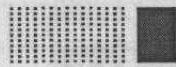




فصل اول: کلیات	1
فصل دوم: مبانی	10
فصل سوم: روش‌های	20
فصل چهارم: محاسبات	30
فصل پنجم: آزمایشات	40
فصل ششم: طراحی	50
فصل هفتم: نگهداری	60
فصل هشتم: ایمنی	70
فصل نهم: محیط زیست	80
فصل دهم: اقتصاد	90
فصل یازدهم: مدیریت	100
فصل بیستم: آینده	110



مهندسی واکنش های پلی الفینی

□ تألیف: ژوا بی. پی. سوارز و تیموتی اف. ال. مک کنا
□ ترجمه: رضا مرنندی (عضو هیئت علمی پژوهشگاه پلیر و پتروشیمی ایران)





سرشناسه	سوارز، ژوا ب، پ
عنوان و نام پدیدآور	Soares, J, B, P.(Joao B.P.)
مشخصات نشر	تهران: پژوهشگاه صنعت نفت، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری	۳۳۸ ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک	۹۷۸-۶۰۰-۸۵۳۱-۰۹-۸
وضعیت فهرست‌نویسی	فیا
یادداشت	عنوان اصلی: Polyolefin reaction engineering, 2012
یادداشت	کتابنامه.
موضوع	پلی‌الفینی‌ها
موضوع	Polyolefins
شناخت افزوده	مک کنا، تیموتی اف. ال.
شناخت افزوده	Mckenna, T. F.(Timothy F.)
شناخت افزوده	ندی، رضا، ۱۳۴۳-، مترجم
شناخت افزوده	پژوهشگاه صنعت نفت.
شماره کتاب‌شناسی سی	۴۹۳۳۰۷
رده‌بندی دیویی	۶۲۰۴۳۳
رده‌بندی کنگره	TP۱۱۱۰/۴ س ۹۱۹۶

چاپ این کتاب، ۸ از داور، در هفتاد و سومین جلسه شورای نشر پژوهشگاه صنعت نفت، مورخ ۳۹۶/۴/۱۲، به تصویب رسید.



تهران: بلوار غربی مجموعه ورزشی آزادی، پژوهشگاه صنعت نفت
کد پستی: ۱۴۸۵۷۳۳۱۱
صندوق پستی: ۱۳۷-۱۴۶۶۵
تلفن مرکز نشر: ۴۸۰۰۸۱۰۰، ورنگان: ۴۴۷۳۹۵۴۰
وب سایت پژوهشگاه: soares@ripi.ir، www.ripi.ir

مهندسی واکنش‌های پلی‌الفینی
تألیف: ژوا بی. پی. سوارز و تیموتی اف. ال. مک کنا
ترجمه: رضا مرندي

ناشر: پژوهشگاه صنعت نفت
طراح جلد: موسسه مهرمانا
قیمت: ۲۷۰۰۰ ریال
شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۸۵۳۱-۰۹-۸
ویراستار ادبی: منیر قنبریان
صفحه‌آرا: اشرف‌السادات حسینی
چاپ اول: زمستان ۱۳۹۶
شمارگان: ۲۰۰ نسخه
چاپ و صحافی: بهراد
ISBN: 978-600-8531-09-8

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۹	فهرست علائق
۱۹	پیش گفتار ناشد
۲۱	پیش گفتار نویسندگان
۲۵	فصل اول: مقدمه‌ای بر پلی‌میریزاسیون
۲۷	۱-۱- مقدمه
۳۰	۲-۱- رزینهای پلی اتیلن
۳۶	۳-۱- رزینهای پلی پروپیلن
۳۹	فصل دوم: شناسایی ریز ساختار پلی الفین
۴۱	۱-۲- مقدمه
۴۳	۲-۲- توزیع وزن مولکولی
۴۳	۱-۲-۲- کروماتوگرافی طرد اندازه
۵۱	۲-۲-۲- جزء به جزء کردن براساس میدان جریان
۵۳	۳-۲- توزیع ترکیب شیمیایی
۵۳	۱-۳-۲- روش‌های براساس کریستالیزاسیون
۶۴	۲-۳-۲- کروماتوگرافی مایع با عمل کرد- بالا
۶۷	۴-۲- تکنیک‌های جزء به جزء کردن متقاطع
۶۹	۵-۲- شاخه زنجیر بلند
۷۵	فصل سوم: کاتالیست‌ها و سازوکار پلیمریزاسیون
۷۷	۱-۳- مقدمه
۸۱	۲-۳- انواع کاتالیست
۸۱	۱-۲-۳- کاتالیست‌های زیگلر- ناتا
۸۵	۲-۲-۳- کاتالیست‌های فیلیپس

صفحه	عنوان
۸۶	۳-۲-۳- متالوسن ها
۹۱	۳-۲-۴- کاتالیست های فلز واسطه انتهایی
۹۳	۳-۳- تکیه گاه دار کردن کاتالیست های تک سایتی
۹۹	۳-۴- سازو کار پلیمریزاسیون با کاتالیست های کتوردیناسیونی
۱۱۱	فصل چهارم: راکتورها و فرآیندهای پلی الفینی
۱۱۳	۴-۱- مقدمه
۱۱۵	۴-۲- آرایش راکتورها و طراحی
۱۱۶	۴-۲-۱- راکتورهای فاز گازی
۱۱۷	۴-۲-۱-۱- راکتورهای فاز گازی بستر سیال
۱۲۳	۴-۲-۲- راکتور بستر هم زده عمودی
۱۲۵	۴-۲-۳- راکتور هم زده افقی
۱۲۸	۴-۲-۴- راکتور سولاسون چندمرحله ای (MZCR)
۱۲۹	۴-۲-۲- راکتورهای فاز مایع
۱۳۱	۴-۲-۲-۱- اتوکلاوها
۱۳۲	۴-۲-۲-۲- راکتورهای لوپ دوغابی
۱۳۳	۴-۲-۳- راکتورهای محلولی
۱۳۴	۴-۲-۴- خلاصه انواع راکتورها برای پلیمریزاسیون الفین ها
۱۳۵	۴-۳- فرآیندهای پلیمریزاسیون الفین ها
۱۳۸	۴-۳-۱- فرآیندهای تولید پلی اتیلن
۱۳۸	۴-۳-۱-۱- فرآیندهای دوغابی (رقیق کننده بی اثر)
۱۴۱	۴-۳-۱-۲- فرآیندهای فاز گازی
۱۴۴	۴-۳-۱-۳- فرآیندهای چندفازی
۱۴۵	۴-۳-۱-۴- فرآیندهای محلولی
۱۴۷	۴-۳-۲- فرآیندهای تولید پلی پروپیلن
۱۴۸	۴-۳-۲-۱- فرآیندهای دوغابی (رقیق کننده بی اثر)
۱۴۸	۴-۳-۲-۲- فرآیندهای فاز گازی
۱۵۲	۴-۳-۲-۳- فرآیندهای چندفازی
۱۵۴	۴-۴- نتیجه گیری
۱۵۷	فصل پنجم: سینتیک پلیمریزاسیون
۱۵۹	۵-۱- مقدمه

۱۶۱	۵-۲- مدل بنیادی سینتیک پلیمریزاسیون
۱۶۲	۵-۲-۱- کاتالیست‌های تک‌سایتی
۱۶۲	۵-۲-۱-۱- هموپلیمریزاسیون
۱۷۲	۵-۲-۱-۲- کوپلیمریزاسیون
۱۷۵	۵-۲-۲- کاتالیست‌های چندسایتی
۱۷۷	۵-۲-۳- بستگی دمایی ثابت‌های سینتیک
۱۷۹	۵-۲-۴- تعداد مول‌های سایت‌های فعال
۱۸۰	۵-۳- مدل‌های سینتیک پلیمریزاسیون غیراستاندارد
۱۸۱	۵-۳-۱- مرتبه پلیمریزاسیون بزرگ‌تر از یک
۱۸۵	۵-۳-۲- اثر هب، روتن بر سرعت پلیمریزاسیون
۱۹۶	۵-۳-۳- اثر کومونومر بر سرعت پلیمریزاسیون
۲۰۱	۵-۳-۴- مرتبه منفی پلیمریزاسیون با کاتالیست‌های فلزات واسطه انتهایی
۲۰۳	۵-۴- بررسی تعادل بخار-محلول - حالت جامد
۲۰۷	فصل ششم: مدل‌سازی ریزساختار پلی‌بفین
۲۰۹	۶-۱- مقدمه
۲۱۰	۶-۲- توزیع لحظه‌ای
۲۱۰	۶-۲-۱- توزیع وزن مولکولی
۲۱۰	۶-۲-۱-۱- کاتالیست‌های تک‌سایتی
۲۲۰	۶-۲-۱-۲- کاتالیست‌های چندسایتی
۲۳۰	۶-۲-۲- توزیع ترکیب شیمیایی
۲۳۰	۶-۲-۲-۱- کاتالیست‌های تک‌سایتی
۲۳۹	۶-۲-۲-۲- کاتالیست‌های چندسایتی
۲۴۸	۶-۲-۳- توزیع توالی طول کومونومر
۲۵۲	۶-۲-۴- توزیع شاخه زنجیربلند
۲۶۳	۶-۲-۵- پلی‌پروپیلن: جهت و فضانظمی
۲۶۳	۶-۳- شبیه‌سازی مونت کارلو
۲۶۴	۶-۳-۱- مدل‌های مونت کارلوی پیوسته
۲۷۳	۶-۳-۲- مدل‌های مونت کارلوی دینامیک
۲۷۹	فصل هفتم: رشد ذره و مدل‌های تک‌ذره‌ای
۲۸۱	۷-۱- مقدمه

صفحه	عنوان
۲۸۴	۷-۲- رشد ذره و قطعه قطعه شدن ذرات
۲۸۵	۷-۲-۱- مرحله قطعه قطعه شدن
۲۹۳	۷-۲-۲- رشد ذره
۲۹۶	۷-۳- مدل های تک ذره
۲۹۷	۷-۳-۱- موازنه جرم و انرژی ذره: مدل چنددانه ای (MGM)
۳۰۱	۷-۳-۲- مدل جریان پلیمر (PFM)
۳۰۴	۷-۳-۳- آنالیز رشد ذره با روش MGM/PFM
۳۰۹	۷-۳-۴- جابه جایی در ذرات؛ سرعت انتقال جرم بالا در زمان کوتاه
۳۱۲	۷-۴- محدودیت روش MGM / PFM : موفولوژی ذره
۳۱۷	فصل هشتم: توسعه مدل برای راکتورهای صنعتی
۳۱۹	۸-۱- مقدمه

پیش‌گفتار نویسندگان

«نشانه یک ذهن تعلیم‌دیده این است که به درجه‌ای از دقت که طبیعت یک موضوع اجازه می‌دهد راضی بماند و در جایی که جز به دست آوردن تقریبی از حقیقت ممکن نیست، در جستجوی صحت مطلق نباشد.»

ارسطو (۳۲۲-۳۸۴ قبل از میلاد)

«هنر عاقل، هنر دانستن این است که از چه چیزهایی باید چشم پوشید.»

ویلیام جیمز (۱۸۴۲-۱۹۱۰)

از سال‌های اولیه دهه ۱۹۶۰ میلادی، تولید پلی‌الفین‌ها با کاتالیست‌های کئوردیناسیون نیروی محرکه صنعت پلاستیک بوده است. به خاطر توسعه پایدار کاتالیست‌ها، فرآیندهای پلیمریزاسیون و دستگاه‌های شناسایی پلی‌الفین‌ها، این شناخت در علم همیشه موضوعی به‌روز برای تحقیق و توسعه بوده است.

با بیش از پانزده سال کار در این حوزه، اشاره احاس کرده‌ایم که به کتابی حاوی خلاصه‌ای از مهم‌ترین جنبه‌های مهندسی واکنش‌های پلی‌الفین‌ها، نیاز است و این کتاب بازتابی از شناخت ما از این صنعت مهم است. این شناخت حاصل تماس با موضوع و فعالیت‌های مشاوره و تدریس دوره‌های کوتاه‌مدت است. در این دوره‌ها، برای اولین بار به‌وضوح به این نتیجه رسیدیم که به خلاصه‌ای از تئوری‌های پذیرفته‌شده در سینتیک پلیمریزاسیون الفین‌ها، کاتالیست‌ها، رشد ذره و شناسایی پلی‌الفین‌ها نیاز است.

همان‌طور که از ارسطو نقل شد، در این کتاب به درجه‌ای از دقت که طبیعت موضوع اجازه می‌دهد راضی می‌شویم و امیدواریم که خوانندگان نیز با ما موافق باشند که این رضایت به‌راستی نشانه ذهن‌های تعلیم‌دیده است. قصد این کتاب مرور جامع و کامل منابع موجود در زمینه تمام موضوعات اشاره‌شده نیست؛ حاصل این کار متنی بسیار طولانی و خسته‌کننده است که بسیار زود از رده خارج می‌شود. مقالات مروری متنوع و بسیار خوبی که پیوسته جدیدترین دستاوردهای تولید و شناسایی پلی‌الفین‌ها را منتشر می‌کنند برای چنین منظوری مناسب‌تر خواهند بود. در عوض، ما تفسیر خود را از مهندسی واکنش‌های پلی‌الفین بیان می‌کنیم. در فرآیند هر انتخاب، همیشه ممکن است برخی روش‌ها کنار گذاشته شوند، اما سعی شده تا حد امکان فراگیر عمل شود. هم‌چنین به‌ندرت از مراجع در داخل متن استفاده شده، اما مراجع در انتهای هر فصل آورده و درباره تئوری‌های جایگزین و استثنای روش عمومی گفته‌شده در فصل توضیح داده و مراجع اضافی نیز پیشنهاد

شده‌اند. مراجع جامع نیستند، بلکه منابعی از مطالعات تکمیلی و دری به‌سوی منابع وسیع موضوع‌اند. امیدواریم با این روش، مطالعه این کتاب خوشایند شود و منابع قابل‌رجوع دیگری نیز برای خواننده فراهم شوند.

در فصل اول، مباحث مربوط به پلی‌الفین‌ها آورده و انواع پلی‌الفین‌ها، سیستم‌های کاتالیستی و چیدمان راکتورها معرفی شده‌اند. همچنین فلسفه کلی استفاده از مدل‌های ریاضی برای به‌هم پیوستن سینتیک پلیمریزاسیون، فرآیندهای انتقال جرم و مومنتوم در مقیاس‌های مختلف طولی و شناسایی ریزساختار پلیمر برای درک کامل فرآیند پلیمریزاسیون الفین‌ها معرفی می‌شوند.

در فصل دوم، درباره ریزساختار پلی‌الفین‌ها، که به‌عنوان توزیع جرم مولکولی، ترکیب شیمیایی، فضا-جهت‌نظمی و زنجیر یا شاخه بلند تعریف شده‌اند، بحث می‌شود. بیهوده نیست اگر بگوییم که در میان تمام پلیمرهای سنتزی، کنترل ریزساختار مهم‌ترین موضوع درباره پلی‌الفین‌هاست و بحث درباره ریزساختار پلی‌الفین پس‌زمینه ثابت تمام فصول این کتاب و بهترین راهنمای درک کاتالیست‌ها، سنتز، قوا، تهای انتقال جرم و حرارتی و رفتار راکتور است.

فصل سوم به کاتالیست‌ها و سازوکارهای پلیمریزاسیون اختصاص یافته است. زمینه کاتالیست‌های کتوربنا، مورد بسیار وسیع است و بدون شک این کاتالیست‌ها اصلی‌ترین نیروی محرکه ابداع در صنعت ترانسپلی‌الفین‌ها هستند. برای پرداختن مناسب به کاتالیست‌ها به یک کتاب جداگانه نیاز است؛ از این رو تصمیم گرفتیم بر جنبه‌های شاخص چندین گروه کاتالیست الفین، الگوهای کلی رفتار و سازوکارهای تها را چگونگی ارتباطشان با سینتیک پلیمریزاسیون و خواص ریزساختار پلی‌الفین‌ها تمرکز کنیم.

موضوع فصل چهارم راکتورهای پلیمریزاسیون است که علاقه اصلی ما مهندسان راکتورهای پلیمر است. در واقع، تولید صنعتی پلی‌الفین‌ها یک «رویی به‌حقیقت پیوسته» برای مهندسان راکتورهای پلیمر است، زیرا از لحاظ عملی با تمام چیدمان‌های ممکن راکتورهای شیمیایی مواجه می‌شوند. خلافت زیادی در طراحی راکتور، راهبردهای حذف رها، چیدمان‌های سری یا موازی راکتورها و برنامه‌های کاهش هزینه راکتورهای پلی‌الفینی به کار رفته است. این فصل با بحث درباره پیکربندی‌های راکتورهای استفاده‌شده در پلیمریزاسیون الفین‌ها آغاز می‌شود. با تفسیر فرآیندهای مخصوص تولید پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن ادامه می‌یابد.

فصل پنجم اولین فصلی است که به مدل‌سازی ریاضی پلیمریزاسیون الفین‌ها اختصاص یافته است. اولین معادله از مدلی شروع می‌شود که علاقمندیم آن را مدل بنیادی سینتیک پلیمریزاسیون الفین بنامیم و با اصول پایه، کلی‌ترین عبارات را برای سرعت فعال‌سازی کاتالیست، پلیمریزاسیون و غیرفعال شدن کاتالیست به دست آوریم. کاربرد مدل بنیادی بسیار گسترده است، اما چندین پدیده شاخص در پلیمریزاسیون الفین را در نظر نمی‌گیرد. بنابراین، در انتهای این فصل درباره چند مدل جایگزین برای سینتیک پلیمریزاسیون بحث می‌شود.

در فصل ششم، مدل‌های ریاضی برای توصیف ریزساختار پلی‌الفین‌ها توسعه می‌یابند. این فصل

یکی از هسته‌های اصلی این کتاب است که کمک می‌کند ارتباط سینتیک پلیمریزاسیون، کاتالیست‌ها و مقاومت‌های انتقال جرم و حرارت با عمل کردن نهایی پلیمر مشخص شود. تصمیم گرفتیم روابط ریاضی تا حد امکان ساده باشند، بدون این که اصلی‌ترین جنبه‌های این موضوع مهم از دست بروند. قطعه‌قطعه شدن و رشد ذرات در فصل هفتم بررسی شده‌اند. مدل‌های این فصل مجموعه‌ای «مدل‌های تک‌ذره‌ای» خوانده می‌شوند و می‌توان آنها را به زیرمدل‌های «رشد پلیمر» و «مدل‌های توسعه مورفولوژی» تقسیم کرد. دو مدل رشد پلیمر که به‌خوبی پایه‌گذاری شده‌اند مدل جریان پلیمری و مدل چندانه‌ای هستند. این مدل‌ها برای توصیف انتقال حرارت و جرم در ذرات پلیمری بعد از قطعه‌قطعه شدن به کار می‌روند. مدل‌سازی قطعه‌قطعه شدن ذرات کاتالیست (که با مدل‌های توسعه مورفولوژی توصیف می‌شود) به‌مراتب سخت‌تر است و هنوز هیچ مدل کمی کاملاً قابل قبولی که این موضوع را برشش دهد ایجاد نشده است. در این کتاب اصلی‌ترین مدل‌های جایگزین در این حیطه بررسی خواهند شد.

در پایان، فصل هشتم مدل‌سازی راکتور در مقیاس بزرگ اختصاص یافته است. این فصل، به‌طریقی، متداول‌ترین مدل از دیدگاه مهندسی شیمی است، زیرا دربردارنده مفاهیم شناخته‌شده توزیع زمان اقامت راکتور، اختلاط میکرو و ماکرو و موضوعات مربوط به انتقال گرما از راکتور است، هر چند ترکیب مدل‌های ماکروسکوپی راکتور، مدل‌های تک‌ذره، سینتیک دقیق پلیمریزاسیون و توزیع ریزساختار پلیمر بسیار چالش‌برانگیز و مفید برای مهندسان راکتورهای پلی‌الفین‌اند.