

خواص فیزیکی و مکانیکی

پوشش‌های پلیمری

نویسندگان:

دکتر مجتبی میرعابدینی

دکتر مسعود اسفنده

استادان پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران

سرشناسه:

میرعابدینی، مجتبی، ۱۳۴۵-

عنوان و نام پدیدآور: خواص فیزیکی و مکانیکی پوشش‌های پلیمری / نویسندگان مجتبی میرعابدینی، مسعود اسفنده.

مشخصات نشر:

تهران: پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، ۱۳۹۴

مشخصات ظاهری:

۴۴۸ ص.: مصور، جدول، نمودار.

شابک:

۲۳۰۰۰۰ ریال ۲-۵-۹۳۹۳۱-۶۰۰-۹۷۸

وضعیت فهرست‌نویسی: فیبا

یادداشت:

واژه‌نامه.

یادداشت:

کتابنامه: ص. ۴۰۹-۴۱۰.

موضوع:

پلیمرها -- کاربردهای صنعتی

موضوع:

پوشش‌کاری

موضوع:

پلیمرها -- خواص مکانیکی

موضوع:

پوشش‌های محافظ

موضوع:

پوشش پلاستیکی

شناسه افزوده:

اسفند، مسعود، ۱۳۴۴-

شناسه افزوده:

پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران

رده‌بندی کنگره:

۳۹۴، ۸۵ پ/ ۴۵۵ TA

رده‌بندی دیویی:

۶۰۰/۳۰

شماره کتابشناسی ملی: ۴۰۳۳۹

نام کتاب: خواص فیزیکی و مکانیکی پوشش‌های پلیمری

نویسندگان: دکتر مجتبی میرعابدینی و دکتر مسعود اسفنده

ویراستار: مهندس سلول فرهنگ‌زاده

ناشر: پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران

طراحی و صفحه‌آرایی: ایده‌پردازان و نشر

تاریخ انتشار: ۱۳۹۴

تیراژ: ۵۰۰ جلد

قطع: وزیری

قیمت: ۲۳۰۰۰۰ ریال

چاپ اول

ISBN: 978-600-93931-5-2

شابک: ۲-۵-۹۳۹۳۱-۶۰۰-۹۷۸

نشانی ناشر: پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، صندوق پستی ۱۱۲-۱۴۹۷۵

www.ippi.ac.ir info@ippi.ac.ir

صحت مطالب بر عهده نویسندگان است.

پیش گفتار مؤلفان

هنگامی که از خواص فیزیکی و مکانیکی پوشش‌های سطح صحبت می‌شود، منظور حداکثر تغییرات ابعادی است که پوشش می‌تواند تحمل کند، بدون آنکه تغییری در خواص آن ایجاد شود. محدوده تخریب مکانیکی پوشش‌ها بسیار گسترده است. به عنوان مثال، پوشش نهایی خودرو باید در برابر برخورد ذرات شن و ماسه و اجسام سخت، از مقاومت کافی برخوردار باشد. پوشش قوطی‌های نوشابه باید در برابر سایش با سایر قوطی‌ها به هنگام حمل و نقل مقاومت کافی داشته باشد. همچنین، پوشش فویل‌های نازک آلومینیومی باید از قابلیت انعطاف پذیری کافی برخوردار باشد. افزون بر موارد یاد شده، بسیاری از پوشش‌ها باید مقاومت کافی در برابر شرایط آب و هوایی و محیطی را نیز داشته باشند. چسبندگی مناسب پوشش به زیرلایه و عدم تغییر آن طی سرویس‌دهی و حفاظت در برابر خوردگی برای سطوح فلزی نیز از جمله ضروریاتی است که یک پوشش پلیمری باید داشته باشد.

مجموعه‌ای که پیش روی شماست، حاوی سه بخش عمده است. در بخش اول، مختصری در باره فرایندهای تشکیل فیلم در پوشش‌های پلیمری و دمای انتقال شیشه‌ای در پلیمرها و اثر این عوامل بر رفتار فیزیکی و مکانیکی فیلم‌های پوششی بحث شده است. برای رسیدن به خواص مورد انتظار، از مهم‌ترین ابزارهای در اختیار مهندس، انتخاب رنگ و پوشش، ارائه فرمول‌بندی مناسب و ایجاد تغییرات در نوع و مقدار مواد اولیه مصرفی، در تهیه پوشش است. بنابراین در درجه اول، یک نسخه‌نویس زبردست باید علم کافی نسبت به مواد اولیه و نقش هرکدام در ترکیب پوشش داشته باشد. شناخت کافی از نحوه تشکیل فیلم پوشش نیز برای درک صحیح رفتار فیزیکی و خواص مکانیکی پوشش ضروری است.

در بخش دوم تعاریف، واژه‌ها و آزمون‌های موجود برای بررسی رفتار فیزیکی و مکانیکی پوشش‌های پلیمری معرفی شده است. همچنین، آزمون‌هایی که در تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی وجود دارد، بحث شده است. آشنایی با روابط بین ترکیب پوشش و خواص مکانیکی فیلم پوشش می‌تواند نقش بسزایی در اصلاح و رسیدن به فرمول‌بندی مناسب داشته باشد. بسیاری از نسخه‌نویس‌های پوشش به عنوان یک شیمی‌دان رنگ‌ساز تربیت شده‌اند و تنها تعداد معدودی از آنها اطلاعات کافی در باره خواص مکانیکی دارند. واژه‌هایی مانند:

مدول اتلاف، مدول ذخیره، تانژانت اتلاف ممکن است، معانی اندکی برای یک شیمی‌دان داشته باشد. اما متخصصان لاستیک، پلاستیک و تا حدودی الیاف، سال‌هاست که از این تعاریف در ارتقا و بهبود خواص محصولات بهره جسته‌اند. در صنایع رنگ و پوشش، به علت فهم نادرست یا ناکافی از رفتار فیزیکی فیلم پوشش، از واژه‌های یاد شده کمتر استفاده شده است. برای نخستین بار در سال ۱۹۷۷، Hill مقاله مروری در باره تحلیل تنش به عنوان ابزاری مهم برای فهم بهتر خواص پوشش در زمان سرویس‌دهی منتشر کرد. حدود ۲۰ سال بعد، مقالات بیشتری در باره کاربرد تحلیل‌های فیزیکی در تعیین رفتار پوشش‌ها منتشر شد. با وجود این، هنوز هم تعداد مقالات منتشر شده در باره تحلیل رفتار فیزیکی و مکانیکی پوشش‌ها چندان زیاد نیست.

در بخش سوم نیز ساربان‌های فیزیکی و مکانیکی در پوشش‌های سطح بررسی شده است. با توجه به این که مانت - راس فیزیکی و مکانیکی پوشش‌های سطح مطلبی نسبتاً جدید است، بنابراین هرگونه راهنمایی و معرفی مطالب تازه در این باره مفید و موجب امتنان خواهد بود.

همچنین از کلیه همکاران در پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، برای ایجاد محیطی صمیمی و دوستانه تشکر می‌شود، بی‌شک بدون همکاری و همیاری آنها امکان تألیف این کتاب فراهم نمی‌شد.

از آنجا که تهیه هر متن علمی-فنی مبری از لغزش و خطا نیست، امید است خوانندگان گرامی در صورت مشاهده اشتباهات تایپی و ادبی احتمالی، با داشتن هر گونه نقطه نظر و پیشنهادی برای بهبود و ارتقای محتوای کتاب، بر اینجانبان منت گذاشته، موارد را با تالین ۴۸۶۶۲۴۰۱ یا نشانی پست‌های الکترونیکی sm.mirabedini@ippi.ac.ir و m.esfandeh@ippi.ac.ir متذکر شوند تا در چاپ مجدد کتاب، اصلاحات لازم و پیشنهادهای ارزنده آنها لحاظ شود.

مجتبی میرعابدینی و مسعود اسفنده

تهران، پاییز ۱۳۹۴

فهرست

پیش گفتار مؤلفان..... ج

فصل اول - پوشش های پلیمری و فرایندهای تشکیل فیلم آنها..... ۱

۱-۱ مقدمه..... ۳

۲-۱ تعریف و اهداف استفاده از پوشش ها..... ۳

۳-۱ فرایندهای تشکیل فیلم پوشش های پلیمری پس از اجرا..... ۵

۱-۳-۱ تغییرات گرانروی پس از اجرای پوشش..... ۹

۲-۳-۱ فرایندهای تشکیل فیلم در انواع پوشش های پلیمری..... ۱۳

۱-۲-۳-۱ پلیمرهای گرانش..... ۱۴

۲-۲-۳-۱ لاتکس های پلیمری..... ۱۶

۳-۲-۳-۱ سامانه های پخت شونده..... ۱۸

۴-۲-۳-۱ سامانه های خشک شونده..... ۱۹

۱-۴-۲-۳-۱ سامانه های فعال در اتمسفر..... ۲۰

۲-۴-۲-۳-۱ سامانه های پخت شونده با رطوبت..... ۲۰

۴-۱ سازوکار تشکیل فیلم در پوشش های سطح..... ۲۳

۱-۴-۱ تشکیل فیلم از پیوندهای گرمانرم..... ۲۳

۲-۴-۱ تشکیل فیلم از محلول رزین های گرماسخت..... ۲۷

۳-۴-۱ تشکیل فیلم با به هم پیوستگی ذرات پلیمری..... ۳۱

۱-۳-۴-۱ تبخیر آب و حلال های محلول در آب از سطح..... ۳۱

۲-۳-۴-۱ تغییر شکل ذرات میسل، پاره شدن آنها و تشکیل فیلم ضعیف پلیمری..... ۳۱

۳-۳-۴-۱ به هم پیوستگی ذرات لاتکس..... ۳۲

۴-۳-۴-۱ حداقل دمای تشکیل فیلم (MFFT)..... ۳۳

۵-۳-۴-۱ سازوکار تشکیل فیلم پوشش های پودری..... ۳۵

۴۰	۵-۱ خلاصه
۴۱	۶-۱ مراجع
۴۵	فصل دوم - دمای انتقال شیشه‌ای پلیمر
۴۷	۱-۲ مقدمه
۴۸	۲-۲ شکل‌شناسی
۵۲	۳-۲ انتقال فاز
۵۲	۱-۱-۲ انتقالات فاز درجه اول
۵۳	۲-۳-۲ انتقال‌های فاز درجه دوم
۵۳	۴-۲ دمای انتقال شیشه‌ای
۵۵	۱-۴-۲ تغییرات فیزیکی ساختار ترکیب در دمای T_g
۵۵	۲-۴-۲ نظریه‌های T_g
۵۶	۱-۲-۴-۲ نظریه سینتیکی: حرکت مولکول‌ها
۵۷	۲-۲-۴-۲ نظریه حجم آزاد: حجم آزاد موجود در ماده
۵۸	۳-۲-۴-۲ نظریه ترمودینامیکی
۵۸	۳-۴-۲ حرکت مولکول‌های پلیمر
۶۰	۴-۴-۲ عوامل موثر بر مقدار T_g
۶۰	۱-۴-۴-۲ حرکت و انعطاف‌پذیری پیکره پلیمر
۶۱	۲-۴-۴-۲ اثر جرم مولکولی
۶۳	۳-۴-۴-۲ اثر زنجیرهای جانبی
۶۷	۴-۴-۴-۲ اثر شبکه‌ای شدن پلیمر بر T_g
۶۸	۵-۴-۴-۲ تقارن
۶۹	۶-۴-۴-۲ اثر گروه‌های انتهایی زنجیر
۶۹	۷-۴-۴-۲ عامل فشار

۶۹	۸-۴-۴-۲ تبلور
۷۰	۹-۴-۴-۲ اثر آمیخته سازی
۷۰	۵-۴-۵-۲ دمای انتقال شیشه ای مخلوط پلیمرها
۷۳	۵-۲ T_g و فرایندهای تشکیل فیلم
۷۳	۱-۵-۲ اثر T_g بر فرایند تشکیل فیلم در دمای محیط
۷۵	۲-۵-۲ اثر T_g بر فرایند تشکیل فیلم پوشش های پخت شونده در دمای زیاد
۷۵	۲-۵-۲ اثر T_g بر فرایند تشکیل فیلم پوشش های کوره ای
۷۶	۲-۵-۲ اثر T_g بر واکنش های پخت پوشش های پودری
۷۶	۲-۵-۲ اثر T_g بر پایداری پودرهای پوششی
۷۷	۲-۵-۲-۲-۱ در گرا روی مذاب
۷۹	۲-۵-۳ اثر T_g بر تشکیل سیم از رات لانتکس
۸۲	۶-۲ روش های اندازه گیری T_g
۸۴	۷-۲ خلاصه
۸۵	۸-۲ مراجع

فصل سوم - روش های ارزیابی مقدار پخت پوشش و تعیین مشخصه های فیزیکی و

شیمیایی آن

۸۷	۱-۳ مقدمه
۸۹	۱-۳ روش های تجزیه گرمایی
۹۱	۱-۳-۱ تجزیه گرمایی تفاضلی (DTA)
۹۲	۱-۳-۲ گرماسنجی پویشی تفاضلی (DSC)
۹۵	۱-۳-۳ تجزیه گرماوزن سنجی (TGA)
۱۰۵	۲-۳ تجزیه مکانیکی دینامیکی (DMA)
۱۱۴	۳-۳ سایر روش ها

- ۱۱۶..... ۱-۳-۳ تجزیه دی‌الکتریک (DEA)
- ۱۱۶..... ۲-۳-۳ کنترل و پایش دما
- ۱۱۷..... ۳-۳-۳ طیف‌سنجی زیرقرمز تبدیل فوری به بی‌درنگ (RT-FTIR)
- ۱۲۱..... ۴-۳ مراجع
- ۱۲۵..... فصل چهارم - آزمون‌های تعیین خواص فیزیکی مکانیکی
- ۱۲۷..... ۱-۴ مقدمه
- ۱۲۸..... ۲-۴ مشخصات نمونه آزمون برای انجام آزمون‌های تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی
- ۱۳۱..... ۳-۴ آزمون‌های تعیین خواص مکانیکی - دینامیکی
- ۱۳۲..... ۱-۳-۴ معرفی سولفیدهای آزمون تنش - کرنش
- ۱۳۳..... ۱-۱-۳-۴ تنش
- ۱۳۵..... ۲-۱-۳-۴ استحکام
- ۱۳۶..... ۳-۱-۳-۴ کرنش
- ۱۳۷..... ۲-۳-۴ آزمون تنش - کرنش
- ۱۴۰..... ۱-۲-۳-۴ روابط تنش-کرنش (پیش از نقطه شکست)
- ۱۴۴..... ۲-۲-۳-۴ نتایج آزمون تنش-کرنش برای پلیمرهای مختلف
- ۱۴۷..... ۳-۲-۳-۴ حالت‌های مختلف شکست در آزمون تنش - کرنش
- ۱۴۸..... ۳-۳-۴ خزش
- ۱۵۲..... ۴-۳-۴ جامدات گرانروکشسان
- ۱۵۶..... ۵-۳-۴ رفتار سیالات مختلف در اثر اعمال تنش برشی
- ۱۵۶..... ۱-۵-۳-۴ سیالات نیوتنی
- ۱۵۸..... ۲-۵-۳-۴ سیالات غیرنیوتنی
- ۱۵۸..... ۱-۲-۵-۳-۴ مستقل از زمان
- ۱۵۹..... ۲-۲-۵-۳-۴ وابسته به زمان

۱۶۰	۴-۳-۶ جامدات کشسان
۱۶۴	۴-۳-۷ نرم کننده ها و اثر آنها بر خواص گرانبه کشسان پوشش ها
۱۶۵	۴-۳-۸ رفتار فیلم پوشش در آزمون تنش-کرنش
۱۶۷	۴-۳-۹ آزمون استهلاک
۱۶۹	۴-۳-۱۰ آزمون مکانیکی - دینامیکی DMA
۱۷۷	۴-۳-۱۰-۱ تجزیه و کاربرد نمودارهای DMA
۱۸۰	۴-۳-۲ تعیین چگالی پیوندهای عرضی (XLD)
۱۸۵	۴-۴ مراجع
۱۸۹	فصل پنجم - خواص شکل پذیری و انعطاف پذیری و چقرمگی پوشش های پلیمری
۱۹۱	۵-۱ مقدمه
۱۹۱	۵-۲ خواص شکل پذیری و انعطاف پذیری پوشش های پلیمری
۱۹۲	۵-۲-۱ خواص پایه اثرگذار بر سروسس پوشش های پلیمری
۱۹۴	۵-۲-۲ عوامل موثر بر خواص انعطاف پذیری و چقرمگی پوشش های پلیمری
۱۹۴	۵-۲-۲-۱ رطوبت
۱۹۴	۵-۲-۲-۲ دما
۱۹۵	۵-۲-۲-۳ سرعت کرنش
۱۹۷	۵-۳ دمای انتقال تردی - شکل پذیری
۲۰۰	۵-۴ بررسی انعطاف پذیری پوشش های پلیمری
۲۰۱	۵-۵ تعیین خواص شکل پذیری و انعطاف پذیری پوشش ها با بررسی رفتار
۲۰۸	۵-۵-۱ چگال شدن
۲۱۱	۵-۵-۲ اثر رنگ دانه بر خواص مکانیکی پوشش
۲۱۴	۵-۶ آزمون های تعیین انعطاف پذیری پوشش های پلیمری
۲۱۴	۵-۶-۱ خمش

خواص فیزیکی و مکانیکی پوشش‌های پلیمری

۲۱۵	 ۱-۱-۶-۵ آزمون خمش استوانه‌ای
۲۱۵	 ۲-۱-۶-۵ آزمون خمش مخروطی
۲۱۷	 ۳-۱-۵-۵ تبدیل نتایج آزمون خمش به درصد ازدیاد طول
۲۱۸	 ۲-۶-۵ آزمون خمش T
۲۱۹	 ۳-۶-۵ چقرمگی
۲۲۰	 ۴-۶-۵ مقاومت در برابر ضربه
۲۲۳	 ۵-۶-۵ آزمون جامی شدن
۲۲۵	 ۶-۶-۵ آزمون مقاومت در برابر ترک سرد
۲۲۵	 ۷-۶-۵ آثار رشد و هوازدگی
۲۲۶	 ۷-۵ مراجع

فصل ششم - خواص مکانیکی پوشش‌های پلیمری: سختی، سایش، خراش و لغزش

۲۳۱	 ۱-۶ مقدمه
۲۳۲	 ۲-۶ سختی
۲۳۲	 ۱-۲-۶ روش‌های ارزیابی سختی
۲۳۵	 ۱-۱-۲-۶ تعیین سختی به روش نفوذ ایستا
۲۳۶	 ۱-۱-۱-۲-۶ سختی سنجی بر اساس دندان‌گذار Rockwell
۲۴۱	 ۲-۱-۱-۲-۶ سختی سنجی Shore
۲۴۲	 ۳-۱-۱-۲-۶ نفوذ ساچمه
۲۴۳	 ۴-۱-۱-۲-۶ سختی سنجی Rockwell
۲۴۵	 ۵-۱-۱-۲-۶ سختی سنجی Barcol
۲۴۵	 ۶-۱-۱-۲-۶ سختی سنجی Vickers
۲۴۷	 ۷-۱-۱-۲-۶ سختی سنجی Brinell
۲۴۸	 ۲-۱-۲-۶ سختی سنجی مدادی

۲۴۹	 ۳-۱-۲-۶ سختی سنجی آونگی (میراشونده)
۲۵۳	 ۴-۱-۲-۶ ریزسختی سنجی
۲۵۴	 ۵-۱-۲-۶ سختی سنجی موس
۲۵۵	 ۲-۲-۶ سختی سنجی و رابطه آن با آزمون DMA
۲۵۶	 ۳-۶ مقاومت در برابر سایش و خراش
۲۵۶	 ۱-۳-۶ مقاومت در برابر سایش
۲۵۷	 ۳-۶-۱ عوامل موثر بر بروز سایش در پوشش ها
۲۶۲	 ۳-۶-۲ روش های اندازه گیری سایش
۲۶۲	 ۳-۶-۱-۱ آزمون سقوط ذرات ساینده
۲۶۴	 ۳-۶-۱-۲ آزمون سایش با استفاده از ریگ و شن
۲۶۵	 ۳-۶-۱-۳ آزمون تعیین کاشی براقیت
۲۶۵	 ۳-۶-۱-۴ آزمون تعیین مقاومت سایش Taber
۲۶۶	 ۲-۳-۶ مقاومت در برابر خراش
۲۶۹	 ۳-۶-۱ رفتارهای پوشش های پلیمری در برابر پدیده خراش
۲۷۰	 ۳-۶-۲ آزمون های تعیین مقاومت در برابر خراش
۲۷۰	 ۳-۶-۲-۱ آزمونگر میله متوازن
۲۷۲	 ۳-۶-۲-۲ خراش سنج فنی
۲۷۳	 ۳-۶-۲-۳ برخورد مواد ساینده
۲۷۴	 ۳-۶-۲-۴ استفاده از دستگاه Taber
۲۷۵	 ۳-۶-۲-۵ آزمون سکه
۲۷۵	 ۳-۶-۲-۶ آزمون ناخن دست
۲۷۵	 ۳-۶-۳ نشانه گذاری فلز
۲۷۶	 ۴-۶ مقاومت در برابر لغزش
۲۷۷	 ۴-۶-۱ ضریب اصطکاک ایستا

- ۶-۴-۲ ضریب اصطکاک دینامیکی ۲۷۹
- ۶-۴-۳ تعیین ضریب اصطکاک ۲۷۹
- ۶-۴-۴ مقاومت در برابر سُر خوردگی ۲۸۰
- ۶-۵ مراجع ۲۸۲
- فصل هفتم - پدیده تنش در پوشش‌های پلیمری ۲۸۵
- ۷-۱ مقدمه ۲۸۷
- ۷-۲ پدیده تنش در پوشش‌های پلیمری ۲۸۸
- ۷-۳ عوامل ایجاد تنش در پوشش‌های پلیمری ۲۹۵
- ۷-۳-۱ ایجاد تنش در هنگام تشکیل فیلم ۲۹۶
- ۷-۳-۱-۱ تشکیل فیلم از سامانه‌های گرمانرم حلالی ۲۹۹
- ۷-۳-۱-۲ توسعه تنش در پوشش‌های پخت‌شونده ۳۰۲
- ۷-۳-۲ توسعه تنش بر اثر تغییرات دما ۳۰۷
- ۷-۳-۳ تعیین T_g با استفاده از تغییرات تنش گرمایی ۳۰۸
- ۷-۳-۳-۲ نظریه مولکولی کشسانی لاسنتی و چگال پیوندهای عرضی ۳۰۹
- ۷-۳-۳-۳ توسعه تنش گرمایی در پوشش‌های پور ۳۱۰
- ۷-۳-۳-۴ ایجاد تنش در اثر تغییرات رطوبت نسبی (RH) ۳۱۲
- ۷-۴ برهم‌کنش تنش‌های مختلف با یکدیگر ۳۱۳
- ۷-۵ روش‌های اندازه‌گیری تنش ۳۱۶
- ۷-۵-۱ اندازه‌گیری تنش در سامانه‌های تک‌لایه ۳۱۷
- ۷-۵-۲ سامانه‌های چندلایه ۳۲۳
- ۷-۶ اثر ترکیبات و اجزای پوشش بر توسعه تنش ۳۲۵
- ۷-۶-۱ اثر رنگ‌دانه بر توسعه تنش ۳۲۵
- ۷-۶-۱-۱ تعیین CPVC با بررسی تغییرات تنش ۳۲۸

۳۳۱	۲-۶-۷ نقش پیونده در توسعه تنش داخلی
۳۳۳	۳-۶-۷ اثر حلال بر توسعه تنش
۳۳۷	۴-۶-۷ اثر مواد افزودنی بر توسعه تنش
۳۳۸	۵-۶-۷ اثر زیرآیند بر توسعه تنش
۳۳۸	۷-۷ چسبندگی، اتصال و تنش
۳۴۳	۸-۷ شرایط محیطی (هوازگی) و توسعه تنش
۳۴۹	۹-۷ تنش و خوردگی
۳۵۱	۱۰-۷ نتیجه گیری
۳۵۲	۱۱-۷ مراجع
۳۵۵	فصل هشتم - چسبندگی
۳۵۷	۱-۸ مقدمه
۳۵۷	۲-۸ پدیده چسبندگی
۳۵۸	۳-۸ تعریف چسبندگی
۳۶۱	۴-۸ چسبندگی پایه
۳۶۱	۱-۴-۸ کار چسبندگی
۳۶۲	۲-۴-۸ نظریه شکست
۳۶۳	۵-۸ نظریه های موجود در توصیف پدیده چسبندگی
۳۶۳	۱-۵-۸ نظریه لایه مرزی ضعیف (WBL)
۳۶۴	۲-۵-۸ نظریه تماس- ترشدن
۳۶۷	۳-۵-۸ نظریه جذب
۳۶۹	۴-۵-۸ نظریه نفوذ
۳۷۰	۵-۵-۸ چسبندگی شیمیایی
۳۷۲	۶-۵-۸ چسبندگی مکانیکی

۳۷۳	۷-۵-۸ چسبندگی الکتروستاتیکی
۳۷۴	۸-۵-۸ تلفیق نظریه‌های چسبندگی با یکدیگر
۳۷۵	۶-۸ اثر زیرآیند بر استحکام چسبندگی
۳۷۸	۷-۸ اندازه‌گیری استحکام چسبندگی
۳۷۹	۱-۷-۸ تعیین استحکام چسبندگی به روش برش متقاطع
۳۷۹	۱-۱-۷-۸ روش A
۳۸۰	۲-۱-۷-۸ روش B برش متقاطع
۳۸۲	۱-۷-۸ تعیین استحکام چسبندگی به روش جدایش کششی
۳۸۴	۳-۷-۸ تعیین استحکام چسبندگی روی زیرآیند پلاستیکی به روش پوست‌کندن
۳۸۵	۴-۷-۸ آزمون کشش مسقیم
۳۸۹	۵-۷-۸ آزمون خراش
۳۹۰	۶-۷-۸ آزمون Chisel
۳۹۱	۷-۷-۸ آزمون خمش
۳۹۲	۸-۷-۸ آزمون گرمادهی - سرد کردن ناگهانی
۳۹۲	۹-۷-۸ آزمون صیقل‌کاری
۳۹۳	۸-۸ مراجع
۳۹۵	واژه‌نامه
۳۹۷	واژه‌نامه انگلیسی به فارسی
۴۱۳	واژه‌نامه فارسی به انگلیسی