

۲۵۵۳۶۰۳

نانوکاتالیست‌ها و پیشران‌های جامد

(آنالیز حرارتی، سینتیک و سرعت سوزش)

مؤلف:

دکتر وحید سراجانی



**NAGHOOS
PUBLICATION**

۱۳۹۸

سرشناسه

: میرزاجانی، وحید، ۱۳۶۵-

Mirzajani, vahid

عنوان و نام پدیدآور : نانوکاتالیست‌ها و پیشرانه‌های جامد (آنالیز حرارتی، سینتیک و سرعت سوزش)

مؤلف: وحید میرزاجانی

مشخصات نشر : تهران: انتشارات ناگوس، ۱۳۹۸.

مشخصات ظاهری : ۲۴۶ ص. مصور.

شابک : ۹۷۸-۶۰۰-۴۷۳-۲۰۵-۵ : بها : ۵۰۰,۰۰۰ ریال

وضعیت فهرست‌نویسی : فیا

موضوع : سوخت جامد موشک

موضوع : Solid propellants :

موضوع : پیشرانه‌ها

موضوع : Propellants :

موضوع : کاتالیزورها

موضوع : Catalysts :

رده بندی کد : TL۷۸۹/۴

رده بندی یویی : ۶۶۲/۲۶

شماره کتابخانه ملی : ۵۷۷۲۰



NAGHOOS
PUBLICATION

برای اطلاعات بیشتر به آدرس زیر مراجعه کنید:

www.naghoospress.ir

انتشارات ناگوس

چاپ اول

نام کتاب : نانوکاتالیست‌ها و پیشرانه‌های جامد

ناشر : انتشارات ناگوس

مؤلف : وحید میرزاجانی

چاپ اول : ۱۳۹۸

تیراژ : ۵۰۰ جلد

چاپ و صحافی : برجسته

ناظر چاپ : یاسمن تجملی محدث

قیمت : ۵۰۰,۰۰۰ ریال

شابک : ۹۷۸-۶۰۰-۴۷۳-۲۰۵-۵

ISBN : 978-600-473-205-5

کلیه حقوق برای ناشر محفوظ است. تکثیر تمامی یا قسمتی از این اثر به صورت حروفچینی یا چاپ مجدد، پافست، پلی‌کپی، فتوکپی و انواع دیگر چاپ ممنوع است و پیگرد قانونی دارد.

انتشارات ناگوس

بلوار کشاورز- خیابان ۱۶ آذر- کوچه پارسی - پلاک ۱۰

تلفکس : ۶۶۴۷۸۹۵۱ - ۶۶۴۷۸۹۵۲

پیشگفتار مؤلف

با گسترش علوم و فناوری شیمیایی و استفاده از علم نانو در زمینه‌های مختلف، مواد پرانرژی یکی از زمینه‌های مورد مطالعه محققین فراوانی در سراسر جهان می‌باشد. طراحی مولکول‌ها و فرمولاسیون‌های مختلف از این مواد نیاز به دانش گسترده‌ای در چندین زمینه از جمله سینتیک فرایندهای تجزیه شدن مواد پرانرژی دارد. پیشراندهای جامد با کاربرد گسترده از اجزا متفاوتی تشکیل شده‌اند که هر کدام نقش خصوصی را در تعیین رفتار حرارتی و احتراقی پیشرانده دارند. به منظور بهبود عملکرد، پایداری، حساسیت به افزونی‌هایی نیاز است که از آن جمله می‌توان به انواع نانوکاتالیست‌های سرعت سوزش اشاره نمود. از آنجا که پیشراندها دارای درصد بالایی از مواد پرانرژی هستند، انتظار می‌رود در زمان‌های طولانی دستخوش تغییرات شیمیایی و فیزیکی گردند. از این رو تلاش می‌شود با مطالعه سینتیک تخریب پیشرانده با شرایط لازم جهت انبارداری و استفاده از آنها پیش‌بینی شود.

برای مطالعه این کتاب، محقق باید اطلاعات پایه‌ای کافی در زمینه سینتیک شیمیایی فرایندها، شناسایی مواد پرانرژی و ترمودینامیک داشته باشد.

متن اصلی این کتاب در پنج فصل تدوین شده است. هر کدام از فصل‌های این کتاب حاوی نکات آموزشی ارزشمندی است که شاید وجود تخصص‌های لازم در کنار یکدیگر بتواند فهم مطالب را آسانتر کند. پیش از این برخود جایز نمی‌دانم اطلاع کلامی را در پایان از تمامی افرادی که به نوعی به بنده کمک کردند تا اثر فوق را تحویل جامعه علمی کشور دهم، بحال قدر دانی و تشکر را دارم.

در زمینه تدوین این کتاب، اینجانب نیز عاری از هرگونه اشتباه نیستم. لذا از کلیه خوانندگان، محققان و مطالعه کنندگان این کتاب خواهشمند است هرگونه اشتباه موجود در کتاب را به اینجانب از طریق تماس با دفتر انتشارات و یا از طریق پست الکترونیکی valadmirzajany@gmail.com اطلاع دهند.

با تشکر

دکتر وحید میرزاجانی

فهرست مطالب

۱- فصل اول: پیشینه کتاب

۱-۱- پیشرا نه ها	۳
۱-۱-۱- پیشرا نه های دو پایه	۳
۱-۱-۲- پیشرا نه های مرکب	۳
۲-۱- اجزاء سازنده پیشرا نه های جامد دو پایه	۴
۱-۲-۱- مواد پرا نرزی - سکیل دهنده پایه پیشرا نه	۴
۲-۲-۱- افزودنی های قابل استفاده برای بهبود فرآیند تولید	۸
۱-۲-۲-۱- نرم کننده ها	۸
۲-۲-۲-۱- روان کننده ها	۸
۳-۲-۱- پایدار کننده ها	۹
۴-۲-۱- کاتالیست های سرعت سوزش	۹
۵-۲-۱- سایر افزودنی های پیشرا نه های جامد دو پایه	۱۱
۳-۱- نانو فناوری	۱۲
۱-۳-۱- پرکننده های سه بعدی (نانوذرات)	۱۲
۲-۳-۱- خواص نانو ذرات	۱۳
۳-۳-۱- نانو کاتالیست ها	۱۳
۱-۳-۳-۱- پیشینه نانو کاتالیست ها	۱۳
۲-۳-۳-۱- ویژگی های کاتالیستی نانو ذرات	۱۴
۴-۳-۱- تاثیر نانو کاتالیست ها در افزایش سرعت سوزش پیشرا نه ها	۱۵
۵-۳-۱- پارامترهای تعیین کننده خواص نانو کاتالیست ها	۱۶
۶-۳-۱- طبقه بندی نانو کاتالیست ها	۱۶
۱-۶-۳-۱- نانو کاتالیست های فلزی	۱۶
۲-۶-۳-۱- نانو کاتالیست های اکسیدهای فلزی	۱۷
۳-۶-۳-۱- نانو کاتالیست های پوشش داده شده	۱۷
۴-۱- سرعت سوزش	۱۸
۱-۴-۱- مشخصات سرعت سوزش مواد پرا نرزی	۱۸
۱-۱-۴-۱- نمای فشار سرعت سوزش	۱۸
۲-۴-۱- اندازه گیری سرعت سوزش	۱۹
۱-۲-۴-۱- روش مشعل رشته ای استاندارد (بمب کرافورد)	۱۹

- ۵-۱- اثرهای فوق-سرعت، پلاتو و مزا ۲۱
- ۶-۱- فعالیت کاتالیتیکی (راندمان اثر کاتالیست) ۲۲
- ۷-۱- روش‌های پوشش‌دهی مواد ۲۳
- ۷-۱-۱- پوشش‌دهی مواد از طریق روش حلال-ضدحلال ۲۳
- ۷-۱-۲- ساخت مواد از طریق مخلوط کردن مرطوب پودرها ۲۳

فصل دوم: آنالیز حرارتی، مبانی و کاربردها

- ۱-۲- مطالعه اثر کاتالیزهای سرعت سوزش بوسیله روش‌های تجزیه حرارتی ۲۷
- ۲-۲- روش‌های دستگاهی مطالعه و بررسی واکنش‌ها ۲۷
- ۱-۲-۲- تجزیه وزن سنج حرارتی ۲۸
- ۲-۲-۲- تجزیه حرارتی دیفرانسیلی ۲۸
- ۳-۲-۲- گرماسنجی روبوسی تقابلی ۲۸

فصل سوم: مبانی سینتیک حالت جامد

- ۱-۳- تعریف واکنش‌های حالت جامد ۳۳
- ۲-۳- سینتیک واکنش‌های حالت جامد ۳۳
- ۱-۲-۳- قوانین سرعت در سینتیک حالت جامد ۳۳
- ۳-۳- مدل‌های واکنش‌های حالت جامد ۳۷
- ۴-۳- روش‌های بررسی سینتیک حالت جامد ۴۱
- ۱-۴-۳- روش‌های آزمایش (تجربی) ۴۲
- ۱-۱-۴-۳- روش‌های همدم ۴۲
- ۲-۱-۴-۳- روش‌های غیرهمدم ۴۳
- ۲-۴-۳- روش‌های محاسباتی ۴۳
- ۱-۲-۴-۳- روش‌های وابسته به مدل ۴۴
- ۲-۲-۴-۳- روش‌های مستقل از مدل ۴۴
- ۵-۳- تعیین ثابت سرعت واکنش ۴۷
- ۶-۳- پارامترهای ترمودینامیکی ۴۷
- ۷-۳- پارامترهای حرارتی مواد پراثری ۴۸
- ۱-۷-۳- تعیین دمای تجزیه خودشتابی ۴۸
- ۲-۷-۳- دمای بحرانی انفجار حرارتی ۴۹

فصل چهارم: نتایج و بحث

- ۱-۴- نیتروسولوز ۵۴
- ۲-۴- تری اتیلن گلیکول دی نیترات ۵۴
- ۳-۴- نانو سرب اکسید (II) ۵۵
- ۴-۴- نانو منیزیم اکسید ۵۶
- ۵-۴- نانو تیتانیوم دی اکسید ۵۷
- ۶-۴- نانو مس اکسید ۵۹
- ۷-۴- بررسی رفتار حرارتی نمونه‌های پیشرا نه جامد دوپایه ۶۲
- ۱-۷-۴- محاسبات سینتیکی نمونه‌های ۱- پیشرا نه ۶۵
- ۱-۱-۷-۴- محاسبات سینتیکی برای نمونه‌ها با روش تجزیه سینتیکی کسینجر ۶۵
- ۲-۱-۷-۴- محاسبات سینتیکی برای نمونه‌ها با روش تجزیه سینتیکی استارینک ۶۷
- ۳-۱-۷-۴- محاسبات سینتیکی برای نمونه‌ها با روش تجزیه سینتیکی اوزاوا ۶۹
- ۴-۱-۷-۴- محاسبات سینتیکی برای نمونه‌ها با روش تجزیه سینتیکی ASTM E698 ۷۰
- ۵-۱-۷-۴- محاسبات سینتیکی برای نمونه‌ها با روش تجزیه سینتیکی ازوا، فلین و وال (OFW) ۷۰
- ۶-۱-۷-۴- محاسبات سینتیکی برای نمونه‌ها با روش تجزیه سینتیکی کوتس-ردفرن ۷۲
- ۲-۷-۴- محاسبه پارامترهای ترمودینامیکی واکنش تجزیه حرارتی نمونه‌های P_1 و P_2 ۷۶
- ۳-۷-۴- تعیین ثابت سرعت واکنش تجزیه حرارتی نمونه‌های P_1 و P_2 ۷۶
- ۴-۷-۴- محاسبه دمای بحرانی انفجار حرارتی و دمای تجزیه خودشتن برای نمونه‌های P_1 و P_2 ۷۷
- ۵-۷-۴- اندازه‌گیری سرعت سوزش برای نمونه‌های P_1 و P_2 ۷۷
- ۸-۴- بررسی تاثیر مقادیر مختلف دی آمینوگلی اکسیم در سینتیک رفتار حرارتی پیشرا نه جامد دوپایه تری اتیلن گلیکول دی نیترات/ نیتروسولوز ۷۸
- ۱-۸-۴- بررسی کیفیت فرآیند اختلاط اجزای پیشرا نه ۷۹
- ۲-۸-۴- محاسبات سینتیکی نمونه‌های پیشرا نه ۸۵
- ۱-۲-۸-۴- محاسبات سینتیکی برای نمونه‌ها با روش تجزیه سینتیکی کسینجر ۸۵
- ۲-۲-۸-۴- محاسبات سینتیکی برای نمونه‌ها با روش تجزیه سینتیکی استارینک ۸۷
- ۳-۲-۸-۴- محاسبات سینتیکی برای نمونه‌ها با روش تجزیه سینتیکی اوزاوا ۸۸
- ۴-۲-۸-۴- محاسبات سینتیکی برای نمونه‌ها با روش تجزیه سینتیکی ASTM E698 ۹۰
- ۵-۲-۸-۴- محاسبات سینتیکی برای نمونه‌ها با روش تجزیه سینتیکی ازوا، فلین و وال (OFW) ۹۱
- ۶-۲-۸-۴- محاسبات سینتیکی برای نمونه‌ها با روش تجزیه سینتیکی کوتس-ردفرن ۹۳
- ۳-۸-۴- محاسبه پارامترهای ترمودینامیکی واکنش تجزیه حرارتی نمونه‌های پیشرا نه ۱۰۲

- ۴-۸-۴- تعیین ثابت سرعت واکنش تجزیه حرارتی..... ۱۰۲
- ۴-۸-۵- محاسبه دمای بحرانی انفجار حرارتی و دمای تجزیه خودشتابی..... ۱۰۳
- ۴-۹-۹- بررسی تاثیر نانو و میکروذرات سرب اکسید (II) در سینتیک رفتار حرارتی پیشران‌های جامد دو پایه تری-اتیلن گلیکول دی‌نیترات/نیتروسولوز/دی‌آمینوگلی‌اکسیم..... ۱۰۴
- ۴-۹-۱- بررسی کیفیت فرآیند اختلاط اجزای پیشران و توزیع نانوذرات سرب اکسید (III)..... ۱۰۴
- ۴-۹-۲- بررسی تاثیر کاتالیستی نانو و میکروذرات سرب اکسید (II) در رفتار حرارتی نمونه‌های پیشران جامد دو پایه تری‌اتیلن گلیکول دی‌نیترات/نیتروسولوز/دی‌آمینوگلی‌اکسیم..... ۱۰۵
- ۴-۹-۳- محاسبات سینتیکی نمونه‌های پیشران..... ۱۰۸
- ۴-۹-۱-۳- محاسبات سینتیکی برای نمونه‌ها با روش تجزیه سینتیکی کسینجر..... ۱۰۹
- ۴-۹-۲-۳- محاسبات سینتیکی برای نمونه‌ها با روش تجزیه سینتیکی استارینک..... ۱۰۹
- ۴-۹-۳-۳- محاسبات سینتیکی برای نمونه‌ها با روش تجزیه سینتیکی اوزاوا..... ۱۱۰
- ۴-۹-۴-۳- محاسبات سینتیکی برای نمونه‌ها با روش تجزیه سینتیکی ASTM E698..... ۱۱۱
- ۴-۹-۵-۳- محاسبات سینتیکی برای نمونه‌ها با روش تجزیه سینتیکی ازوا، فلین و وال (OFW)..... ۱۱۱
- ۴-۹-۶-۳- محاسبات سینتیکی برای نمونه‌ها با روش تجزیه سینتیکی کوتس-ردفرن..... ۱۱۳
- ۴-۹-۴- محاسبه پارامترهای ترمودینامیکی واکنش تجزیه حرارتی نمونه‌های پیشران..... ۱۱۷
- ۴-۹-۵- تعیین ثابت سرعت واکنش تجزیه حرارتی..... ۱۱۷
- ۴-۹-۶- محاسبه دمای بحرانی انفجار حرارتی و دمای تجزیه خودشتابی..... ۱۱۸
- ۴-۱۰-۱- بررسی تاثیر نانو و میکروذرات مس اکسید در سینتیک رفتار حرارتی پیشران‌های جامد دو پایه تری‌اتیلن گلیکول دی‌نیترات/نیتروسولوز/دی‌آمینوگلی‌اکسیم..... ۱۱۹
- ۴-۱۰-۱-۱- بررسی کیفیت فرآیند اختلاط اجزای پیشران و توزیع نانوذرات مس اکسید..... ۱۱۹
- ۴-۱۰-۲- بررسی تاثیر کاتالیستی نانو و میکروذرات مس اکسید در رفتار حرارتی نمونه‌های پیشران جامد دو پایه تری‌اتیلن گلیکول دی‌نیترات/نیتروسولوز/دی‌آمینوگلی‌اکسیم..... ۱۲۱
- ۴-۱۰-۳- محاسبات سینتیکی نمونه‌های پیشران..... ۱۲۴
- ۴-۱۰-۱-۳- محاسبات سینتیکی برای نمونه‌ها با روش تجزیه سینتیکی کسینجر..... ۱۲۵
- ۴-۱۰-۲-۳- محاسبات سینتیکی برای نمونه‌ها با روش تجزیه سینتیکی استارینک..... ۱۲۶
- ۴-۱۰-۳-۳- محاسبات سینتیکی برای نمونه‌ها با روش تجزیه سینتیکی اوزاوا..... ۱۲۷
- ۴-۱۰-۴-۳- محاسبات سینتیکی برای نمونه‌ها با روش تجزیه سینتیکی ASTM E698..... ۱۲۸
- ۴-۱۰-۵-۳- محاسبات سینتیکی برای نمونه‌ها با روش تجزیه سینتیکی ازوا، فلین و وال (OFW)..... ۱۲۸
- ۴-۱۰-۶-۳- محاسبات سینتیکی برای نمونه‌ها با روش تجزیه سینتیکی کوتس-ردفرن..... ۱۳۰
- ۴-۱۰-۴- محاسبه پارامترهای ترمودینامیکی واکنش تجزیه حرارتی نمونه‌های پیشران..... ۱۳۴
- ۴-۱۰-۵- تعیین ثابت سرعت واکنش تجزیه حرارتی..... ۱۳۴
- ۴-۱۰-۶- محاسبه دمای بحرانی انفجار حرارتی و دمای تجزیه خودشتابی..... ۱۳۵

۱۱-۴ بررسی تاثیر دی آمینوگلی اکسیم در سینتیک رفتار حرارتی پیشرانه های جامد دو پایه نیتروگلیسرین/

نیتروسولوز..... ۱۳۵

۱۱-۴-۲ بررسی کیفیت فرآیند اختلاط اجزای پیشرانه و توزیع ذرات ۱۳۶

۱۱-۴-۳ بررسی تاثیر کاتالیستی دی آمینوگلی اکسیم در رفتار حرارتی نمونه پیشرانه جامد دو پایه نیتروگلیسرین/

نیتروسولوز..... ۱۳۷

۱۱-۴-۴ محاسبات سینتیکی نمونه های پیشرانه ۱۴۰

۱۱-۴-۱-۱ محاسبات سینتیکی برای نمونه ها با روش تجزیه سینتیکی کسینجر ۱۴۰

۱۱-۴-۱-۲ محاسبات سینتیکی برای نمونه ها با روش تجزیه سینتیکی استارینک ۱۴۱

۱۱-۴-۱-۳ محاسبات سینتیکی برای نمونه ها با روش تجزیه سینتیکی اوزاوا ۱۴۲

۱۱-۴-۱-۴ محاسبات سینتیکی برای نمونه ها با روش تجزیه سینتیکی ASTM E698 ۱۴۳

۱۱-۴-۱-۵ محاسبات سینتیکی برای نمونه ها با روش تجزیه سینتیکی ازاول، فلین و وال (OFW) ۱۴۳

۱۱-۴-۱-۶ محاسبات سینتیکی برای نمونه ها با روش تجزیه سینتیکی کوتس-ردفرن ۱۴۴

۱۱-۴-۱-۵ محاسبه پارامترهای ترمودینامیک واکنش تجزیه حرارتی نمونه های پیشرانه ۱۴۸

۱۱-۴-۱-۶ تعیین ثابت سرعت واکنش تجزیه حرارتی ۱۴۹

۱۱-۴-۱-۷ محاسبه دمای بحرانی انفجار حرارتی و دمای تجزیه خودشتابی ۱۴۹

۱۲-۴ بررسی تاثیر نانو و میکروذرات منیزیم اکسید در سینتیک رفتار حرارتی پیشرانه های جامد دو پایه

نیتروگلیسرین/نیتروسولوز/ دی آمینوگلی اکسیم ۱۵۰

۱۲-۴-۲ بررسی کیفیت فرآیند اختلاط اجزای پیشرانه و توزیع نانو ذرات منیزیم اکسید ۱۵۰

۱۲-۴-۳ بررسی تاثیر کاتالیستی نانو و میکروذرات منیزیم اکسید در رفتار حرارتی نمونه های پیشرانه جامد دو

پایه نیتروگلیسرین/نیتروسولوز/ دی آمینوگلی اکسیم ۱۵۱

۱۲-۴-۴ محاسبات سینتیکی نمونه های پیشرانه ۱۵۵

۱۲-۴-۱-۱ محاسبات سینتیکی برای نمونه ها با روش تجزیه سینتیکی کسینجر ۱۵۶

۱۲-۴-۱-۲ محاسبات سینتیکی برای نمونه ها با روش تجزیه سینتیکی استارینک ۱۵۷

۱۲-۴-۱-۳ محاسبات سینتیکی برای نمونه ها با روش تجزیه سینتیکی اوزاوا ۱۵۸

۱۲-۴-۱-۴ محاسبات سینتیکی برای نمونه ها با روش تجزیه سینتیکی ASTM E698 ۱۵۹

۱۲-۴-۱-۵ محاسبات سینتیکی برای نمونه ها با روش تجزیه سینتیکی ازاول، فلین و وال (OFW) ۱۶۱

۱۲-۴-۱-۶ محاسبات سینتیکی برای نمونه ها با روش تجزیه سینتیکی کوتس-ردفرن ۱۶۲

۱۲-۴-۱-۵ محاسبه پارامترهای ترمودینامیکی واکنش تجزیه حرارتی نمونه های پیشرانه ۱۶۴

۱۲-۴-۱-۶ تعیین ثابت سرعت واکنش تجزیه حرارتی ۱۶۵

۱۲-۴-۱-۷ محاسبه دمای بحرانی انفجار حرارتی و دمای تجزیه خودشتابی ۱۶۵

۱۳-۴ بررسی تاثیر نانو ذرات تیتانیوم دی اکسید در سینتیک رفتار حرارتی پیشرانه های جامد دو پایه

نیتروگلیسرین/نیتروسولوز/ دی آمینوگلی اکسیم ۱۶۶

- ۱۳-۲- بررسی کیفیت فرآیند اختلاط اجزای پیشرانه و توزیع نانوذرات تیتانیوم دی اکسید ۱۶۷
- ۱۳-۳- بررسی تاثیر کاتالیستی نانوذرات تیتانیوم دی اکسید در رفتار حرارتی نمونه های پیشرانه جامد دو پایه نیتروگلیسرین / نیتروسلولز / دی آمینوگلی اکسیم ۱۶۸
- ۱۳-۴- محاسبات سینتیکی نمونه های پیشرانه ۱۷۲
- ۱۳-۴-۱- محاسبات سینتیکی برای نمونه ها با روش تجزیه سینتیکی کسینجر ۱۷۳
- ۱۳-۴-۲- محاسبات سینتیکی برای نمونه ها با روش تجزیه سینتیکی استارینک ۱۷۴
- ۱۳-۴-۳- محاسبات سینتیکی برای نمونه ها با روش تجزیه سینتیکی اوزاوا ۱۷۵
- ۱۳-۴-۴- محاسبات سینتیکی برای نمونه ها با روش تجزیه سینتیکی ASIM E698 ۱۷۶
- ۱۳-۴-۵- محاسبات سینتیکی برای نمونه ها با روش تجزیه سینتیکی ازوا، فلین و وال (OFW) ۱۷۶
- ۱۳-۴-۶- محاسبات سینتیکی برای نمونه ها با روش تجزیه سینتیکی کورتس-ردفرن ۱۷۸
- ۱۳-۵- محاسبه پایداری: رمودینامیکی واکنش تجزیه حرارتی نمونه های پیشرانه ۱۸۱
- ۱۳-۶- تعیین ثابت سرعت واکنش تجزیه حرارتی ۱۸۲
- ۱۳-۷- محاسبه دمای بحرانی از جرم حرارتی و دمای تجزیه خودشتابی ۱۸۲

۵- فصل پنجم: نتیجه گیری

- ۵-۱- نتیجه گیری ۱۸۵

۶- منابع و مآخذ

- ۶- منابع و مآخذ ۱۸۹

۷- پیوست ها

- ۷- پیوست ها ۱۹۹