دانشکده مهندسی شیمی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

سنتز و مطالعه تاثیر نانو کاتالیزورهای اکسید آهن و مس بر خواص احتراقی پیشرانه های جامد مرکب

علی بلوکیان

استاد راهنما:

دکتر مهرداد منطقیان

استاد مشاور:

دکتر حسن پهلوانزاده

بهمن ۱۳۹۲

بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده مهندسی شیمی

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

آقای علی بلوکیان پایان نامه ۶ واحدی خود را با عنوان **بررسی تأثیر نانوکاتالیزورهای اکسید آهن و مس بر خواص احتراقی پیشرانه های جامد مرکب** در تاریخ ۱۳۹۲/۱۱/۱۵ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده، پذیرش آنرا برای اخذ درجه کارشناسی ارشد مهندسی شیمی پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر مهرداد منطقیان	استاد	
استاد مشاور	دکتر حسن پهلوانزاده	استاد	
استاد ناظر	دکتر عبدالصمد زرین قلم مقدم	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر محمود ترابی انگجی	دانشیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر عبدالصمد زرین قلم مقدم	دانشیار	

آیین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می‌باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجو مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب، نرم افزار و یا آثار ویژه (اثری هنری مانند فیلم، عکس، نقاشی و نمایشنامه) حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده‌ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده‌ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین نامه های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته‌ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸۷/۴/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

«اینجانب **علی بلوکیان**دانشجوی رشته **مهندسی شیمی** ورودی سال تحصیلی **۱۳۹۰** مقطع **کارشناسی‌ارشد** دانشکده **مهندسی شیمی** متعهد می‌شوم کلیه نکات مندرج در آئین نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته های علمی مستخرج از پایان نامه / رساله تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آئین نامه فوق الاشاره به دانشگاه وکالت و نمایندگی می دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع بنام بنده و یا هر گونه امتیاز دیگر و تغییر آن به نام دانشگاه اقدام نماید. ضمناً نسبت به جبران فوری ضرر و زیان حاصله بر اساس برآورد دانشگاه اقدام خواهم نمود و بدینوسیله حق هر گونه اعتراض را از خود سلب نمودم»

امضا:
تاریخ: ۹۲/۱۱/۱۷
علی بلوکیان

آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه،دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده دررشته مهندسی شیمی است که در سال ۱۳۹۲در دانشکده مهندسی شیمی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای **دکتر مهرداد منطقیان** از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده رابه عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواندخسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده‌نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب **علی بلوکیان** دانشجوی رشته **مهندسی شیمی** مقطع **کارشناسی ارشد** تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: علی بلوکیان

تاریخ و امضا: ۹۲/۱۱/۱۷

دانشکده مهندسی شیمی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

سنتز و مطالعه تاثیر نانو کاتالیزورهای اکسید آهن و مس بر خواص احتراقی پیشرانه های جامد مرکب

علی بلوکیان

استاد راهنما:

دکتر مهرداد منطقیان

استاد مشاور:

دکتر حسن پهلوانزاده

بهمن ۱۳۹۲

تقدیم به:

کلیه عزیزانی که مرا در راستای تهیه این پایان نامه یاری نمودند.

تشکر و قدردانی:

پس از حمد و سپاس الهی، بر خود لازم می دانم که از زحمات استادار جمند آقای دکتر مهرداد منطقیان که در تمام مراحل این پایان نامه مرا صمیمانه همراهی کرده اند، قدردانی و سپاسگزاری نمایم.

همچنین از کلمهای بی شائبه همسر صبور و دوستان و همکاران عزیزم کمال تشکر را دارم که بدون آنها تهیه این مکتوب مقدور نبود.

چکیده:

هدف از انجام این تحقیق، سنتز نانو کاتالیست های اکسید آهن و مس و بکارگیری در نمونه های آزمایشگاهی پیشرانه جامد مرکب و بررسی تاثیر آنها بر خواص احتراقی پیشرانه شامل دمای خوداشتعالی، گرمای احتراق و سرعت سوزش می باشد. برای دستیابی به سرعت سوزش های بالا، بکارگیری کاتالیست های مایع رایج می باشد که به دلیل مهاجرت آنها مهم ترین عامل کاهش عمر پیشرانه می باشند. دستیابی به سرعت سوزش های بالا با نانوکاتالیست های جامد که مشکل مهاجرت ندارند در بهبود عمر پیشرانه نقش اساسی دارد. بررسی مطالعات محققین حاکی از آن است که بکارگیری نانوکاتالیست ها باعث بهبود خواص احتراقی پیشرانه ها می گردد. نانو اکسید آهن و مس از پرکاربرد ترین این نانوکاتالیست ها می باشند که در این گزارش در ابتدا به سنتز و شناسایی آنها پرداخته شده است. روش بکارگرفته شده برای سنتز این نانو ذرات، روش قالب ریزی ژل می باشد. با بهینه سازی فرایند شامل دمای کلسینه کردن، نسبت مونومر به شبکه کننده و همچنین نسبت مونومر به نمک فلزی، اندازه ذرات کمینه شده است. از آزمونهای XRD، SEM، BET و TEM برای آن استفاده شده است. در ادامه با بکارگیری این ذرات در نمونه های آزمایشگاهی پیشرانه، تاثیر آنها بر خواص احتراقی بررسی شده است. برای توزیع نانو ذرات در ترکیب پیشرانه از دو روش شامل انحلال در نرم کننده و پوشش دهی فیزیکی اکسیدکننده استفاده گردید. نتایج بدست آمده با خواص احتراقی کاتالیزور مایع مقایسه شد که نشان می‌دهد تاثیر نانو اکسید مس در بهبود خواص احتراقی بیشتر از نانو اکسید آهن می باشد، به طوریکه در مقایسه با کاتالیزور مایع فروسن، نانو اکسید مس ۶۹٪ و نانواکسید آهن ۶۱٪ سرعت سوزش را بهبود داده اند. مقادیر اندازه گیری شده برای دمای خوداشتعالی و گرمای احتراق نشان می دهدکه میزان تغییرات این پارامترها برای نمونه های تولیدی کمتر از ۳٪ است که حاکی از عدم تاثیر ملموس کاتالیست ها بر این دو پارامتر دارد.

واژه‌های کلیدی:پیشرانه جامد مرکب، نانوکاتالیست، قالب ریزی ژل، خواص احتراقی، اکسیدآهن، اکسیدمس

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه ۱

۱-۱- بیان موضوع ۲

۱-۲-اهداف انجام پایان نامه ۳

۱-۳-روش پژوهش ۴

۱-۴- ساختار پایان‌نامه ۵

فصل دوم: مروری بر منابع ۶

۲-۱- پیشرانه جامد مرکب ۷

۲-۲- اجزای پیشرانه جامد مرکب : ۷

۲-۲-۱- سیستم بستر پلیمری ۸

۲-۲-۲-اکسید کننده ۹

۲-۲-۳-مواد افزودنی ۹

۲-۲-۴-سوختهای فلزی ۹

۲-۳- بررسی نانو ذرات در پیشرانه های جامد مرکب ۹

۲-۳-۱- خواص عمومی نانو ذرات در پیشرانه ها ۱۰

۲-۳-۲-عملکرد نانو پودرهای فلزی در ترکیب پیشرانه ۱۰

۲-۳-۳- عملکرد نانوکاتالیست ها در ترکیب پیشرانه ۱۴

۲-۳-۴-انواع کاتالیست های سرعت سوزش در ترکیب پیشرانه ۱۷

۲-۳-۵- انواع نانوکاتالیست ها در ترکیب پیشرانه های جامد مرکب ۲۸

۲-۴-روش های سنتز نانو ذرات ۳۲

۲-۴-۱-روش سل-ژل ۳۳

۲-۴-۲-روش قالب ریزی ژل ۳۶

۲-۴-۳-روش های تعیین مشخصات نانو ذرات ۳۸

فصل سوم مواد، تجهیزات و روشها ۴۰

۳-۱-سنتز نانو اکسید آهن و نانو اکسید مس ۴۱
۳-۱-۱-مواد اولیه و تجهیزات سنتز نانو کاتالیست ۴۱
۳-۱-۳-فرایند آزمایشگاهی سنتز نانوکاتالیست های اکسید آهن و مس ۴۴
۳-۱-۴-پارامترهای تعیین کننده در اندازه ذرات ۴۶
۳-۲- روش بکارگیری نانو ذرات در پیشرانه جامد مرکب ۴۷
۳-۳-تولید پیشرانه جامد مرکب: ۴۸
۳-۳-۱- ترکیب اجزای پیشرانه جامد مرکب: ۴۹
۳-۳-۲-روش تولید پیشرانه جامد مرکب ۵۱
۳-۳-۳- اندازه گیری خواص احتراقی: ۵۴
فصل چهارم:نتایج و بحث ۶۰
۴-۱- مقدمه ۶۱
۴-۲-بهینه سازی دمای کلسینه کردن ۶۱
۴-۳ شناسایی نانو ذرات با آزمون XRD: ۶۳
۴-۴ بهینه سازی نسبت مونومر به شبکه کننده و نسبت مونومر به نمک فلزی: ۶۵
۴-۴-۱ بهینه سازی اندازه ذرات نانو اکسید آهن: ۶۶
۴-۴-۲ بهینه سازی اندازه ذرات نانو اکسید مس: ۶۹
۴-۴-۳- تعیین قطر ذرات با نتایج آزمون BET ۷۳
۴-۴-۴- تعیین قطر ذرات با عکسبرداری TEM: ۷۳
۴-۵-نتایج خواص احتراقی نانو ذرات در پیشرانه جامد مرکب ۷۵
فصل پنجم :نتیجه گیری و پیشنهادات ۸۴
۵-۱- نتیجه گیری ۸۵
۵-۲-پیشنهادها ۸۷
منابع ۸۹

فهرست علائم و نشانه ها

عنوان	توضیحات	واحد
HTPB	پلی بوتادین با گروه انتهایی هیدروکسی	---
DOS	دی اکتیل سباسات	---
TDI	تولوئن دی ایزو سیانات	---
Al	آلومینیوم	---
AP	آمونیوم پرکلرات	---
PVC	پلی وینیل کلراید	---
TEMED	تترا متیلن اتیل دی آمید	---
ρ	چگالی	g/ml
D	قطر	m
μm	میکرومتر	10^{-6}m
nm	نانومتر	10^{-9}m
Q_s	گرمای احتراق	Cal/g
m	جرم نمونه	g
k	ثابت دستگاه کالریمتر	1/ ºC
L	واحد طول	m
ΔT	اختلاف دما	ºC
S	سطح	m^2
s	سطح ویژه	m
r	سرعت سوزش	mm/sec
TEM	میکروسکوپ انتقال الکترونی	---
BET	برونر ،امت و تلر	---
TGA	آنالیز وزن سنجی حرارتی	---
XRF	طیف سنجی فلوئورسانس اشعه ایکس	---
XPS	طیف بینی الکترونی اشعه ایکس	---
XRD	پراش اشعه ایکس	---
DTA	آنالیز حرارتی دیفرانسیلی	---
SEM	میکروسکوپ الکترونی پویشی	---

فهرست جداول

جدول ۲-۱- خواص پیشرانه جامد مرکب حاوی انواع مختلف کرومیت مس[۲۰] ۱۹

جدول ۲-۲- نتایج سرعت سوزش (با اندازه مختلف اکسید مس)در فشارهای مختلف[۲۰]..... ۲۰

جدول ۲-۳- تاثیر اندازه ذرات اکسید مس بر حساسیت دمایی و فشاری [۲۰] ۲۱

جدول ۲-۴- اثر نیتراتهای کربو هیدرازی فلزات واسطه بر سرعت سوزش ۲۵

جدول ۲-۵- تاثیر NTO و نمکهای آن بر سرعت سوزش و خواص مکانیکی [۲۶] ۲۶

جدول ۲-۶- تاثیر NTO و نمکهای آن بر حساسیت فشاری [۲۶] ۲۷

جدول ۲-۷- مقایسه تاثیراکسیدهای فلزات واسطه بر پیشرانه های جامد مرکب[۲۷] ۲۷

جدول ۲-۸-تاثیر نانوکامپوزیت های Cu-Cr-O بر سرعت سوزش [۳۰] ۲۸

جدول ۳-۱- مشخصات مواد استفاده شده ۴۱

جدول ۳-۲- تجهیزات آزمایشگاهی مورد نیاز برای سنتز نانوکاتالیستها ۴۲

جدول۳-۳-مواد شیمیایی تولید پیشرانه ۴۹

جدول ۳-۴-مشخصات پلی‌بوتادی‌ان با گروه‌های هیدروکسیل انتهایی (HTPB) ۴۹

جدول ۳-۵-مشخصات دی اکتیل سباسات(DOS) ۵۰

جدول ۳-۶-مشخصات پودر آلومنیوم..... ۵۰

جدول ۳-۷-مشخصات آمونیوم پرکلرات درشت ۵۰

جدول ۳-۸-مشخصات آمونیوم پرکلرات ریز ۵۱

جدول ۳-۹-مشخصات تولوئن دی‌ایزوسیانات ۵۱

جدول ۳-۱۰-مشخصات تری(۲-متیل ۱-آزیریدینیل) فسفین اکسید ۵۱

جدول ۴-۱-سیکل دمایی کوره در فرایند کلسینه کردن ۶۲

جدول ۴-۲- پروسکیت ها و اکسیدهای سنتز شده به روش قالب ریزی ژل ۶۲

جدول ۴-۳-مقدار پارامترهای X1 و X2 ..... ۶۶

جدول ۴-۴-مقادیر سطح ویژه برای بهینه سازی نانو اکسید آهن ۶۶

جدول ۴-۵- مقادیر BET برای بهینه سازی نانو اکسید مس ۶۹

جدول ۴-۶- مقادیر بهینه X_1 و X_2 برای نانو اکسید مس و آهن ۷۲

جدول ۴-۷- مقادیر قطر ذرات بهینه در آزمون BET برای نانو اکسید مس و آهن ۷۳

جدول ۴-۸- فرمول شیمیایی پیشرانه های تولیدی ۷۵

جدول ۴-۹- نتایج خواص احتراقی پیشرانه های تولیدی ۷۷

فهرست نمودارها، عکسها و نقشه ها

شکل ۲-۱- اجزای اصلی پیشرانههای جامد مرکب. ۸

شکل ۲-۲- مکانیسم احتراق ذرات فلزی در پیشرانههای جامد مرکب [۷] ۱۱

شکل ۲-۳- افزایش میزان حرارت در واحد حجم با کوچک شدن اندازه ذرات آلومینیوم[۱۰] ۱۲

شکل ۲-۴- احتراق میکرو ذرات فلزی [۸] ۱۲

شکل ۲-۵- احتراق نانوذرات فلزی [۸] ۱۳

شکل ۲-۶- نواحی درخشان شعله با ابعاد الف- ۳۰µm ب- ۱۵µm ج- ۳µm د-۱۰۰nm [۱۰] ۱۴

شکل ۲-۷- منحنی DTA برای تجزیه AP در حضور پودرهای فلزی میکرو و نانو[۲۲] ۲۲

شکل ۲-۸- تاثیر غلظت کاتالیست بر سرعت سوزش پیشرانه حاوی AP-PS[۲۳] ۲۴

شکل ۲-۹-تاثیر نانوکامپوزیت های Cu-Cr-O بر حساسیت فشاری و سرعت سوزش[۳۰] ۲۹

شکل ۲-۱۰-منحنی های DTA برای AP در حضور کاتالیست های مختلف[۳۲] ۳۰

شکل ۲-۱۱- شمای کلی از انواع روش های شناسایی و آنالیز مواد[۶۴] ۳۹

شکل ۳-۱-دستگاه آزمون TEM ۴۲

شکل ۳-۲-مراحل تولید نانو کاتالیست های فلزی به روش قالب ریزی ژل[۶۵] ۴۴

شکل ۳-۳- دستگاه اولتراسونیک با فرکانس متغیر ۴۵

شکل ۳-۴-مخلوط کن سیارهای ۵۳

شکل ۳-۵-محفظه اختلاط مخلوط کن سیارهای ۵۳

شکل ۳-۶-سیستم چرخش آب گرم ۵۳

شکل ۳-۷-آون ۵۳

شکل ۳-۸-روش تولید پیشرانه جامد مرکب ۵۴

شکل ۳-۹- بمب کالریمتر [۶۶] ۵۶

شکل ۳-۱۰- نمای درونی یک بمب کالریمتر [۶۶] ۵۶

شکل ۳-۱۱- نمایی از اجزای بمب کرافورد [۶۶] ۵۷
شکل ۳-۱۲- تصویر بمب کرافورد و دستگاه اندازهگیری سرعت سوزش ۵۹
شکل ۴-۱-نمودار XRD نانو اکسید مس ۶۳
شکل ۴-۲-نمودارXRD نانو اکسید آهن ۶۴
شکل ۴-۳-بهینه سازی پارامترهای X_1 و X_2 برای نانو اکسید آهن ۶۷
شکل ۴-۴- شکل سه بعدی X_1 و X_2 برای نانو اکسید آهن ۶۸
شکل ۴-۵- محدوده طیفی X_1 و X_2 برای نانو اکسید آهن ۶۸
شکل ۴-۶-بهینه سازی پارامترهای X_1 و X_2 برای نانو اکسید مس ۷۰
شکل ۴-۷-نمودار سه بعدی X_1 و X_2 برای نانو اکسید مس ۷۱
شکل ۴-۸- محدوده طیفی X_1 و X_2 برای نانو اکسید مس ۷۱
شکل ۴-۹- عکس TEM مربوط به نانو اکسید آهن ۷۴
شکل ۴-۱۰- عکس TEM مربوط به نانو اکسید مس ۷۴
شکل ۴-۱۱- عکس SEM مربوط به توزیع ذرات نانو اکسیدآهن در نرم کننده ۷۶
شکل ۴-۱۲- تغییرات دمای خود اشتعالی برای پیشرانه های تولیدی ۷۸
شکل ۴-۱۳- تغییرات گرمای احتراق برای پیشرانه های تولیدی ۷۹
شکل ۴-۱۴- تغییرات سرعت سوزش برای پیشرانه های تولیدی ۸۰
شکل ۴-۱۵- میزان درصد کاهش دمای خوداشتعالی برای پیشرانه های تولیدی ۸۱
شکل ۴-۱۶- میزان درصد افزایش گرمای احتراق برای پیشرانه های تولیدی ۸۲
شکل ۴-۱۷- میزان درصد افزایش سرعت سوزش برای پیشرانه های تولیدی ۸۳

فصل اول:

مقدمه

۱-۱- بیان موضوع

پیشرانه‌ها دسته‌ای از مواد پرانرژی هستند که در واکنش گرمازای خود بدون نیاز به اکسیژن اتمسفری میزان زیادی گاز تولید می‌کنند و در تفنگ‌ها، راکت‌ها و مولدهای گاز استفاده می‌شوند. پیشرانه‌ها به دو دسته پیشرانه‌های جامد و مایع تقسیم‌بندی می‌شوند[۱]. در حال حاضر پیشرانه‌های جامد مرکب از نظر کارایی، انرژی و فرایندپذیری کاربرد فراوانی پیدا نموده اند [۲]. فرمول بندی پیشرانه‌های جامد مرکب شامل یک سیستم بستر پلیمری پلیمری، اکسیدکننده و یک پودر جامد فلزی به عنوان سوخت می‌باشد. اجزای سیستم بستر پلیمری همگی مایع بوده و با یکدیگر قابل امتزاج می باشند. پیش پلیمرها رکن اساسی بستر پلیمری هستند که ۸۰-۷۰ ٪ آن را تشکیل می‌دهند [۳].

اکسیدکننده‌ها برای تامین اکسیژن لازم برای سوختن بستر پلیمری و سوخت فلزی به فرمول‌بندی پیشرانه اضافه می‌گردند. سوخت‌های فلزی نیز وظیفه تامین انرژی را با تولید گرما و گازهای داغ سبک بر عهده دارند.

مواد افزودنی، مواد مایع یا جامدی هستند که به مقدار کم (کمتر از ۲٪) به بستر پلیمری اضافه می‌شوند و وظیفه آنها بهبود مشخصات پیشرانه می‌باشد. از مهم ترین مواد افزودنی می‌توان به کاتالیست ها و آنتی‌اکسیدانت ها اشاره کرد [۳].

کارایی پیشرانه ها به عوامل متعددی از قبیل خواص سینتیکی، مکانیکی، احتراقی و غیره بستگی دارد. از مهم ترین این عوامل خواص احتراقی است که خود متاثر از سرعت سوزش، دمای خوداشتعالی و کالری احتراق می باشد.

کاتالیست های سرعت سوزش جزء مواد افزودنی می باشند که در ترکیب پیشرانه مورد استفاده قرار می گیرند. برای دستیابی به سرعت سوزش های متوسط از کاتالیست های معدنی مانند اکسیدهای فلزاتی همچون آهن و مس و برای دستیابی به سرعت سوزش های بالاتر از ترکیبات آلی مانند فروسن استفاده می شود. با توجه به آنکه ترکیبات آلی به صورت مایع می باشند، در صورت استفاده در ترکیب سوخت مشکلاتی همچون مهاجرت به سطح و در نتیجه کاهش خواص مکانیکی و عمر پیشرانه را باعث می‌گردند. یکی از راهکارهایی که می‌توان برای رفع این معضل پیشنهاد داد استفاده از نانو کاتالیست های معدنی می‌باشد زیرا علاوه بر آنکه نسبت به اندازه میکرو، سرعت سوزش بالاتری حاصل می گردد، به دلیل جامد بودن مشکلات مهاجرت را نیز ندارند.

۱-۲ اهداف انجام پایان‌نامه

در سامانه های موشکی، اجزای اصلی آن به جز پیشرانه شامل بدنه، نازل، آتشزنه، سپرهای حرارتی و سیستم هدایت–کنترل به دلیل ساخت با مواد فلزی و یا کامپوزیتی مقاوم دارای عمر بالایی می باشند، بنابراین به جرات می توان گفت پیشرانه به دلیل ساختار پلیمری آن، محدود کننده عمر سامانه موشکی است. این مهم با در نظر گرفتن این نکته که اکثر پیشرانه های تولیدی به صورت اتصال به بدنه می باشند و امکان خارج ساختن و جایگزینی آنها وجود ندارد، اهمیت می یابد. بنابراین مطالعات در خصوص افزایش طول عمر پیشرانه بسیار گسترده است.

پیشرانه های جامد مرکب ترکیبی پلیمری هستند که بار پذیری بالایی دارند. عمر این شبکه های پلیمری وابسته به اجزای آن و اندرکنشهای میان آنهاست. هر عاملی که باعث تخریب این شبکه پلیمری و یا تضعیف خواص مکانیکی آن گردد، در کاهش طول عمر شبکه تاثیر مستقیم دارد. یکی از عوامل تخریب شبکه پلیمری، مهاجرت اجزای مایع پیشران که پیوندی ضعیف با دیگر اجزا دارند به سطح پیشران است که در این میان می توان به مهاجرت نرم کننده و کاتالیست های مایع سرعت سوزش اشاره کرد.

برای دستیابی به سرعت سوزشهای بالا در طراحی فرمول بندی پیشرانه، بکارگیری کاتالیست های مایع اجتناب ناپذیر است. اما استفاده از این کاتالیست ها به دلیل مهاجرت آنها به سطح پیشرانه، باعث کاهش خواص مکانیکی و عمر پیشرانه می شوند. جایگزینی کاتالیست های مایع با نانو کاتالیست های معدنی جامد، یکی از راهکارهای پیشنهادی است که در این پروژه به آن پرداخته خواهد شد.

از کاتالیست های جامد معدنی که در فرمول بندی پیشرانه های جامد مرکب کاربرد فراوانی دارند اکسید آهن و اکسید مس می باشد که در دستیابی به سرعت سوزش های متوسط (محدوده ۱۰ تا ۱۵ میلیمتر بر ثانیه) کاربرد دارند. تحقیقات علمی و آزمایشگاهی حاکی از آن است که کاهش اندازه ذرات این کاتالیست ها باعث بهبود راندمان عملکرد و افزایش سرعت سوزش می‌گردد. بنابراین با هدف افزایش اثرگذاری و گسترش دامنه عملکرد این کاتالیست ها، در دستیابی به سرعت سوزش های بالا که امکان حذف و یا کاهش کاتالیست های مایع را امکانپذیر سازد، تولید و بکارگیری نانو کاتالیزورهای اکسید آهن و مس مورد برسی قرار گرفت.

۱-۳ روش پژوهش

در این پژوهش ابتدا به بررسی تحقیقات انجام شده بر روی کاتالیست های سرعت سوزش در ابعاد میکرو و نانو و همچنین مقایسه آنها پرداخته شده است. در ادامه روش های سنتز نانو ذرات و مزایای بکارگیری روش قالب ریزی ژل در سنتز نانو ذرات بررسی می‌شود. سپس با استفاده از نیترات آهن و مس نانواکسیدهای آهن و مس با روش قالب ریزی ژل سنتز شده است. در تعیین مشخصات این نانو کاتالیست ها، از آزمونهای XRD[1] برای شناسایی ذرات، برای تعیین مورفولوژی ذرات از آنالیز TEM[2] و برای تعیین سطح مخصوص از آنالیز جذب سطحی نیتروژن BET[3] استفاده شده است.

پس از نهایی شدن فرایند تولید نانو اکسید آهن و مس، فرایند تولید پیشرانه جامد مرکب تشریح می‌گردد که در این فرایند جایگاه کاتالیست ها و نحوه و میزان استفاده آنها در ترکیب پیشرانه ذکر می-

[1] X-Ray Diffraction
[2] Field Emission Scanning Electron Microscope
[3] Brunauer, Emmett and Teller