

به نام خدا

# پرکاربردترین پلیمرهای صنعتی

مؤلف:

دکتر احسان مظرزاده زارع

عضو هیئت علمی دانشگاه اصفهان

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب برای انتشارات پژوهشی نوآوران شریف محفوظ است و هیچ شخص حقیقی یا حقوقی حق چاپ و نشر تمام یا بخشی از این اثر را بدون مجوز کتبی ناشر به هر صورت اعم از فتوکپی، پلی کپی، جزوه و ... ندارد و متخلفین به موجب بند ۵ ماده ۲ قانون حمایت از ناشرین مصوب مجلس محترم شورای اسلامی تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

(انتشارات پژوهشی نوآوران شریف)

سرشناسه: نظرزاده زارع، احسان، ۱۳۶۲ -  
عنوان و نام پدیدآور: پرکاربردترین پلیمرهای صنعتی / مولف احسان نظرزاده زارع.  
مشخصات نشر: تهران: پژوهشی نوآوران شریف، ۱۳۹۷.

مشخصات ظاهری: ۱۷۶ص: مصور  
شابک: 978-600-5953-98-5

وضعیت فهرست نویسی: فیبا

موضوع: پلیمرها-- کاربردهای صنعتی، پلیمرها

موضوع: Polymers - Polymers-- Industrial applications

رده‌بندی کنگره: ۱۳۹۷ پ۴ع۶ / QD۲۸۱

رده‌بندی ربی: ۵۴۷.۱

شمار کتابشناسی ملی: ۵۵۱۹۴۸۶

تهران - انقرب - خیابان جمالزاده جنوبی - بعد از جمهوری - خیابان چنگیزی - خیابان زرین  
قد - بن بست مهربان - پلاک ۲۱ - واحد ۱  
تلفن: ۰۲۱۶۶۹۱۶۷۳۴ - ۰۹۱۲۳۰۱۷۶۱۶ - ۰۹۱۰۹۱۹۲۵۷۳



عنوان کتاب: پرکاربردترین پلیمرهای صنعتی

مؤلف: دکتر احسان نظرزاده زارع

ناشر: پژوهشی نوآوران شریف

نوبت چاپ: اول ۱۳۹۷

تیراژ: ۳۰۰ نسخه

صفحه‌آرایی: سحر ابراهیمی

قیمت: ۳۵۰۰۰۰ ریال

برای کسب اطلاعات بیشتر از این مجموعه به آدرس زیر مراجعه فرمایید.

[https://t.me/khf\\_sharif](https://t.me/khf_sharif)

\*\*\*

کانال‌های تلگرامی بخش شیمی:

[https://t.me/chemistry\\_sharif](https://t.me/chemistry_sharif)  
[https://t.me/chemistryI\\_sharif](https://t.me/chemistryI_sharif)

۱۲	پیشگفتار .....	۱۲
	<b>۱. پلی اتیلن (PE)</b>	
۱۳	مقدمه .....	۱۳
۱۳	تاریخچه .....	۱۳
۱۴	خواص پلی اتیلن ها .....	۱۴
۱۴	خواص مکانیکی .....	۱۴
۱۵	خواص حرارتی .....	۱۵
۱۵	خواص شیمیایی .....	۱۵
۱۵	خواص الکتریکی .....	۱۵
۱۵	خواص نوری .....	۱۵
۱۶	فرآیند ساخت پلی اتیلن .....	۱۶
۱۶	منومر .....	۱۶
۱۶	پلیمریزاسیون .....	۱۶
۱۷	روش های اتصال پلی اتیلن .....	۱۷
۱۷	تقسیم بندی پلی اتیلن .....	۱۷
۱۸	پلی اتیلن با وزن مولکولی فوق العاده بالا (UHMWPE) .....	۱۸
۱۸	پلی اتیلن با چگالی بالا (HDPE) .....	۱۸
۱۹	پلی اتیلن اتصال عرضی شده (PEX یا XLPE) .....	۱۹
۲۰	پلی اتیلن با چگالی متوسط (MDPE) .....	۲۰
۲۰	پلی اتیلن خطی با چگالی کم (LLDPE) .....	۲۰
۲۰	پلی اتیلن با چگالی کم (LDPE) .....	۲۰
۲۱	پلی اتیلن با چگالی بسیار کم (VLDPE) .....	۲۱
۲۱	کوپلیمرهای پلی اتیلن .....	۲۱
۲۲	ساختار مولکولی انواع مختلف پلی اتیلن .....	۲۲
۲۲	اثر شاخه های زنجیره در پلی اتیلن .....	۲۲
۲۳	اصلاح شیمیایی پلی اتیلن .....	۲۳
۲۳	کوپلیمرهای اتیلن غیر قطبی .....	۲۳
۲۳	کوپلیمرهای اتیلن قطبی .....	۲۳

۲۳	اتصال عرضی در پلی اتیلن
۲۴	کلردار کردن و سولفو کلردار کردن پلی اتیلن
۲۴	برخی از ویژگی های پلی اتیلن
۲۴	چگالی
۲۵	شاخص جریان مذاب (MFI)
۲۵	توزیع وزن مولکولی
۲۶	زیست تخریب پذیری پلی اتیلن
۲۶	منابع

## ۲. پلی پروپیلن (PP)

۲۷	مقدمه
۲۷	تاریخچه
۲۸	خواص فیزیکی پلی پروپیلن
۲۸	خواص مکانیکی پلی پروپیلن
۲۸	خواص حرارتی پلی پروپیلن
۲۹	خواص شیمیایی پلی پروپیلن
۲۹	تخریب پلی پروپیلن
۳۰	خواص نوری پلی پروپیلن
۳۰	سنتز پلی پروپیلن
۳۱	فرآیندهای تولید پلی پروپیلن صنعتی
۳۲	پردازش
۳۳	پلی پروپیلن جهت یافته دوماحوری (BOPP)
۳۳	کاربردهای پلی پروپیلن
۳۴	منابع

## ۳. پلی بوتادی این (PBD)

۳۷	مقدمه
۳۷	تاریخچه
۳۸	پلیمریزاسیون پلی بوتادی این
۳۹	انواع پلی بوتادی این
۳۹	پلی بوتادی این با درصد سیس بالا
۴۰	پلی بوتادی این با درصد سیس کم
۴۰	پلی بوتادی این با درصد وینیل بالا
۴۰	پلی بوتادی این با درصد ترانس بالا
۴۰	سایر محصولات پلی بوتادی این
۴۱	کاربرد پلی بوتادی این
۴۳	منابع

#### ۴. پلی تترافلورواتیلن (PTFE)

۴۵	.....	مقدمه
۴۵	.....	تاریخچه
۴۶	.....	تولید PTFE
۴۷	.....	خواص PTFE
۴۷	.....	کاربردها و موارد استفاده PTFE
۴۹	.....	ایمنی PTFE
۴۹	.....	پلیمرهای مشابه PTFE
۵۰	.....	منابع

#### ۵. پلی اتیلن گلیکول (PEG)

۵۱	.....	مقدمه
۵۱	.....	تاریخچه
۵۲	.....	انحلال قابل دسترس و نام‌گذرای پلی اتیلن گلیکول
۵۳	.....	تولید پلی اتیلن گلیکول
۵۴	.....	موارد استفاده پلی اتیلن گلیکول
۵۴	.....	کاربردهای شیمیایی
۵۵	.....	کاربردهای زیست‌شناسی
۵۵	.....	کاربردهای تجاری
۵۶	.....	کاربردهای صنعتی
۵۶	.....	منابع

#### ۶. پلی وینیل استات (PVAc)

۵۹	.....	مقدمه
۵۹	.....	تاریخچه
۶۰	.....	خواص پلی وینیل استات
۶۰	.....	روش تهیه پلی وینیل استات
۶۱	.....	کاربرد پلی وینیل استات
۶۲	.....	منابع

#### ۷. پلی وینیل الکل (PVA)

۶۳	.....	مقدمه
۶۳	.....	تاریخچه
۶۴	.....	روش تهیه پلی وینیل الکل
۶۴	.....	ساختار و خواص پلی وینیل الکل
۶۶	.....	موارد استفاده پلی وینیل الکل
۶۸	.....	منابع

## ۸. پلی‌وینیل کلرید (PVC)

۶۹	.....	مقدمه
۷۰	.....	تاریخچه کشف پلی‌وینیل کلرید
۷۰	.....	روش تهیه پلی‌وینیل کلرید
۷۱	.....	افزودنی‌ها برای خاتمه واکنش
۷۲	.....	نرم کننده‌های فتالات
۷۲	.....	فتالات‌های با وزن مولکولی بالا و کم
۷۲	.....	پایدار کننده‌های حرارتی
۷۳	.....	کاربردهای پلی‌وینیل کلرید سخت
۷۴	.....	کاربردهای پلی‌وینیل کلرید نرم
۷۵	.....	واضه یزکی پلی‌وینیل کلرید
۷۵	.....	ویژگی‌های دیگر پلی‌وینیل کلرید
۷۵	.....	کاربردهای پلی‌وینیل کلرید
۷۶	.....	سلامت و ایمنی
۷۷	.....	باز یافت پلی‌وینیل کلرید
۷۷	.....	منابع

## ۹. پلی‌استایرن (PS)

۷۹	.....	مقدمه
۸۰	.....	تاریخچه
۸۱	.....	تولید پلی‌استایرن
۸۳	.....	اشکال پلی‌استایرن تولید شده
۸۳	.....	پلی‌استایرن ورقه‌ای یا قالبی
۸۴	.....	فوم پلی‌استایرن
۸۵	.....	پلی‌استایرن انبساط یافته (EPS)
۸۶	.....	فوم پلی‌استایرن اکستروود شده (XPS)
۸۷	.....	جذب آب فوم‌های پلی‌استایرن
۸۷	.....	کوپلیمرهای پلی‌استایرن
۸۸	.....	پلی‌استایرن جهت یافته (OPS)
۸۸	.....	مشکلات زیست محیطی پلی‌استایرن
۸۸	.....	تخریب
۸۹	.....	باز یافت
۸۹	.....	منابع

## ۱۰. کوپلیمرهای استایرنی (PCs)

- ۹۱..... مقدمه
- ۹۱..... تاریخچه
- ۹۲..... انواع کوپلیمرهای استایرنی

## ۱۱. رزین استایرن - اکریلونیتریل (SAN)

- ۹۵..... مقدمه
- ۹۵..... خواص رزین SAN

## ۱۲. اکریلونیتریل - بوتادی-ان - استایرن (ABS)

- ۹۷..... مقدمه
- ۹۷..... خواص ABS
- ۹۸..... تولید ABS
- ۹۹..... ماشین کاری ABS
- ۹۹..... کاربردهای ABS
- ۱۰۰..... خطر ABS

## ۱۳. استایرن - مالیک ان - رید (SMA)

- ۱۰۱..... مقدمه
- ۱۰۱..... روش های تهیه SMA
- ۱۰۲..... کاربرد SMA
- ۱۰۳..... منابع

## ۱۴. پلی استر (Polyester)

- ۱۰۵..... مقدمه
- ۱۰۶..... تاریخچه
- ۱۰۷..... انواع پلی استر
- ۱۰۷..... اساس پلی استر
- ۱۰۸..... سنتز پلی استر
- ۱۰۸..... استری شدن هم جوش
- ۱۰۸..... تبادل استری الکلی
- ۱۰۸..... آسیلاسیون (روش هیدروکلرید)
- ۱۰۹..... روش سیلیل
- ۱۰۹..... روش پلیمریزاسیون حلقه گشا
- ۱۰۹..... اتصال عرضی
- ۱۱۰..... منابع

## ۱۵. پلی اتیلن ترفتالات (PET)

۱۱۱	.....	مقدمه
۱۱۱	.....	موارد استفاده پلی اتیلن ترفتالات
۱۱۲	.....	ویژگی‌های پلی اتیلن ترفتالات
۱۱۳	.....	تولید پلی اتیلن ترفتالات
۱۱۴	.....	کاربرد پلی اتیلن ترفتالات
۱۱۵	.....	سمیت پلی اتیلن ترفتالات
۱۱۶	.....	انواع پلی اتیلن ترفتالات
۱۱۶	.....	بازیافت پلی اتیلن ترفتالات
۱۱۷	.....	منابع

## ۱۶. پلی متیل متاکریلات (PMMA)

۱۱۹	.....	مقدمه
۱۲۰	.....	تاریخچه
۱۲۰	.....	نام‌های پلی متیل متاکریلات
۱۲۱	.....	تولید پلی متیل متاکریلات
۱۲۱	.....	پردازش پلی متیل متاکریلات
۱۲۲	.....	سیستم‌های انتقال مواد، برش و اتصالات
۱۲۳	.....	ریخته‌گری رزین اکریلات
۱۲۳	.....	خواص پلی متیل متاکریلات
۱۲۴	.....	اصلاح خواص پلی متیل متاکریلات
۱۲۴	.....	پلی متیل اکریلات (PMA)
۱۲۵	.....	موارد استفاده پلی متیل متاکریلات
۱۲۵	.....	پلی متیل متاکریلات جایگزین شیشه‌ی شفاف
۱۲۶	.....	فن آوری پزشکی و کاشتگی
۱۲۷	.....	استفاده در اشیاء هنری و تزئینات
۱۲۷	.....	سایر موارد استفاده پلی متیل متاکریلات
۱۲۸	.....	منابع

## ۱۷. پلی کربنات (PC)

۱۲۹	.....	مقدمه
۱۲۹	.....	تاریخچه
۱۳۰	.....	ساختار پلی کربنات
۱۳۰	.....	تولید پلی کربنات
۱۳۲	.....	خواص و پردازش پلی کربنات
۱۳۳	.....	موارد مصرف پلی کربنات‌ها
۱۳۴	.....	منابع



## ۱۸. نایلون (NYLON)

۱۳۷	.....	مقدمه
۱۳۷	.....	تاریخچه
۱۳۸	.....	شیمی نایلون
۱۳۹	.....	نام‌گذاری نایلون
۱۴۰	.....	هموپلیمرها
۱۴۰	.....	کوپلیمرها
۱۴۰	.....	منومرها
۱۴۰	.....	آمینواسیدها و لاکتامها
۱۴۱	.....	دی‌اسیدها
۱۴۱	.....	آمین‌ها
۱۴۲	.....	کوپلیمرهای نایلون
۱۴۲	.....	کوپلیمرهای نایلون
۱۴۲	.....	مخلوط نایلون
۱۴۲	.....	قابلیت اشغال
۱۴۳	.....	خواص ترموپلاستیک نایلون
۱۴۴	.....	ویژگی‌های نایلون ۶۶
۱۴۴	.....	موارد استفاده نایلون
۱۴۴	.....	الیاف
۱۴۵	.....	اشکال نایلون
۱۴۵	.....	بسته‌بندی مواد غذایی
۱۴۵	.....	رشته‌های نایلونی
۱۴۶	.....	اشکال دیگر نایلون
۱۴۶	.....	پروپیل اکسترود
۱۴۶	.....	پوشش‌دهی پودری
۱۴۶	.....	رشته‌های نایلونی مورد استفاده در آلات موسیقی
۱۴۷	.....	دورالون
۱۴۷	.....	آب کافت و تخریب نایلون
۱۴۷	.....	منابع

## ۱۹. پلی‌یورتان (PU)

۱۴۹	.....	مقدمه
۱۵۰	.....	تاریخچه
۱۵۰	.....	شیمی پلی‌یورتان
۱۵۳	.....	مواد خام برای تهیه پلی‌یورتان
۱۵۳	.....	آیزوسیانات‌ها

۱۵۴	پلی‌آل‌ها	منابع
۱۵۶	توسعه دهنده‌های زنجیر و اتصال دهنده‌های عرضی	
۱۵۶	کاتالیزورها	
۱۵۷	سورفکتانت‌ها	
۱۵۷	تولید	
۱۵۸	ایمنی و سلامت	
۱۵۸	کاربردهای پلی‌یورتان‌ها	
۱۶۰	زیست تخریب‌پذیری پلی‌یورتان	
۱۶۰		

## ۲۰. پلی‌اکسی‌متیلن (POM)

۱۶۳	مقدمه	منابع
۱۶۳	تاریخچه	
۱۶۴	خواص POM	
۱۶۵	تولید POM	
۱۶۵	هموپلیمر POM	
۱۶۵	کوپلیمر POM	
۱۶۶	روش ساخت قطعات POM	
۱۶۷	ماشین کاری قطعات POM	
۱۶۷	اتصال قطعات پلی‌اکسی‌متیلن	
۱۶۷	موارد استفاده پلی‌اکسی‌متیلن	
۱۶۸	تخریب پلی‌اکسی‌متیلن	
۱۶۹		

## ۲۱. فهرست علائم و اختصارات

۱۷۱	A
۱۷۱	B
۱۷۱	C
۱۷۲	D
۱۷۲	E
۱۷۲	F
۱۷۲	H
۱۷۲	I
۱۷۲	L
۱۷۲	M

اگر انسان منتظر بماند تا کاری را چنان خوب انجام دهد که هیچکس از آن ایرادی نگیرد هیچوقت کاری انجام نخواهد داد.

سپاس پروردگار بی‌همتا را که فرصتی عطا نمود تا اینجانب با تالیف و گردآوری اطلاعاتی مفید و ضروری در زمینه پرکاربردترین پلیمرهای صنعتی، گامی کوچک برای توسعه و معرفی بیشتر علم پلیمر در ایران بردارم. با رشد فزاینده‌ی علم پلیمر در ایران و مصارف بی‌شمار این شاخه‌ی جذاب از شیمی کاربردی در صنایع مختلفی چون پتروشیمی، نفت، گاز، خودروسازی، صنایع رنگ و ...، گاهی با اطلاعاتی مفید درباره پلیمرهای صنعتی، نحوه ساخت و کاربرد آنها برای دانشجویان و علاقه‌مندان به پلیمر ضروری به نظر می‌رسد. هدف از تدوین کتاب حاضر، معرفی، روش ساخت و کاربردهای رایج از پلیمرهای صنعتی پرکاربرد مهم شامل: پلی اتیلن، پلی پروپیلن، پلی بوتادی‌ان، پلی استیرن، پلکاترول، اتیلن، پلی اتیلن گلیکول، پلی وینیل استات، پلی وینیل الکل، پلی وینیل کربید، پلی استایرن، استایرن، رزین استایرن-اکریلو نیتریل، اکریلو نیتریل-بوتادی‌ان-استایرن، استایرن، مالئیک انیدرید، پلی استر، پلی اتیلن ترفتالات، پلی متیل متاکریلات، پلی کربنات، نایلون، پلی یورتان و پلی اکسی متیلن است. با توجه به ضرورت آگاهی اطلاعاتی اجتهالی در مورد پلیمرهای صنعتی، مطالب کتاب حاضر می‌تواند برای علاقه‌مندان به اشتغال در صنایع وابسته به پلیمر مفید واقع گردد. از طرفی دیگر در نوشتن این کتاب سعی شده از گزاف‌گویی، آوردن مطالب غیرضروری و تفسیری خودداری شود تا خواننده اطلاعات ضروری و مفیدتری درباره پلیمرها فراگیرد. از آنجا که هیچ اثری بی‌نقص نیست، از تمام استادان و خوانندگان گرانقدر تقاضا دارم تا به کاستی‌های کتاب به دیده اغماض بنگرند و از نارسایی‌های آن با بزرگواری درگذرند و با پیشنهادهای ارزنده خود نگارنده را در رفع نقص‌های آن یاری دهند.

توفیق از اوست

دکتر احسان نظرزاده زارع

پاییز ۱۳۹۷