



دانشگاه آزاد اسلامی
واحد تهران جنوب
دانشکده تحصیلات تکمیلی
گروه مهندسی شیمی گرایش طراحی فرایندهای صنایع نفتی
پروژه کارشناسی ارشد

عنوان:

شبه سازی و بهینه سازی راکتور تولیدبنزین از پلی اتیلن سنگین

استاد راهنما:

نگارش:

فهرست

صفحه	عنوان
۱	چکیده
۲	مقدمه
۶	فصل اول: آشنایی با پلی اتیلن و فرایند تخریب
۷	مقدمه
۷	پلی اتیلن
۱۸	ماهیت تخریب
۲۴	فصل دوم: کراکینگ حرارتی
۲۵	مقدمه
۲۸	کراکینگ یک پلیمر
۴۳	کراکینگ تایلر
۴۶	کراکینگ مخلوط پلیمرها
۵۵	فصل سوم: کراکینگ کاتالیستی
۵۶	مقدمه
۵۶	کاتالیستهای تخریب FFC
۵۸	دیگر کاتالیستها
۵۸	راکتور
۶۳	کراکینگ کاتالیستی یک نوع پلیمر
۷۸	کراکینگ کاتالیستی مخلوط پلیمرها

۸۲	..... مکانیسم
۸۹	..... مدل ستیگی

۹۲	..... فصل چهارم: آزمایشات و نتایج
۹۳	..... مقدمه
۹۴	..... آزمایشات سری اول
۱۱۴	..... آزمایشات سری دوم
۱۳۷	..... بحث و نتیجه گیری
۱۳۹	..... پیشنهادات
۱۴۰	..... ضمائم
۱۴۱	..... منابع و مأخذ
۱۴۱	..... فهرست منابع لاتین
۱۴۳	..... فهرست منابع فارسی
۱۴۴	..... چکیده انگلیسی

فهرست جدول ها

عنوان	صفحه
۱-۱. جدول خواص فیزیکی پلی اتیلن	۱۲
۲-۱. جدول گرمای ترکیب انواع پلی اتیلن	۱۴
۳-۱. جدول هدایت گرمایی انواع پلی اتیلن	۱۵
۴-۱. جدول ضریب انبساط حرارتی پلی اتیلن و پلیمرهای انتخابی	۱۶
۱-۲. جدول کراکینگ حرارتی پلی اتیلن در راکتورهای ناپیوسته و نیمه پیوسته	۲۸
۲-۲. جدول ترکیبات موجود در مایعات تولید شده توسط کراکینگ پلی اتیلن	۳۳
۳-۲. جدول میزان محصولات پیرولیز پلی اتیلن در راکتور بستر سیال	۳۵
۴-۲. جدول کراکینگ حرارتی پلی اتیلن در راکتورهای ناپیوسته و نیمه پیوسته	۳۶
۵-۲. جدول ترکیبات موجود در محصولات تولید شده از کراکینگ پلی پروپیلن	۳۷
۶-۲. جدول پیرولیز پروپیلن در راکتور بستر سیال	۳۸
۷-۲. جدول کراکینگ پلی استایرن در دماهای مختلف	۳۹
۸-۲. جدول محصولات کراکینگ پلی استایرن	۴۰
۹-۲. جدول محصولات حاصل از کراکینگ پلی وینیل کلراید در خلاء	۴۱
۱۰-۲. جدول محصولات پیرولیز مخلوط پلی اتیلن و پلی پروپیلن	
با نسبتهای مختلف در راکتور بستر سیال	۴۸
۱۱-۲. جدول محصولات پیرولیز مخلوط پلی اتیلن و پلی استایرن با درصدهای مختلف	۴۹
۱۲-۲. جدول محصولات پیرولیز مخلوط پلی استایرن و پلی پروپیلن	۵۰
۱۳-۲. جدول محصولات پیرولیز مخلوط	
پلی پروپیلن، پلی وینیل کلراید/ پلی استایرن و پلی وینیل کلراید	۵۰
۱۴-۲. جدول محصولات پیرولیز مخلوط PS/PP/PE	۵۲
۱-۳. جدول کاتالیستهای FCC	۵۷
۲-۳. جدول مشخصات کاتالیستهای اسیدی و غیر اسیدی	۶۳
۳-۳. جدول کراکینگ کاتالیستی پلی اتیلن بر روی کاتالیستهای مختلف	۶۸
۴-۳. جدول مشخصات کاتالیستهای استفاده شده در کار Park و همکاران	۷۱

۷۲	.....	۵-۳	جدول ترکیبات موجود در کراکینگ کاتالیستی
۷۳	.....	۶-۳	جدول غلظت آروماتیکیهای تشکیل شده در کراکینگ کاتالیستی
۷۶	.....	۷-۳	جدول تولیدات کراکینگ کاتالیستی پلی اتیلن درراکتور بستر سیال
۷۹	.....	۸-۳	جدول مشخصات Red Mud
۸۱	.....	۹-۳	جدول محصولات کراکینگ کاتالیستی مخلوط پلیمر
۹۷	.....	۱-۴	جدول شرایط انتخابی آزمایش
۹۸	.....	۲-۴	جدول نتایج محصول دهی کراکینگ در دمای 430°C
صفحه		عنوان	
۹۸	.....	۳-۴	جدول نتایج محصول دهی کراکینگ در دمای 450°C
۹۸	.....	۴-۴	جدول نتایج محصول دهی کراکینگ در 470°C
۹۹	.....	۵-۴	جدول نتایج محصول دهی کراکینگ 410°C
۱۱۳	.....	۶-۴	جدول نتایج آنالیز GC MASS
۱۱۸	.....	۷-۴	جدول نتایج حاصل از نمودارها برای ماده اولیه پلی اتیلن سنگین

فهرست نمودارها

صفحه	عنوان
۱۱۷	۱-۴. نمودار وزن ماده اولیه
۱۱۷	۲-۴. نمودار نتایج حاصل از آزمایش در حالت ایزوترم در دمای 43°C
۱۱۸	۳-۴. نمودار نتایج حاصل از آزمایش در حالت ایزوترم در دمای 41°C

فهرست شکلها

عنوان	صفحه
۱-۱. شکل ساختمان شیمیایی پلی اتیلن	۷
۲-۱. شکل نمایش نمونه های مختلف پلی اتیلن	۱۰
۳-۱. شکل نمایش خوشه یونومر	۱۱
۱-۲. شکل تأثیر دمای واکنش بر توزیع محصولات کراکینگ پلی اتیلن	۳۱
۲-۲. شکل تأثیر دما بر ترکیبات موجود در محصول مایع کراکینگ پلی اتیلن	۳۲
۳-۲. شکل توزیع تعداد کربن محصول مایع تولید شده از کراکینگ انواع پلی اتیلن	۳۴
۴-۲. شکل شمای کلی واحد پیرولیز در راکتور بستر سیال	۳۶
۵-۲. شکل تأثیر دما در میزان تولید پیرولیز حرارتی تایر	۴۴
۶-۲. شکل میزان تولید گاز و مایع به ازاء نسبتهای مختلف PE:PS	۴۶
۷-۲. شکل تغییرات مقدار مواد موجود در محصول مایع به ازاء تغییر نسبت PE:PS	۴۷
۸-۲. شکل هیدروکربنهای زنجیری تولید شده به ازاء نسبت پلیمر	۴۷
۹-۲. شکل TG,DTG مربوط به پیرولیز گرمایی مخلوط تحت خلاء	۵۳
۱-۳. شکل راکتور بستر سیال	۶۰
۲-۳. شکل راکتور بستر ثابت	۶۱
۳-۳. شکل راکتور Batch	۶۲
۴-۳. شکل حجم مایع واکنش تولید شده در کراکینگ حرارتی و کاتالیستی انواع پلی اتیلن در ۴۳۰ ^o C	۶۴
۵-۳. شکل توزیع تعداد کربن در محصولات کراکینگ حرارتی و کاتالیستی	۶۵
۶-۳. شکل توزیع تعداد کربن در محصولات مایع کراکینگ حرارتی	۶۶
انواع پلی اتیلن در ۴۳۰ ^o C	۶۶
۷-۳. شکل توزیع تعداد کربن در محصولات مایع کراکینگ کاتالیستی در ۴۳۰ ^o C	۶۶
۸-۳. شکل توزیع تعداد کربن در محصولات مایع کراکینگ کاتالیستی (سیلیکا-آمونیا) در ۴۵۰ ^o C	۷۱
۹-۳. شکل شمای کلی سیستم کراکینگ در راکتور بستر سیال	۷۵
۱۰-۳. شکل تأثیر دما بر محصولات کراکینگ پلی اتیلن	۷۷
با استفاده از دو کاتالیست F9,SA در راکتور بستر سیال	۷۷
۱۱-۳. شکل توزیع تعداد کربن در محصولات مایع کراکینگ پلی اتیلن	۷۷

- توسط کاتالیست F9 در راکتور بستری سیال در دماهای مختلف ۷۷
- ۱۲-۳. شکل توزیع تعداد کربن در محصولات مایع کراکینگ پلی اتیلن
- توسط کاتالیست SA در راکتور بستری سیال در دماهای مختلف ۷۸
- ۱۳-۳. شکل مکانیسم رادیکالی تخریب ۸۴
- ۱۴-۳. شکل مکانیسم کربونیم تخریب ۸۶
- ۱۵-۳. شکل مکانیسم کربانیوم تخریب ۸۷
- ۱۶-۳. شکل مدل توده ای ۸۸
- ۱-۴. شکل شمای کلی دستگاه مورد استفاده در آزمایش ۹۵
- ۲-۴. شکل افزایش دما نسبت به زمان ۹۶
- ۳-۴. شکل توزیع محصول دهی کراکینگ با نسبت ۱۰۰٪ کاتالیست به پلیمر ۱۰۰
- ۴-۴. شکل توزیع محصول دهی کراکینگ غیر کاتالیستی در دماهای مختلف ۱۰۰
- ۵-۴. شکل اثر نسبت‌های وزنی کاتالیست به پلیمر روی توزیع محصولات در دمای 430°C ۱۰۲
- ۶-۴. شکل اثر نسبت‌های وزنی کاتالیست به پلیمر روی توزیع محصولات در دمای 450°C ۱۰۲
- ۷-۴. شکل توزیع کیفی محصول مایع نسبت به زمان اقامت برای تبدیل کاتالیستی ۱۰۴
- ۸-۴. شکل بررسی اثر دما بر تعداد محصولات تفکیک شده
- در حالت غیر کاتالیستی و ۱۰٪ کاتالیستی ۱۰۵
- ۹-۴. شکل بررسی اثر نسبت کاتالیست بر تعداد محصولات تفکیک شده در 430°C ۱۰۵
- ۱۰-۴. شکل بررسی اثر نسبت کاتالیست بر تعداد محصولات تفکیک شده در 430°C ۱۰۶
- ۱۱-۴. شکل تفکیک مایعات حاصل از کراکینگ کاتالیستی در 430°C و غیر کاتالیستی ۱۰۷
- ۱۲-۴. شکل تفکیک مایعات حاصل از کراکینگ کاتالیستی در 430°C و ۱۰٪ کاتالیست ۱۰۷
- ۱۳-۴. شکل تفکیک مایعات حاصل از کراکینگ کاتالیستی در 430°C و ۱۵٪ کاتالیست ۱۰۸
- ۱۴-۴. شکل تفکیک مایعات حاصل از کراکینگ کاتالیستی در 430°C و ۵۰٪ کاتالیست ۱۰۸
- ۱۵-۴. شکل تفکیک مایعات حاصل از کراکینگ کاتالیستی در 450°C و غیر کاتالیستی ۱۰۹
- ۱۶-۴. شکل تفکیک مایعات حاصل از کراکینگ کاتالیستی در 450°C و ۱۰٪ کاتالیست ۱۰۹
- ۱۷-۴. شکل تفکیک مایعات حاصل از کراکینگ در 450°C و ۵۰٪ کاتالیستی ۱۱۰
- ۱۸-۴. شکل تفکیک مایعات حاصل از کراکینگ در 450°C و ۵۰٪ کاتالیستی ۱۱۰
- ۱۹-۴. شکل تفکیک مایعات حاصل از کراکینگ کاتالیستی در 450°C و ۲۰٪ کاتالیست ۱۱۱
- ۲۰-۴. شکل تفکیک مایعات حاصل از کراکینگ کاتالیستی در 450°C و ۴۰٪ کاتالیست ۱۱۱
- ۲۱-۴. شکل تفکیک مایعات حاصل از کراکینگ غیر کاتالیستی در 470°C ۱۱۲
- ۲۲-۴. شکل تفکیک مایعات حاصل از کراکینگ کاتالیستی در 470°C و ۱۰٪ کاتالیست ۱۱۲
- ۱-۵. شکل جریانهای جرمی ورودی و خروجی از المان سیال ۱۲۴
- ۲-۵. شکل مؤلفه های تنش روی المان سیال ۱۲۵
- ۳-۵. شکل مؤلفه های تنش در جهت X ۱۲۶
- ۴-۵. شکل ژئومتری تولید شده توسط پیش پردازنده Gambit ۱۲۸

- ۱۲۹ شکل کانتور دمایی راکتور..... ۵-۵
- ۱۲۹ شکل فیلم باقیمانده کک در راکتور بعد از انجام واکنش..... ۶-۵
- ۱۳۰ شکل کانتور گاز تولیدی متان..... ۷-۵
- ۱۳۰ شکل کانتور گاز تولیدی اتان..... ۸-۵
- ۱۳۱ شکل کانتور گاز تولیدی پروپان..... ۹-۵
- ۱۳۱ شکل کانتور گاز تولیدی بوتان..... ۱۰-۵
- ۱۳۱ شکل کانتور گاز تولیدی پنتان..... ۱۱-۵
- ۱۳۲ شکل کانتور گاز تولیدی هگزان..... ۱۲-۵
- ۱۳۲ شکل کانتور گاز تولیدی هپتان..... ۱۳-۵
- ۱۳۲ شکل کانتور گاز تولیدی اکتان..... ۱۴-۵
- ۱۳۳ شکل کانتور گاز تولیدی نونان..... ۱۵-۵
- ۱۳۳ شکل کانتور گاز تولیدی **Undecane**..... ۱۶-۵
- ۱۳۴ شکل کانتور گاز تولیدی **Didecane**..... ۱۷-۵
- ۱۳۴ شکل کانتور گاز تولیدی تری دکان..... ۱۸-۵
- ۱۳۵ شکل کانتور گاز تولیدی تترا دکان..... ۱۹-۵
- ۱۳۵ شکل کانتور گاز تولیدی پنتا دکان..... ۲۰-۵
- ۱۳۶ شکل کانتور گاز تولیدی هگزا دکان..... ۲۱-۵
- ۱۳۶ شکل جزء جرمی باقیمانده پلی اتیلن سنگین..... ۲۲-۵

چکیده:

در این پروژه عملکرد یک کاتالیست جدید در کراکینگ پلیمر به منظور بازیافت شیمیایی ضایعات پلاستیکی و تبدیل آن به محصول مایع مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به محدودیت‌ها اثر دما و نسبت کاتالیست بر روی کراکینگ پلی اتیلن مورد مطالعه قرار گرفت تا بهترین شرایط جهت انجام این واکنش حاصل شود. همچنین با انجام یک سری آزمایش به ارائه پارامترهای سنتیکی واکنش پرداخته شده است که در نهایت با استفاده از نتایج حاصل از آزمایشها به مدل کردن راکتور توسط نرم افزار **Fluent, CFD** پرداخته شده است. آزمایشات مربوط به محاسبه پارامترهای سنتیکی از طریق کاهش وزن انجام پذیرفته است، که با استفاده از میزان کاهش وزن ماده اولیه و مدل سنتیکی توانی، درجه واکنش و ثابت معادله سرعت مصرف ماده اولیه و همچنین با استفاده از قانون آرنیوس انرژی فعال سازی واکنش کاتالیزوری بدست آمده است. با توجه به نتایج بدست آمده از محاسبات مشاهده می شود که درجه این واکنش برابر ۱۰/۸۵ است و همچنین انرژی اکتیواسیون لازم ۴۳٪ کمتر از میزان انرژی فعال سازی واکنشهای دیپلیمریزاسیون، بدون استفاده از کاتالیست می باشد. همچنین در ادامه کار با استفاده از نرم افزار شبیه ساز سیالاتی، **Fluent**، به شبیه سازی واکنش در داخل راکتور پرداخته شده است، که نتایج حاصل از این شبیه سازی نیز مبین صحت استفاده از فرضیات و مدل‌های سنتیکی استفاده شده می باشد.