

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

۲۰۸ ۵۴۰۱

۹۹، ۶، ۴

اصول و کاربردهای پلیمریزاسیون امولسیون

تألیف:

چورنگ شیان چرن

ترجمه:

منوچهر خراسانی

عضو هیأت علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

زمستان ۱۳۹۸

سرسناسه	چرن، چورنگ- شيان
عنوان و نام پديدآور	Chern, Chornng- Shyam
مترجم	اصول و کاربردهای پلیمریزاسیون امولسیوني/تأليف چورنگ شيان چرن
مشخصات نشر	منوچهر خراسانی
مشخصات ظاهري	تهران: دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، مرکز نشر ۱۳۹۸.
شابک	۳۹۴ ص.: مصور، جدول، نمودار
وضعیت فهرست‌نویسی	۳-۷۹۳-۴۶۳-۹۶۴-۹۷۸
يادداشت	فيبا
يادداشت	Principles and applications of emulsion polymerization c2008.
يادداشت	کتابنامه
موضوع	نمايه
موضوع	پلیمریزاسیون امولسیوني
موضوع	Emulsion polymerization.
شناسه افزوده	خراسانی، منوچهر، ۱۳۴۵ - مترجم
شناسه افزوده	دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران). مرکز نشر
شناسه افزوده	Amir Kabir university of technology (Tehran polytechnic)
رده‌بندی کنگره	۲۵۸
رده‌بندی دیویی	۶۶۸/۹۲
شماره کتابشناسی ملی	۰۵۳۶۰۰

این کتاب در جلسه مورخ ۱۳۹۸/۹/۲۴ شورای چاپ و نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر به تصویب رسیده است.



انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

عنوان کتاب	اصول و کاربردهای پلیمریزاسیون امولسیوني
تأليف	چورنگ شيان چرن
ترجمه	دکتر منوچهر خراسانی
ناشر	مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
لینتوگرافی، چاپ و صحافی	انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
چاپ اول	زمستان ۱۳۹۸
قیمت	۶۰۰۰۰ تومان
تیراژ	۵۰۰ نسخه
شابک	۳-۷۹۳-۴۶۳-۹۶۴-۹۷۸
	ISBN : 978-964-463-793-3

آدرس مرکز پخش: خیابان ولیعصر، روبروی خیابان بزرگمهر، فروشگاه کتاب مرکز نشر

دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران) - تلفن: ۶۶۴۹۸۸۶۸

وبسایت: <http://publication.aut.ac.ir>

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

فهرست

عنوان	صفحه
پیشگفتار مؤلف	ط
پیشگفتار مترجم	م
تقدیر و تشکر	س
فصل (۱) معرفی	۱
۱-۱- پلیمریزاسیون رادیکال آزاد	۲
۱-۱-۱- سارکاتهای پلیمریزاسیون رادیکال آزاد	۲
۱-۱-۲- سینتیک پلیمریزاسیون رادیکال آزاد	۵
۱-۲- پلیمریزاسیون امولسیون	۷
۱-۲-۱- پلیمریزاسیون امولسیون متداو	۷
۱-۲-۲- فرآیندهای پلیمریزاسیون امولسیونی	۹
۱-۲-۳- پلیمریزاسیون مینی امولسیونی	۱۱
۱-۲-۴- پلیمریزاسیون میکروامولسیونی	۱۳
۱-۲-۵- پلیمریزاسیون امولسیونی معکوس	۱۵
۱-۳- پایداری کلونیدی	۱۵
۱-۳-۱- موضوع مهمی که اغلب نادیده گرفته می شود	۱۵
۱-۳-۲- برهمکنش های الکترواستاتیک	۱۶
۱-۳-۳- برهمکنش های فضایی	۱۸
۱-۳-۴- پایداری مکانیکی	۲۰
۱-۴- برخی از خواص عملکردی برای کاربردهای صنعتی	۲۱
۱-۴-۱- رئولوژی	۲۱

۲۴	۱-۴-۲- تشکیل فیلم
۲۶	۱-۵- مراجع

فصل (۲): پدیده‌های بین سطحی..... ۳۱

۳۱	۲-۱- جنبه‌های ترمودینامیکی
۳۱	۲-۱-۱- امولسیونسازی روغن در آب
۳۴	۲-۱-۲- فصل مشترک‌ها
۳۵	۲-۱-۳- مولکول‌های فعال سطح جذب‌شده در یک فصل مشترک
۳۵	۲-۱-۴- عامل‌های فعال سطح
۳۶	۲-۱-۵- غلظت بحرانی مایسل (CMC)
۳۸	۲-۲-۲- پراکنش دو ستاره چربی دوستی (HLB)
۳۹	۲-۲-۳- شاخص آرامت‌سالیت
۴۴	۲-۲- پایداری کلئیدی
۴۴	۲-۳-۱- نیروهای واندروالس
۴۹	۲-۳-۲- برهمکنش‌های الکترواستاتیک
۵۹	۲-۳-۳- برهمکنش‌های فضایی
۶۵	۲-۳-۴- سینتیک درهم‌فرورفتگی
۶۸	۲-۴- مراجع

فصل (۳): سازوکارهای هسته‌گذاری ذره‌ها..... ۷۳

۷۴	۳-۱- هسته‌گذاری مایسلی
۷۴	۳-۱-۱- نظریه‌ی هارکینز-اسمیت-اوارت
۷۹	۳-۱-۲- جذب رقابتی رادیکال‌های آزاد توسط مایسل‌ها و هسته‌های ذره‌ها
۸۴	۳-۲- هسته‌گذاری همگن
۸۴	۳-۲-۱- تشکیل هسته‌های ذره‌ها در فاز آبی پیوسته

- ۲-۲-۳- مدل هانسن-یوگلسن-فلیچ-تسای (HUFT) ۸۶
- ۳-۳- هسته‌گذاری لخته‌ای ۸۸
- ۳-۳-۱- ویژگی‌های کلی هسته‌گذاری لخته‌ای ۸۸
- ۳-۳-۲- بسط مدل هسته‌گذاری لخته‌ای ۹۱
- ۳-۴- حالت ترکیبی از سازوکارهای هسته‌گذاری ذره‌ها ۹۳
- ۳-۵- پلیمریزاسیون امولسیون فاقد عامل فعال سطح ۹۷
- ۳-۶- فعالیت تجربی پیرامون هسته‌گذاری ذره‌ها ۱۰۴
- ۳-۶-۱- چالش درباره‌ی سازوکارهای هسته‌گذاری ۱۰۴
- ۳-۶-۲- برخی از داده‌های تجربی بیانگر نوع هسته‌گذاری ۱۰۵
- ۳-۶-۳- بررسی از پس‌های بالقوه برای مطالعه‌ی هسته‌گذاری ۱۱۲
- ۳-۶-۴- اثر غلظت عامل فعال سطح بر هسته‌گذاری ۱۱۷
- ۳-۷- سامانه‌های عامل فعال سطح غیر یونی و ترکیبی ۱۱۹
- ۳-۷-۱- سامانه‌های عامل فعال سطح غیر یونی ۱۱۹
- ۳-۷-۲- ترکیبی از سامانه‌های عامل فعال سطح یونی و غیر یونی ۱۲۱
- ۳-۸- مراجع ۱۲۳

فصل (۴): سینتیک پلیمریزاسیون امولسیونی ۱۳۱

- ۴-۱- سینتیک پلیمریزاسیون امولسیونی ۱۳۲
- ۴-۱-۱- نظریه‌ی اسمیت-اوارت ۱۳۲
- ۴-۱-۲- مدل‌های سینتیکی پیشگام برای پیش‌بینی متوسط تعداد رادیکال‌های آزاد به‌ازای ذره ۱۳۶
- ۴-۲- جذب رادیکال‌های آزاد توسط ذره‌های لاتکس ۱۴۰
- ۴-۲-۱- مدل‌های تحت کنترل برخورد و نفوذ ۱۴۱
- ۴-۲-۲- مدل تحت کنترل انتشار ۱۴۶
- ۴-۲-۳- برخی موضوع‌های بحث‌برانگیز ۱۴۷

- ۴-۳-۴- واذب رادیکال‌های آزاد خارج از ذره‌های لاتکس ۱۴۹
- ۴-۳-۱- واذب رادیکال‌های آزاد در سامانه‌های هموپلیمریزاسیون امولسیون. ۱۵۰
- ۴-۳-۲- واذب رادیکال‌های آزاد در سامانه‌های کوپلیمریزاسیون امولسیون ۱۵۳
- ۴-۳-۳- اثر ویژگی بین‌سطحی بر واذب رادیکال‌های آزاد ۱۵۵
- ۴-۴- رشد ذره‌های لاتکس ۱۵۵
- ۴-۴-۱- ملاحظات ترمودینامیکی ۱۵۶
- ۴-۴-۲- غلظت کومونومرها در سامانه‌های کوپلیمریزاسیون امولسیون ۱۵۸
- ۴-۴-۳- رشد رقابتی ذره‌های لاتکس ۱۶۱
- ۴-۵- واکشن تراکول پلیمر ۱۶۳
- ۴-۶- ۱۶۶

فصل (۵): پلیمریزاسیون مینی‌امولسیون ۱۷۳

- ۵-۱- پلیمریزاسیون در غلظت‌های موزومری ۱۷۴
- ۵-۲- پایداری امولسیون‌های موزومری ۱۷۶
- ۵-۲-۱- اثرهای استوالد رایپنینگ ۱۷۶
- ۵-۲-۲- نقش پایدارکننده‌های کمکی در پایداری امولسیون‌های موزومری ۱۷۷
- ۵-۳- انواع پایدارکننده‌های کمکی در پلیمریزاسیون مینی‌امولسیون ۱۸۰
- ۵-۴- سازوکارها و سینتیک پلیمریزاسیون مینی‌امولسیون ۱۸۲
- ۵-۴-۱- شرایط اولیه برای سامانه‌های پلیمریزاسیون مینی‌امولسیون ۱۸۲
- ۵-۴-۲- سازوکارهای هسته‌گذاری ذره‌ها ۱۸۳
- ۵-۴-۳- اثر مونومرهای عاملی و آغازگرها بر هسته‌گذاری ذره‌ها ۱۸۸
- ۵-۴-۴- سینتیک پلیمریزاسیون ۱۹۱
- ۵-۵- تنوع پلیمریزاسیون مینی‌امولسیون ۱۹۵
- ۵-۵-۱- واکنش انتقال به‌زنجیر کاتالیستی ۱۹۶
- ۵-۵-۲- پلیمریزاسیون رادیکال آزاد زنده ۱۹۸

- ۱۹۹ ۵-۵-۳- پلیمریزاسیون مرحله‌ای
- ۲۰۱ ۵-۶- مراجع

فصل (۶): پلیمریزاسیون میکروامولسیون ۲۰۹

- ۲۱۰ ۶-۱- معرفی
- ۲۱۱ ۶-۲- شکل‌گیری و میکروساختار میکروامولسیون‌ها
- ۲۱۱ ۶-۲-۱- شکل‌گیری میکروامولسیون‌ها
- ۲۱۳ ۶-۲-۲- عوامل‌های کنترل‌کننده‌ی ساختارهای میکروامولسیون
- ۲۱۵ ۶-۳- پلیمریزاسیون میکروامولسیونی روغن در آب
- ۲۱۵ ۶-۳-۱- وی‌کی‌ها: پلی
- ۲۱۶ ۶-۳-۲- سازوکارهای سینک پلیمریزاسیون
- ۲۲۶ ۶-۴- پلیمریزاسیون میکروامولسیونی روغن
- ۲۲۹ ۶-۵- پلیمریزاسیون در فازهای پیوسته یا دوپیوسته میکروامولسیون‌ها
- ۲۳۱ ۶-۶- مراجع

فصل (۷): پلیمریزاسیون‌های امولسیونی نیمه‌پیمانه‌ای پیوسته ۲۳۹

- ۲۴۰ ۷-۱- پلیمریزاسیون امولسیونی نیمه‌پیمانه‌ای
- ۲۴۰ ۷-۱-۱- رفتار پلیمریزاسیون حالت شبه‌پایا
- ۲۴۲ ۷-۱-۲- سازوکارها و سینتیک پلیمریزاسیون
- ۲۵۲ ۷-۱-۳- مطالعه‌های مدل‌سازی ریاضی
- ۲۵۵ ۷-۲- پلیمریزاسیون امولسیونی پیوسته
- ۲۵۵ ۷-۲-۱- ویژگی‌های کلی فرآیندهای پلیمریزاسیون امولسیونی پیوسته
- ۲۵۹ ۷-۲-۲- سازوکارهای هسته‌گذاری و رشد ذره
- ۲۶۴ ۷-۳- توسعه‌ی فرآیندهای پلیمریزاسیون امولسیونی پیوسته‌ی تجاری
- ۲۶۶ ۷-۴- مراجع

فصل (۸): پلیمریزاسیون‌های امولسیونی در ذره‌های لاتکس غیریکنواخت ۲۷۳

- ۸-۱- منشأ ذره‌های لاتکس غیریکنواخت ۲۷۳
- ۸-۲- پلیمریزاسیون‌های امولسیونی دانه‌دار ۲۷۵
- ۸-۳- عامل‌های تأثیرگذار بر مورفولوژی ذره ۲۷۶
- ۸-۳-۱- تأثیر آغازگرها ۲۷۶
- ۸-۳-۲- تأثیر روش‌های افزودن مونومر ۲۷۷
- ۸-۳-۳- تأثیر وزن مولکولی پلیمر ۲۷۸
- ۸-۳-۴- تأثیر کسر حجمی جفت‌های پلیمری ۲۷۹
- ۸-۳-۵- تأثیر دمای پلیمریزاسیون ۲۸۰
- ۸-۴- بسط مورفولوژی در ذره‌های لاتکس ۲۸۰
- ۸-۴-۱- ملاحظات نرم‌دینامیکی ۲۸۰
- ۸-۴-۲- بسط مورفولوژی غیرعادی ۲۸۱
- ۸-۴-۳- روش‌هایی برای شناسایی مورفولوژی ذره ۲۸۵
- ۸-۵- سینتیک پلیمریزاسیون در ذره‌های لاتکس غیریکنواخت ۲۸۸
- ۸-۵-۱- مطالعه‌های پیشگام ۲۸۸
- ۸-۵-۲- تأثیر توزیع رادیکال‌های آزاد در ذره‌های لاتکس غیریکنواخت ۲۹۱
- ۸-۶- مراجع ۲۹۹

فصل (۹): کاربردهای پلیمرهای امولسیونی ۳۰۵

- ۹-۱- خواص فیزیکی پلیمرهای امولسیونی ۳۰۶
- ۹-۱-۱- تأثیر وزن مولکولی پلیمر ۳۰۶
- ۹-۱-۲- تأثیر مورفولوژی پلیمر ۳۰۸
- ۹-۱-۳- تأثیر واکنش‌های شبکه‌ای ۳۱۳
- ۹-۲- خواص رئولوژیکی پلیمرهای امولسیونی ۳۱۴

۳۱۹ ۹-۳- تشکیل فیلم پلیمرهای آمولسیون

۳۲۱ ۹-۴- عامل‌های کفزا و ضدکف

۳۲۵ ۹-۵- ترشوندگی

۳۲۸ ۹-۶- اصلاح‌های سطحی

۳۳۰ ۹-۷- پایداری محصول‌های لاتکس

۳۳۳ ۹-۸- مراجع

۳۳۷ نمایه

۳۴۳ واژه‌نامه‌ی فارسی به انگلیسی

۳۵۳ واژه‌نامه‌ی انگلیسی به فارسی

www.ketab.ir

پیشگفتار مؤلف

پلیمریزاسیون امولسیون یک فرآیند شیمیایی منحصر به فرد بوده که در تولید بسیاری از محصول‌های متنوع لاتکسی با کاربردهای فراوان مورد استفاده قرار گرفته است. برخی از کاربردهای مهم آن، عبارتند از: لاستیک‌های مصنوعی، چسب‌ها، بیندرها، آب‌بندها، درزگیرها، رنگ‌های تجاری، پوشش‌های صنعتی، جوهرهای چاپ، لاک‌های براق، ترموپلاستیک‌ها، تونرهای امولسیونی تجمعی، محصول‌های پزشکی برپایه‌ی برهمکنش‌های جذبی میان ذره‌های لاتکس حاوی لیگاند، بایومولکول‌های هدف و ذره‌های پلیمری ترکیبی برای استانداردهای کالیراسیون ابزار دقیق. فدای مطلوب برای پلیمرهای امولسیونی به دلیل سازگاری آن‌ها با محیط زیست، در واقع انگیزه‌ای برای توسعه‌ی سریع این فناوری سبز بوده است. هرچند که این محصول‌های برپایه‌ی آب در ماهیت خود نیز دارای محدودیت‌هایی هستند و شاید هرگز قادر نباشند تا به‌خواص عملکردی بالی ارائه شده توسط همتایان حلالی خود دست یابند. در سال‌های اخیر، افزایش مستمر قیمت نفت خام که به یک‌صد دلار امریکایی به‌ازای هر بشکه در سه‌ماهه‌ی نخست سال ۲۰۰۸ میلادی رسید موجب شد تا محصول‌های لاتکسی به‌صورت مؤثرتری بتوانند با سامانه‌های پلیمری پایه‌حلالی در بازار رقابت کنند. روند فعلی به‌وضوح نشان می‌دهد که پلیمریزاسیون امولسیونی زمینه‌ی مهمی بوده که شایسته‌ی تحقیق و توسعه‌ی عمیق‌تری است.

این روش در اساس برپایه‌ی سازوکار پلیمریزاسیون رادیکال آزاد معمولی بوده؛ اما تنها محدود به آن نیز نشده است. نخستین معرفی کوپلیمرهای استارن-بوتادی‌ان و پلی‌وینیل‌استات برای رنگ‌های لاتکس، در حدود سال‌های ۱۹۴۶ تا ۱۹۵۰ میلادی انجام شد و از همان زمان نیز مورد توجه دانشمندان و متخصص‌های صنعتی قرار گرفت. در سال‌های پیشرفت‌های قابل‌ملاحظه‌ای در درک اساسی سازوکارهای پلیمریزاسیون امولسیون نسبت به آن دوران حاصل شده است. لازم به‌ذکر است که بسیاری از پلیمرهای مناسبی نوین در آزمایشگاه‌های صنعتی به‌صورت موفقیت‌آمیزی توسعه یافته‌اند. تحقیقات نظری و تجربی گسترده و تلاش‌ها به‌منظور توسعه‌ی محصول‌های صنعتی در جهت پیشبرد دانش عمومی سازوکارهای پلیمریزاسیون امولسیونی و سینتیک آن هنوز ادامه دارد. لازم به‌ذکر است که برخی از نکته‌های کلیدی در ارتباط با بعضی مباحث که در سامانه‌های پلیمریزاسیون امولسیونی ناهمگن رخ می‌دهند (به‌عنوان نمونه، هسته‌ی ذره‌ها و سازوکار رشد و حمل رادیکال‌های آزاد همزمان با واکنش‌های شیمیایی) در حال حاضر هنوز به‌صورت کامل درک نشده‌اند. علاوه بر این، موضوع پایداری کلوئیدی ذره‌های لاتکس (برای نمونه، کانون اصلی واکنش) ممکن است غلظت ذره‌ها را در طول پلیمریزاسیون تغییر دهد و این امر حتی می‌تواند سبب پیچیده‌تر شدن این موقعیت شود.

علاوه بر ظاهر شدن ذره‌های لاتکس، تعیین میانگین تعداد رادیکال‌های آزاد در واحد ذره موضوع دیگری است که به دشواری انجام می‌شود. این موضوع‌های بحث‌برانگیز (که در عین حال، از اهمیت بالایی نیز برخوردار هستند)، هنوز چالش‌های بزرگی را برای افرادی که در این تحقیق میان‌رشته‌ای مشارکت دارند بر جای گذاشته است.

محقق‌هایی که به پلیمریزاسیون امولسیون می‌پردازند، باید علاوه بر جنبه‌های اساسی شیمی پلیمر و فیزیک، از دانش پایه در ارتباط با پدیده‌های کلونیدی و فصل مشترک‌ها، سینتیک واکنش و علوم مربوط به پدیده‌های انتقال، ترمودینامیک و مهندسی پلیمر نیز به‌منظور طراحی و کنترل محصول‌های لاتکس با خواص عملکرد مطلوب به‌صورت مؤثر برخوردار باشند. بنابراین هدف این کتاب، ارائه‌ی توصیفی جامع از پلیمریزاسیون امولسیون بدون عامل فعال‌سطح و پلیمریزاسیون امولسیونی مرسوم است. این دو سامانه‌ی واکنشی به‌صورت گسترده در تولیدهای صنعتی کاربرد دارند. همچنین این کتاب قصد دارد تا بینشی اساسی به‌برخی ویژگی‌های مهم سامانه‌ی پلیمریزاسیون ماکروامولسیونی و مینی‌امولسیونی منحصر به‌فرد را ارائه کند و انتظار می‌رود تا این رویکرد نقش مهمی را در بازارهای نوظهور ایفا کند. تفسیر کمی و اصلی سازوکارهای پلیمریزاسیون و سینتیک که در سامانه‌های واکنش ناهمگن شرکت دارند، در کانون تمرکز این کتاب هستند. این موضوع‌ها همان‌طور که در تعداد بسیار زیادی از نشریه‌ها در اواخر نیمه‌ی قرن گذشته نیز منعکس شده‌اند، از هم‌اکنون حیاتی برخوردار هستند و خواننده را در درک سریع مؤلفه‌های کلیدی واکنش مانند سرعت پلیمریزاسیون، اندازه‌ی ذره‌ها و کنترل وزن مولکولی پلیمرهای امولسیونی توانمند می‌سازند. علاوه بر این، هدف دیگر این کتاب ارائه‌ی اطلاعاتی مقدماتی در ارتباط با پدیده‌های کلونیدی مرتبط با پلیمریزاسیون امولسیونی و کاربردهای صنعتی آن، فرآیند پلیمریزاسیون امولسیونی صنعتی عمومی (ساده‌ها، نیمه‌پیمانه‌ای و واکنش‌های پیوسته)، مورفولوژی ذره‌های لاتکس (که با انواع گوناگون در های پلیمری چندفازی برخورد دارند) و برخی خواص در کاربردهای نهایی محصول‌های لاتکس است.

این کتاب مرجع یا رساله، پروژکردن توسعه‌ی فعلی دانش پلیمریزاسیون امولسیونی را نیز در دستور کار خود قرار داده است. همچنین نویسنده تلاش کرده است تا جنبه‌های کاربردی و اصلی متعادل‌شده‌ای از انواع فرآیندهای پلیمریزاسیون امولسیونی را در این موضوع با یکدیگر آمیخته کند. این جلد به‌صورت ویژه برای پژوهشگرها (به‌عنوان نمونه، شیمیدان‌ها، مهندس‌های شیمی، متخصص‌های مواد و فیزیکدان‌ها)، پرسنل فنی، اساتید، دانشجویان کارشناسی ارشد و سطوح بالاتر و فارغ‌التحصیل‌ها طراحی شده و به‌عنوان مقدمه‌ای برای این رشته‌ی مهم و به‌عنوان پلی به کتاب‌های تخصصی‌تر در بازار قابل دسترسی است.