاه های ساکن مورد استفاده قرار می گرفت که در سال های اخیر با توجه به اختراع توربین های گازی، سوخت های جامد در واحد های تولید توان و پیش رانش فضایی نیز به کار گرفته شده اند.

این کتاب در واقع اولین کتابی است که به طور انحصاری به پدیده احتراق ذرات جامد، انواع محصولات تولیدی طی این فرایند و تاثیر آن در فرایند احتراق ذرات آهن پرداخته است. همچنین در کتاب حاضر سعی شده است ضمن بیان دیدگاه ها، نظرات و برخی از فعالیت های محققین سرآمد در این زمینه، گوشه ای از فعالیت های صورت گرفته توسط دانشجویان و محققان آزمایشگاه تحقیقاتی سوخت و احتراق

دانشگاه علم و صنعت ایران در این خصوص نیز به شکل مناسب و مقتضی ارائه گردد.

مولفین این کتاب برخود لازم می دانند در ابتدای امر سپاسگزار خالق هستی، خداوند علیم و بخشنده بخاطر نعمت های بی شمارش بوده و در ادامه از تمام کسانی که در این مدت دیدگاه ها، نظرات و راهکارهایشان راهگشای تالیف این کتاب بوده است تشکر و قدردانی کرده؛ و برای ایشان آرزوی سلامتی، موفقیت و سر بلندی در تمام زمینه های مادی و معنوی را نمایند. ما همچنین مراتب تقدیر و تشکر ویژه خود را از کلیه اساتید و دانشجویان عزیز فعال در آزمایشگاه تحقیقاتی احتراق دانشگاه علم و صنعت ایران از جمله آقایان: دکتر سید علیرضا مصطفوی و جلیل فریدونی که از فعالیت های ایشان در ساختار این کتاب استفاده شده است ابراز می داریم.

در پایان از تمامی اساتید، همکاران و دست اندرکارانی که در داوری، چاپ و نشر این کتاب مشارکت داشته اند سپاسگذاری می نماییم. امید است با استفاده از اطلاعات کتاب حاضر، مهندسان و پژوهشگران احتراق به سمت درک بیشتر فرایند احتراق و به طور کلی در جهت تولید وسائل احتراقی با بازده های بالاتر و نشر آلاینده های کمتر گام بردارند.

دکتر مهدی بید آبادی - مهندس محسن برومند - تابستان ۱۳۹۲

۱-۱ هدف از این کتاب

مطالعه بر روی احتراق ابر ذرات^۱ بخصوص ذرات فلزی معلق در هوا^۲ در بسیاری از زمینه های مهم تکنولوژی دارای اهمیت زیادی می باشد که از آن جمله می توان به خطرات ناشی از انفجار ذرات^۳، تکنیک های خاموش کردن آتش^۴ و احتراق سوخت ها فسیلی مانند زغال سنگ اشاره نمود. همچنین بسیاری از فلزات مانند آهن، مولیبدن، نیکل و مس به طور گسترده ای در تجهیزات و قطعات الکتریکی استفاده می شوند که آگاهی از چگونگی احتراق این فلزات در شرایط مختلف بسیار مهم می باشد.

از پودرهای آلومینیوم جهت استفاده در سیستم های پیشران^۵ جهت کمک به انتالی احتراق آنها استفاده می گردد، فلزاتی مانند منیزیم و بورون در مخلوط های آتش بازی^۶ برای نورافشانی و ایجاد نورهای رنگی استفاده می گردند. مدت زیادی است که این فلزات و فلزات دیگری مانند هافنیوم، تیتانیوم، زیرکونیوم و برلییم با انتالی های

^۱ Dust combustion

^۲ Metal aerosol

^۳ Dust explosion hazards

^۴ Fire suppression techniques

^۵ Propulsion solid-fueled

^۶ Pyrotechnics mixture

احتراق بالا توانسته اند به عنوان افزودنی های انرژی زا در پیشرانه ها^۱، آتش زنه ها^۲ و ساخت و سنتز شعله ها^۳ مورد استفاده قرار گیرند. همچنین کاربرد جریان های واکنشگر دو فازی که مخلوطی از گاز و ذرات جامد می باشند، در فرایندهای صنعتی و سیستم های تبدیل انرژی کاربرد داشته و انتقال ایمن این ذرات معلق و اشتعال پذیر در صنایع دارای اهمیت فراوان می باشد.

با وجود اهمیت کاربردی احتراق ذرات فلزی، مکانیزم های احتراق و پیشروی شعله در ابر ذرات فلزی و همچنین مفاهیم پایه ای احتراق در محیط های دو فازی و ناهمگن که دینامیک حرکت ذرات و نفوذ گرما و جرم در آنها موثر می باشد، در مقایسه با تئوری تکامل یافته^۴ شعله های همگن گازی، که پیشروی موج های احتراقی در آنها با استفاده از مشخصات فیزیکی-شیمیایی مخلوط واکنشی کاملاً مشخص می گردد، به طور کامل شناخته شده نمی باشند.

با توجه به مطالعات فراوانی که بر روی مکانیزم های احتراق و پیشروی شعله در ابر ذرات فلزی صورت گرفته است، به دلیل وجود تنوع زیاد سوخت های فلزی و خواص متفاوت آنها و دشواری های تهیه یک سوسپانسیون بخصوص با مشخصات معلوم در محیط آزمایشگاه و

^۱ Propellants

^۲ Incendiaries

^۳ Flame synthesis

^۴ Well-established theory

همچنین مشکلات آزمایشگاهی در ایجاد یک شعله آرام، ارائه یک تئوری جامع برای احتراق ابر ذرات را دشوار نموده است.

از جمله پارامترهای مهم در تئوری شعله آرام می توان به دمای آدیاباتیک شعله، سرعت سوزش^۱، فاصله خاموشی^۲، سرعت پیشروی شعله^۳، ضخامت شعله^۴ و ... اشاره نمود.

مطالعات بر روی قابلیت انفجار^۵ ابر ذرات فلزی به دهه ۱۹۶۰ برمی گردد، زمانی که آزمایشاتی با استفاده از یک محفظه احتراق استوانه ای و جرقه زن الکتریکی توسط سازمان جمع آوری اطلاعات معادن در پیتسبورگ^۶ انجام گردید [۱].

لازم به ذکر می باشد که، انجام آزمایشات در یک محیط با گرانش کاهش یافته می تواند به مقدار زیادی از ته نشینی ذرات جلوگیری نموده و همچنین جریان های همرفتی القاء شده توسط شناوری را نیز حذف کند، و اجازه می دهد تا سرعت های شعله بسیار کم در سوسپانسیون ذرات درشت، آرام سوز و سوخت های غیر فرار، مشاهده شود. با توجه به این موضوع علاقه برای آزمایشات در شرایط گرانش

^۱ Burning velocity

^۲ Quenching distance

^۳ Flame speed

^۴ Flame thickness

^۵ Explosibility

^۶ US Bureau of Mines at Pittsburgh