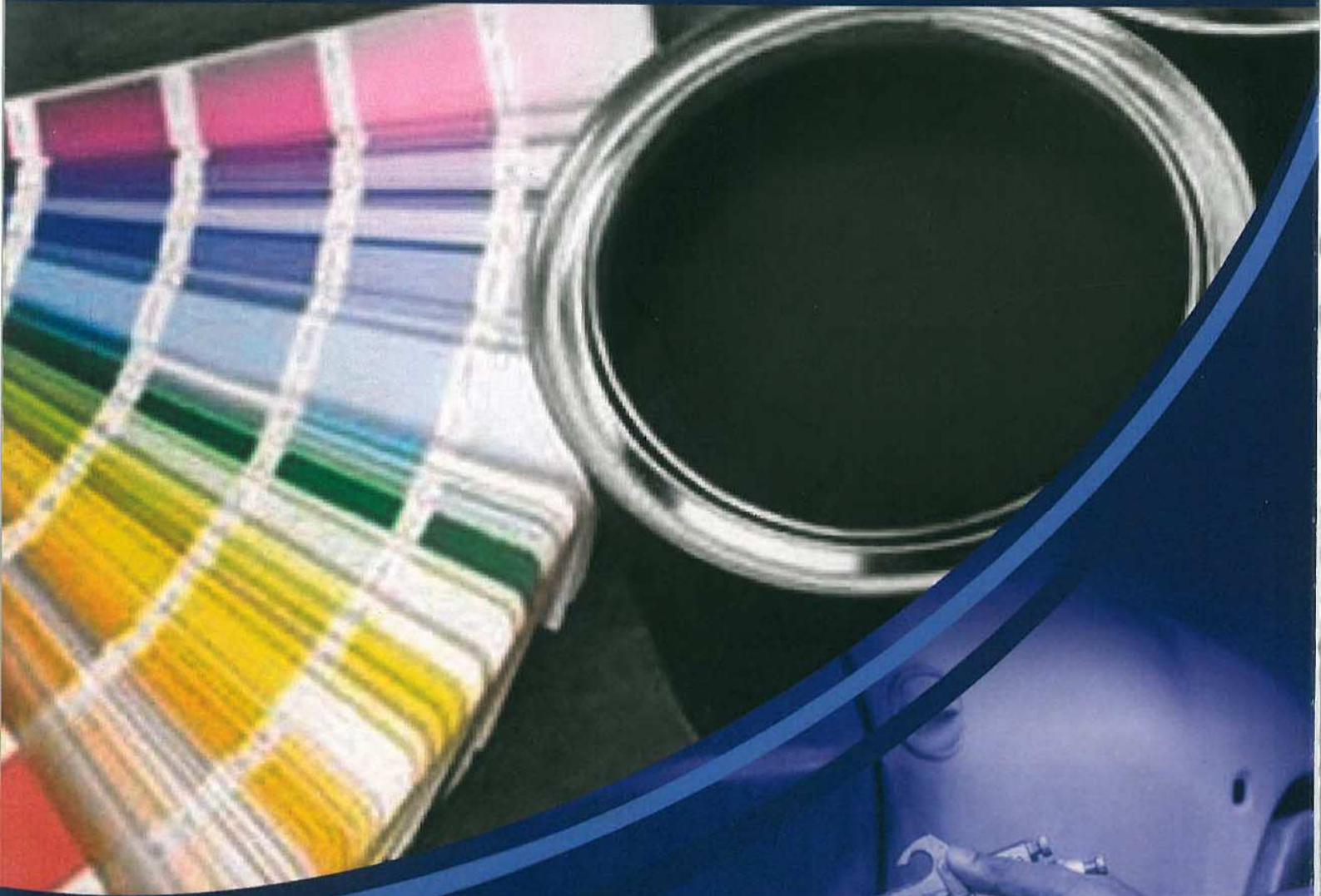




واحد صنعتی امیر کبیر

مقدمہ کی برپوشش های

پلے پورٹانے وٹانے کامیوزیت های پلے پورٹانے



تالیف:

دکتر مجید عبدوس

(استاد دانشگاه صنعتی امیرکبیر)

محمد محمدی اصلزاده

(دانشجوی دکتری شیمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر)

مقدمه‌ای بر پوشش‌های پلی‌یورتانی

و نانوکامپوزیت‌های پلی‌یورتانی

تألیف:

دکتر مجید عبدوس

(استاد دانشگاه صنعتی امیرکبیر)

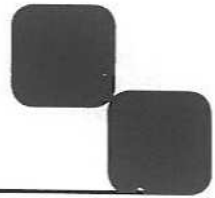
محمد محمدی اصل‌زاده

(دانشجوی دکتری شیمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر)



انتشارات جهاد دانشگاهی

واحد صنعتی امیرکبیر



اُطْلُبُوا الْعِلْمَ مِنَ الْمَهْدِ إِلَى اللَّحْدِ

توانمندسازی پایه‌های علمی دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی کشور از وظایف اصلی سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان نظام مقدس جمهوری اسلامی ایران می‌باشد. این مهم، ضمن افزایش اقتدار علمی کشور در عرصه‌های بین‌المللی؛ زمینه‌ساز استقلال اقتصادی با محوریت یافته‌های فن‌آورانه و دانش‌بنیان می‌گردد که خود از ارکان اصلی توسعه پایدار به‌شمار می‌آید. همچنین واضح است که در کنار دو عنصر تعهد و تخصص، دسترسی به اطلاعات روز علمی و تکنولوژی‌های مدرن؛ نیاز اولیه برای توانمندسازی پایه‌های علمی به‌شمار می‌رود.

بر این اساس جهادگران جهاد دانشگاهی امیرکبیر با مدیریت جهادی خود علاوه بر فعالیت‌های فرهنگی، پژوهش‌های فن‌آورانه و نیز آموزش‌های تخصصی فن‌آور و اشتغال‌محور، با چاپ کتب و مجلات علمی متخصصان و دانشگاهیان فرهیخته کشور و همچنین ترجمه آثار فاخر و به‌روز دنیا توسط «انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر «پلی‌تکنیک تهران»» که یکی از معتبرترین انتشارات دانشگاهی در حوزه علوم پایه و مهندسی می‌باشد؛ به وظیفه انقلابی و اعتقادی خویش جامه عمل پوشانده و امیدوار است بتواند نیازهای علمی پژوهشگران، دانشجویان و پویندگان راه علم را در تحقق آرمان‌های اصیل انقلاب فراهم سازد.

این کتاب به روح پرفتوح معمار کبیر انقلاب، شهدا و ایثارگران هشت سال دفاع مقدس به‌ویژه شهدای گرانقدر جهاد دانشگاهی و دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تقدیم می‌گردد. امید است دانشگاهیان و فعالین عرصه‌های علم و فناوری کشور، پویانده راه این شهیدان والا مقام همچون شهدای جهاد علمی، در محیط مقدس و انسان ساز دانشگاه باشند.

از همه عزیزان محقق و دانش‌پژوه تقاضا می‌شود این انتشارات را از نظرات تخصصی و پیشنهادات راهگشای خود در جهت ارتقاء سطح علمی کتب منتشره و همچنین گسترش زمینه‌های علمی آن‌ها، بهره‌مند سازند.

«هماره در پرتو الطاف الهی پیروز و سربلند باشید»

انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر

پیشگفتار مولف.....	۱۳
۱-۱- مقدمه.....	۱۵
فصل ۱: اجزاء رنگ	۱۵
۱-۲- رنگپایه.....	۱۶
۱-۳- رنگدانه‌ها.....	۱۶
۱-۴- حلال‌ها.....	۱۸
۱-۵- افزودنی‌ها.....	۲۰
۱-۶- پرکننده‌ها.....	۲۲
مراجع.....	۲۴
۱-۲- رنگ‌های پایه حلالی.....	۲۵
۱-۱-۲- اطلاعات عمومی.....	۲۵
فصل ۲: سیستم‌های رنگ	۲۵
۲-۱-۲- خواص و مواد اولیه.....	۲۷
۲-۱-۳- تکنولوژی اعمال و محافظت از محیط زیست.....	۲۹
۲-۲- رنگ‌های عاری از حلال و رنگ‌های با درصد جامد بالا.....	۳۰
۲-۲-۱- اصول.....	۳۰
۲-۲-۲- تولید و کاربرد.....	۳۲
۲-۲-۳- محصولات تجاری.....	۳۴
۲-۳- رنگ‌های پایه آبی.....	۳۴
۲-۳-۱- خواص.....	۳۵
۲-۳-۲- رنگپایه‌های محلول در آب.....	۳۶

- ۳۸-۳-۳-۲- پلیمرهای پراکنشی (پلیمرهای امولسیون) ۳۸
- ۳۸-۴-۳-۲- سیستم‌های هیبریدی ۳۸
- ۳۹-۵-۳-۲- رنگپایه‌های امولسیونی داخلی و بیرونی ۳۹
- ۳۹-۶-۳-۲- تولید و کاربرد ۳۹
- ۴۰-۷-۳-۲- کاربرد و جنبه‌های زیست محیطی ۴۰
- ۴۱-۴-۲- پوشش‌های پودری ۴۱
- ۴۱-۱-۴-۲- مقدمه و اهمیت اقتصادی ۴۱
- ۴۲-۲-۴-۲- رنگپایه‌ها ۴۲
- ۴۷-۵-۲- رنگ‌های پراکنشی پایه آبی (رنگ‌های امولسیونی) [۵۲، ۵۳] ۴۷
- ۴۸-۱-۵-۲- پلیمرها ۴۸
- ۴۹-۲-۵-۲- رنگدانه‌ها ۴۹
- ۵۰-۳-۵-۲- رنگدانه یار ۵۰
- ۵۰-۴-۵-۲- کمکی‌ها ۵۰
- ۵۱-۵-۵-۲- غلیظ کننده ۵۱
- ۵۱-۶-۵-۲- مواد کمکی تشکیل دهنده فیلم ۵۱
- ۵۲-۷-۵-۲- محصولات ۵۲
- ۵۲-۸-۵-۲- خواص ۵۲
- ۵۲-۹-۵-۲- کاربردها ۵۲
- ۵۳-۶-۲- انواع رنگ‌های امولسیونی ۵۳
- ۵۳-۱-۶-۲- لاک امولسیونی ۵۳
- ۵۳-۲-۶-۲- رنگ‌های مورد استفاده در بیرون ۵۳
- ۵۳-۳-۶-۲- رنگ‌های مورد استفاده در داخل ۵۳
- ۵۳-۴-۶-۲- ته رنگ‌ها ۵۳
- ۵۴-۵-۶-۲- رنگ‌های پراکنشی غیر آبی ۵۴
- ۶۰-۷-۲- سیستم‌های قابل پخت با تابش ۶۰
- ۶۰-۱-۷-۲- مقدمه ۶۰
- ۶۰-۲-۷-۲- سیستم‌های رزین ۶۰
- ۶۲-۳-۷-۲- پیش پلیمرها ۶۲

۶۲	..... مونومرها ۴-۷-۲
۶۳	..... آغازگرهای نوری ۵-۷-۲
۶۳	..... مزیت‌ها ۶-۷-۲
۶۳	..... معایب ۷-۷-۲
۶۴	..... تجهیزات ۸-۷-۲
۶۴	..... حوزه‌های کاربرد ۴-۷-۳
۶۵	..... کاربردها ۹-۷-۲
۶۶	..... ۸-۲- رنگ‌های ته نشینی الکتریکی
۶۶	..... ۱-۸-۲- خواص
۶۷	..... ۲-۸-۲- رنگپایه‌ها
۶۸	..... ۳-۸-۲- حفاظت زیست محیطی
۶۹	..... ۴-۸-۲- کاربرد
۷۰	..... مراجع
۷۵	..... ۱-۳- تاریخچه
۷۵	..... فصل ۳: مقدمه‌ای بر پلی‌یورتان
۷۶	..... ۲-۳- مقدمه
۷۷	..... ۳-۳- واکنش‌های ایزوسیانات
۷۹	..... ۴-۳- ایزوسیانات‌ها
۸۰	..... ۵-۳- دی‌ال‌ها و پلی‌ال‌ها
۸۱	..... ۶-۳- کاتالیست‌ها
۸۲	..... ۷-۳- منابع تهیه پلی‌یورتان
۸۲	..... ۸-۳- مکانیسم و سنتیک سیستم‌های یورتانی
۸۳	..... ۱-۸-۳- مکانیسم واکنش در غیاب کاتالیزور
۸۴	..... ۲-۸-۳- نقش کاتالیزورها در مکانیسم و سنتیک تشکیل پلی‌یورتان‌ها
۸۴	..... ۹-۳- بازهای لويس به عنوان کاتالیزور
۸۵	..... ۱۰-۳- نقش اسیدهای لويس به عنوان کاتالیزور
۸۷	..... ۱۱-۳۰- روش‌های تهیه پلی‌یورتان‌ها

- ۱۱-۳-۱- روش یک مرحله‌ای ۸۷
- ۱۱-۳-۲- روش پیش پلیمری ۸۷
- ۱۱-۳-۳- روش نیمه پیش پلیمری ۸۸
- ۱۲-۳- تاثیر پیوند هیدروژنی در خواص ماکروسکپی ۸۸
- ۱۲-۳-۱- تاثیر زنجیر افزایشنده در خواص و مورفولوژی پلی‌یورتان ۸۸
- ۱۳-۳- پایداری حرارتی و دیرسوز کردن پلی‌یورتان ۸۹
- ۱۴-۳- تجزیه حرارتی پلی‌یورتان‌ها ۹۰
- ۱۵-۳- پارامترهای موثر بر پایداری پلی‌یورتان ۹۰
- ۱۵-۳-۱- ساختار سگمنت سخت ۹۱
- ۱۵-۳-۲- سگمنت‌های نرم و وزن مولکولی ۹۲
- ۱۵-۳-۳- ساختار زنجیر افزایشنده ۹۲
- ۱۵-۳-۴- تاثیر نسبت NCO:OH ۹۳
- ۱۵-۳-۵- تاثیر کاتالیست‌ها ۹۳
- ۱۵-۳-۶- تاثیر غلظت کراس‌لینک ۹۴
- ۱۶-۳- روش‌های بهبود پایداری حرارتی ۹۵
- ۱۶-۳-۱- پلی‌یورتان- ایزوسیاناتوریت ۹۶
- ۱۶-۳-۲- پلی‌یورتان - اکسازولیدین ۹۶
- ۱۶-۳-۳- پلی‌یورتان - ایمید ۹۷
- ۱۷-۳- نانوتکنولوژی ۹۸
- ۱۸-۳- پراکنش ذرات رس در ماتریس پلی‌یورتان به صورت ورقه ورقه‌ای ۱۰۰
- مراجع ۱۰۲
- ۱-۴- مقدمه ۱۰۵
- فصل ۴: مقدمه و مروری بر منابع پوشش‌های پلی‌یورتانی و یوریایی ۱۰۵
- ۲-۴- انواع مکانیسم‌های پخت پوشش‌ها ۱۰۶
- ۳-۴- روغن‌های پلیمریزه شونده یا اکسید شونده در حضور هوا ۱۰۷
- ۴-۴- پوشش‌های بر پایه تبخیر حلال و یا آب ۱۰۷
- ۵-۴- واکنش‌های شیمیایی ۱۰۹

- ۱۱۰ ۴-۶- خواص انواع مختلف پوشش‌ها
- ۱۱۰ ۴-۷- آلکیدها و دیگر پوشش‌های روغنی
- ۱۱۱ ۴-۸- پوشش‌های امولسیونی (لاتکس)
- ۱۱۲ ۴-۹- لاک‌ها
- ۱۱۳ ۴-۱۰- پوشش‌های اپوکسی
- ۱۱۴ ۴-۱۱- پوشش‌های اپوکسی قطران زغال سنگ
- ۱۱۵ ۴-۱۲- پوشش‌های پلی‌یورتانی
- ۱۱۶ ۴-۱۳- پوشش‌های پلی‌استری
- ۱۱۶ ۴-۱۴- پوشش‌های معدنی روی
- ۱۱۷ ۴-۱۵- پوشش‌های آلی غنی از روی
- ۱۱۸ ۴-۱۶- سازگاری پوشش‌ها
- ۱۱۸ ۴-۱۷- پلی‌یورتان ۱۰۰ درصد جامد و کاربرد آن به عنوان پوشش محافظ خطوط لوله ..
- ۱۱۹ ۴-۱۸- خواص پوشش‌های پلی‌یورتانی
- ۱۲۱ ۴-۱۹- اصلاح‌کننده‌های چسبندگی
- ۱۲۲ ۴-۲۰- انواع افزودنی مورد استفاده در پوشش پلی‌یورتان
- ۱۲۲ ۴-۲۱- کاربرد پلی‌یورتان در صنعت پوشش
- ۱۲۳ ۴-۲۲- پلی‌یوریا، راهبر انقلابی عظیم در فن آوری پوشش
- ۱۲۴ ۴-۲۳- خواص کلی در پلی‌یوریاي خالص به شرح زیر است:
- ۱۲۴ ۴-۲۴- خواص و مزایای پلی‌یوریا
- ۱۲۵ ۴-۲۵- عدم حساسیت نسبت به رطوبت
- ۱۲۵ ۴-۲۶- چسبندگی عالی
- ۱۲۶ ۴-۲۷- درصد مواد فرار در حد صفر
- ۱۲۶ ۴-۲۸- مقاومت سایشی بالا
- ۱۲۷ ۴-۲۹- حفاظت محیطی
- ۱۲۸ ۴-۳۰- کاربردهای پلی‌یوریا
- ۱۲۸ ۴-۳۱- نتیجه‌گیری
- ۱۲۸ ۴-۳۲- طبقه‌بندی پوشش‌های پلی‌یورتانی

- ۱۲۹ ۳۳-۴ طبقه‌بندی پوشش‌های پلی‌یورتانی بر اساس ASTM
- ۱۲۹ ۳۴-۴ انواع پوشش‌های پلی‌یورتانی
- ۱۲۹ ۳۵-۴ پوشش‌های پلی‌یورتانی گرما نرم
- ۱۳۱ ۳۶-۴ پوشش‌های پلی‌یورتانی گرما سخت
- ۱۳۲ ۳۷-۴ پوشش‌های با درصد جامد بالا
- ۱۳۴ ۳۸-۴ شبکه‌ای کردن با استفاده از گروه‌های استواستات
- ۱۳۴ ۳۹-۴ پلی‌یورتان‌های رطوبت پخت
- ۱۳۵ ۴۰-۴ پوشش‌های پلی‌یورا
- ۱۳۷ ۴۱-۴ پوشش‌های قابل پخت با اشعه ماوراء بنفش
- ۱۳۸ ۴۲-۴ پوشش‌های بر پایه آب
- ۱۳۹ ۴۳-۴ پلی‌یورتان‌های کاتیونی
- ۱۴۰ ۴۴-۴ پلی‌یورتان‌های بر پایه آب آنیونی
- ۱۴۱ ۴۵-۴ پراکندگی پلی‌یورتان‌ها در محیط غیر آبی
- ۱۴۳ ۴۶-۴ کاربرد نانومواد در پوشش‌های پلی‌یورتانی
- ۱۴۳ ۴۶-۴-۱ پرکننده‌ها
- ۱۴۴ ۴۶-۴-۲ ذرات نانو سیلیکا، آهن و تیتانیوم
- ۱۴۴ ۴۶-۴-۳ نانو رس
- ۱۴۵ ۴۷-۴ پوشش‌های نانوکامپوزیتی
- ۱۴۷ ۴۸-۴ تاثیر طول زنجیر الکیلی، نوع کاتیون‌ها و مقدار نانو رس اصلاح شده
- ۱۴۹ ۴۹-۴ پوشش‌های دیرسوز
- ۱۵۰ ۵۰-۴ ترکیبات آلی فسفر
- ۱۵۲ مراجع
- ۱۵۷ ۵-۱ پلی‌بوتادی‌ان با انتهای گروه هیدروکسیلی (HTPB)

فصل ۵: بررسی اجمالی پلی‌ال بوتادی‌ان با انتهای هیدروکسیلی و کلیاتی در مورد

- پوشش‌های پلی‌یورتانی بر پایه آن ۱۵۷
- ۵-۲- بررسی پوشش پلی‌یورتانی بر پایه HTPB سنتز شده در شرکت کری ولی ۱۶۱
- ۵-۲-۱- پوشش‌های سنتی از رزین‌های poly bd ۱۶۲

- ۱۶۳..... ۵-۲-۲- غشاهای ضد آب
- ۱۶۳..... ۵-۲-۳- پوشش‌های سیستم الکتریکی
- ۱۶۴..... ۵-۲-۴- سیستم‌های خشک شونده در هوا
- ۱۶۴..... ۵-۲-۵- پوشش‌های سیم پیچ ملامینی
- ۱۶۴..... ۵-۲-۶- آستر ضد زنگ پلی‌یورتانی
- ۱۶۴..... ۵-۲-۷- پوشش‌های محافظتی ثانویه
- ۱۶۵..... ۵-۲-۸- شیمی و اکتشافات جدید
- ۱۶۶..... ۵-۲-۹- غشاهای ضد آب بر پایه رزین poly bd و اعمال شده با دستگاه پاشش ...
- ۱۶۷..... ۵-۲-۱۰- پوشش‌های ۱۰۰٪ جامد بر پایه رزین poly bd به منظور استفاده در لوله‌های فولادی زیر زمینی
- ۱۶۸..... ۵-۳- تهیه پوشش‌های پلی‌یورتانی از رزین HTPB
- ۱۷۰..... مراجع
- ۱۷۱..... ۶-۱- تعاریف
- ۱۷۱..... ۶-۲- صلاحیت سیستم پوشش
- ۱۷۱..... فصل ۶: کلیاتی در مورد اعمال پوشش پلی‌یورتانی
- ۱۷۲..... ۶-۳- مشخصات عمومی پوشش‌ها
- ۱۷۲..... ۶-۴- خواص پوشش
- ۱۷۲..... ۶-۵- خواص مواد پلی‌یورتانی مخلوط نشده
- ۱۷۲..... ۶-۶- کیفیت بیمه
- ۱۷۳..... ۶-۷- بازرسی و تست
- ۱۷۴..... ۶-۸- دستورعمل تعمیر پوشش
- ۱۷۵..... ۶-۹- مستند سازی
- ۱۷۵..... ۶-۱۰- بسته‌بندی
- ۱۷۹..... ۷-۱- مقدمه
- ۱۷۹..... ۷-۲- حذف رنگ از فلزات
- ۱۷۹..... ۷-۲-۱- حذف شیمیایی رنگ
- ۱۷۹..... فصل ۷: حذف رنگ

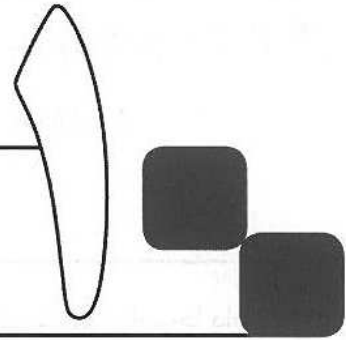
- ۱۸۰ ۲-۲-۷- حمام‌های بازی دما بالای حذف رنگ
- ۱۸۰ ۳-۲-۷- رنگبرهای خنثی
- ۱۸۱ ۴-۲-۷- رنگبرهای اسیدی
- ۱۸۱ ۵-۲-۷- رنگبرهای سرد
- ۱۸۱ ۶-۲-۷- رنگ‌بری حرارتی
- ۱۸۱ ۷-۲-۷- روش کربنیزاسیون دما پایین
- ۱۸۱ ۸-۲-۷- روش بستر سیال
- ۱۸۲ ۹-۲-۷- روش حمام نمک
- ۱۸۲ ۱۰-۲-۷- رنگبری مکانیکی و دما پایین
- ۱۸۲ ۳-۷- رنگ‌بری از زیرلایه‌های چوبی و مواد معدنی
- ۱۸۴ مراجع
- ۱۸۵ ۱-۸- مقدمه
- ۱۸۵ ۲-۸- پوشش‌های شبیه به برگ نیلوفر آبی
- ۱۸۵ فصل ۸: پیشرفت‌های نوین در صنعت پوشش
- ۱۸۶ ۳-۸- گیاهان خود تمیز شونده، کشف و شناسایی
- ۱۸۷ ۴-۸- خواص خود تمیز شوندگی سطوح ابر آب‌گریز
- ۱۸۸ ۵-۸- خصوصیات سطوح گیاه خود تمیز شونده ابر آب‌گریز
- ۱۸۹ ۶-۸- مزیت ابر آب‌گریزی و تمیز بودن
- ۱۹۲ ۷-۸- مزیت و محدودیت‌های سطوح خود تمیز شونده
- ۱۹۳ ۸-۸- خاصیت حبس هوا در سطوح زیر
- ۱۹۵ ۹-۸- پوشش‌های ضد یخ
- ۱۹۷ ۱۰-۸- کاربرد پوشش‌ها در پزشکی
- ۱۹۹ ۱۱-۸- تاثیر اصلاح سطح پلی‌یورتان با استفاده از هیامین
- ۲۰۰ ۱۲-۸- کاهش جذب غیر ویژه توسط اعمال پوشش‌های زوئیتربونی
- ۲۰۲ ۱۳-۸- پوشش‌های خود ترمیم شونده
- ۲۰۴ ۱۴-۸- پوشش‌های ضد مه و ضد یخ
- ۲۰۶ مراجع

پیشگفتار مولف

به طور کلی پوشش‌ها و رنگ‌ها برای اهداف محافظتی (مخصوصاً سطوح فلزی) و تزئینی بکار برده می‌شوند. با پیشرفت‌های خیره‌کننده‌ای که در صنعت پوشش انجام شده، بر خود لازم دانستیم که در مورد پوشش‌ها، مخصوصاً پوشش‌های پلی‌یورتانی تحقیق جامع و کاملی را به انجام برسانیم. در این کتاب تلاش بر این است که خواننده‌گان محترم را با اجزاء و سیستم‌های پوشش آشنا نماییم و تاثیر اجزاء مختلف را در فورمولاسیون نهایی پوشش یا رنگ بیان نماییم. بعلاوه،^۱ خواص منحصر بفرد پوشش‌های پلی‌یورتانی از جمله؛ مقادیر VOC پایین، مقاومت بالا در برابر حلال‌ها، انعطاف‌پذیری و سختی مناسب، پایداری عالی و مقاومت بالا در برابر سایش و از همه مهمتر بخت سریع در دماهای پایین باعث شد تا در این کتاب توضیحات جامعی در خصوص پلی‌یورتان و پوشش‌های پلی‌یورتانی ارائه دهیم. به نظر مولفین بعد از اینکه آشنایی مقدماتی با پوشش‌های مختلف حاصل شد، شاید انواع روش‌های حذف آنها از زیر لایه‌های مختلف موضوع مهمی باشد. بدین منظور، یکی از فصول این کتاب به این موضوع اختصاص داده شده است. امید است که توضیحات پایه‌ای ارائه شده در این فصل کمک شایانی به صنعت بازیافت (بالاخص فلزات رنگی) نماید و در کاهش آلودگی‌های زیست محیطی موثر باشد. در فصل آخر به بررسی برخی از پوشش‌های جالب توجه که از طبیعت الهام گرفته شده‌اند پرداخته‌ایم. این پوشش‌ها بیشتر به منظور کاربردهای بسیار ویژه مورد توجه می‌باشند.

در آخر از تلاش‌های سحر اموری برای ویراستاری ادبی این اثر بسیار سپاسگزاریم. مولفین، همچنین از تلاش‌های فراوان مدیریت موسسه "جهاددانشگاهی واحد صنعتی امیر کبیر" برای چاپ کتاب با کیفیت هر چه بهتر، مراتب تشکر و قدر دانی را بعمل می‌آورند.

اجزاء رنگ



۱-۱- مقدمه

۳ متداول ترین پوشش آلی مورد استفاده رنگ می باشد. رنگ ها زمانی که برای محافظت در برابر خوردگی بکار برده می شوند، به عنوان پوشش در نظر گرفته می شوند. ۴ رنگ ها شامل رنگپایه، رنگدانه، پرکننده ها، افزودنی ها و حلال ها می باشند.

پوشش های آلی می توانند ساختارهای فلزی را در برابر محیط های خورنده محافظت کنند. میزان حفاظت به خواص کل سیستم پوشش داده شده (که شامل فیلم رنگ، زیرلایه فلزی و آماده سازی قبلی می باشد) بستگی دارد. ۴ رنگ ها و پوشش ها بر پایه ترکیبات طبیعی، سنتزی و یا مخلوطی از آن دو می باشند. ۵ سیستم های نوع طبیعی بر پایه قیر، مواد قیردار یا روغن های طبیعی مانند آنهایی که از برنج، ماهی و ... تولید می شوند، می باشند. به طور کل، گروه اخیر از رزین های روغنی (که به صورت شیمیایی سنتز می شوند) ساخته می شوند، البته امروزه این اصطلاح معانی گسترده ای دارد. با توجه به پیشرفت های صورت گرفته، سیستم های قدیمی در مقایسه با رنگ های سنتزی بسیار مدرن از لحاظ آلودگی و تهیه سطح قابل مقایسه نمی باشند.

سیستم های پوشش مطابق با نوع عمومی رزین یا رنگپایه طبقه بندی می شوند و مطابق با مکانیسم پخت و سخت شدن ذاتی موجود در آن نوع کلی، گروه بندی می شوند. ۵ اگرچه رزین یا رنگپایه، بیشترین تاثیر را در مقاومت و خواص رنگ دارد، اما نوع و نیز مقدار رنگدانه ها، حلال ها و افزودنی ها نیز، بر روی خواص کاربردی و توانایی حفاظت فیلم بکار برده شده تاثیر بسزایی دارند. ۵ بعلاوه، سیستم ها می توانند طوری فورموله شوند که بین دو دسته و به عنوان حد واسط در نظر گرفته شوند. برای مثال، مونومر یا پیش پلیمر اکریلاتی به طور عملی می تواند با رزین های عمومی دیگر ترکیب شده و محصولی را تولید کند

که، خواصی بین پلیمر اصلی و اکریلیک داشته باشد. سیستم‌های مدرن معمولاً نسبت به سیستم‌های طبیعی به تهیه و کاربرد سطح پیچیده تری نیاز دارند. پوشش‌ها و رنگ‌های امروزی بایستی بر طبق مقررات U.S. OSHA (Occupational Safety and Health Administration) و محدودیت‌های ترکیبات آلی فرار^۱ فورموله شوند. حتی برخی از ایالات و بخش‌ها محدودیت‌های سخت تری نیز وضع نموده‌اند.

۲-۱- رنگپایه

رزین یا رنگپایه، ماتریس پوشش (فاز پلیمری پیوسته که در آن تمامی ترکیبات می‌تواند جا داده شود) را تشکیل می‌دهد. رزین عامل تشکیل دهنده فیلم رنگ می‌باشد. دانسیته و ترکیب درصد آن به طور عمده مسئول تعیین نفوذپذیری، مقاومت در برابر مواد شیمیایی و مقاومت در برابر ماوراء بنفش می‌باشد.^۲ فیلم پیوسته توسط پخت فیزیکی، شیمیایی، یا ترکیبی از هر دو تشکیل می‌شود. فرایند پخت فیزیکی متعارف، شامل تفجوشی پوشش‌های پودری گرمانرم^۳ می‌باشد. قبل از کاربرد، این نوع از رنگ‌ها شامل مقادیر زیادی از ذرات رنگپایه کوچک می‌باشند. بعد از ته نشست این ذرات بر روی سطح فلز، برای تشکیل فیلم پیوسته، ذرات در آن توسط تفجوشی پخت می‌شوند. پخت شیمیایی شامل تشکیل فیلم از طریق واکنش شیمیایی می‌باشد. این واکنش‌ها می‌تواند پخت واکنشی یا اکسایشی باشند. در پخت واکنشی، شبکه پلیمر توسط واکنش‌های بسپارش تراکمی یا افزایشی، تشکیل می‌شود. این نوع پخت در پوشش‌های چند جزئی که در آن رنگ پایه با عامل شبکه‌ای کننده واکنش می‌دهد، دیده می‌شود. در پخت اکسایشی، اکسیژن موجود در جو با مونومرهای رنگپایه وارد واکنش شده و باعث ایجاد پلیمر می‌شود. پخت همزمان فیزیکی و شیمیایی غیرمعمول نمی‌باشد، به طور مثال در مورد تشکیل پودرهای گرماسخت^۴، در دماهای بالا تفجوش فیزیکی ذرات اتفاق می‌افتد که با واکنش‌های شیمیایی بین ترکیبات مختلف در پودر دنبال می‌شود. مثال دیگر تشکیل پوشش‌های واکنشی بر پایه حلال می‌باشد (مانند رنگ‌های معمول خانگی). در این نوع رنگ‌ها، حلال به طور فیزیکی از فیلم در حال پخت خارج می‌شود و باعث نزدیکتر شدن مولکول‌های رنگ پایه و شروع واکنش‌های پلیمریزاسیون شیمیایی می‌شود.

۳-۱- رنگدانه‌ها

اضافه کردن رنگدانه‌ها دو هدف را برآورده می‌کند؛ اولاً، باعث فراهم شدن رنگ برای سیستم پوشش می‌شوند و به این صورت جاذبه زیبایی شناختی آن را بهبود می‌دهند. ثانیاً، رنگدانه‌ها می‌توانند برای بهبود خواص محافظتی پوشش در برابر خوردگی بکار برده شوند. خاصیت اخیر می‌تواند، به عنوان مثال با اضافه

1. volatile organic compounds (VOC) restrictions
2. thermoplastic
3. thermosetting

کردن رنگدانه‌های پولکی شکل در حالت موازی نسبت به سطح زیر لایه بدست آید. زمانیکه غلظت‌های بالایی از رنگدانه بکار برده شود، رنگدانه‌های پولکی شکل با طولانی کردن مسیر نفوذ از نفوذ محیط خورنده به داخل پوشش جلوگیری می‌کنند. به طور جایگزین، رنگدانه‌های ضد خوردگی می‌توانند اضافه شوند و باعث محافظت فعال در برابر محیط خورنده شود. این رنگدانه‌ها تمایل دارند که به طور آهسته در پوشش حل شوند و با پوشش دادن سایتهای حساس به خوردگی، با خورده و قربانی شدن خودشان یا با اثرناپذیر ساختن یا روئین ساختن^۱ سطح از زیر لایه محافظت کنند. رنگدانه‌های سدی می‌توانند در سطح فعال فلز جذب شوند و به این صورت نواحی فعال برای خوردگی را کاهش داده و به عنوان سدی برای انتقال گونه‌های یونی از / به، زیر لایه عمل کنند. نمونه‌های متعارف از این نوع شامل گروهی از رنگدانه‌های قلیایی مانند کربنات سرب، سولفات سرب و اکسید روی می‌باشد. این نوع رنگدانه‌ها با برهمکنش با روغن‌های آلی، می‌توانند باعث تشکیل صابون شوند. رنگدانه‌های گالوانیکی ذرات فلزی هستند که نسبت به فلز زیرلایه غیر نجیب می‌باشند.

با در معرض قرار گیری، این ذرات (به طور مثال گرد روی بر روی فولاد) به طور ترجیحی خورده می‌شوند. درحالیکه بر روی سطح فلز اصلی تنها واکنش کاتدی روی می‌دهد. رنگدانه‌های روئین کننده^۲ فیلم اکسیدی روی زیرلایه فلزی را احیا و پایدار می‌کنند. کرومات‌ها (مانند کرومات روی و کرومات استرانسیم) با انحلال پذیری کم در آب به این منظور بکار برده می‌شوند. در سیستم‌های آبی، آنها می‌توانند با ایجاد لایه خیلی پایدار متشکل از کروم و اکسیژن باعث روئین کنندگی آندی سطح فلز شوند. رنگدانه‌های پوشش دهنده یا رنگ، برای فراهم نمودن ارزش زیبا شناختی، حفظ جلا و رنگ، کمک به ساختار فیلم و نفوذناپذیری آن انتخاب می‌شوند. اکسید آهن، دی اکسید تیتانیوم، کربن یا دوده و دیگر رنگدانه‌ها مثال‌هایی از این دست می‌باشند. رنگدانه بایستی با رزین سازگاری داشته باشد و بایستی تا اندازه‌ای در محیط مقاوم باشد، به عنوان مثال در محیط اسیدی نبایستی از کربنات کلسیم استفاده شود (کربنات کلسیم مورد حمله محیط اسیدی قرار می‌گیرد). نمک‌های قابل حل در آب، تسریع کننده خوردگی می‌باشند؛ بنابراین رنگدانه‌های حاوی مقادیر بسیار اندک نمک به عنوان استر فولاد بکار برده می‌شود. برای خواص حفاظتی ویژه، استری که شامل سه نوع رنگدانه زیر باشد مورد استفاده قرار می‌گیرد؛

۱- خنثی یا از لحاظ شیمیایی مقاوم

این نوع رنگدانه‌ها در پوشش‌های سدی و در محیط‌های شدید مانند شرایط اسیدی پایین با pH ۵ و نیز برای محیط‌های قلیایی با pH ۱۰ به عنوان پرکن^۳ واکنش ناپذیر، رنگدانه‌های رنگی یا پوششی (در محیط‌های خنثی) بکار برده می‌شوند.

1. passivating
2. Passivating pigments
3. extender

۲- فعال

سرب‌ها، کرومات‌ها یا دیگر رنگدانه‌های بازدارنده در استرهای آلكیدی یا روغن برزک بکار برده می‌شوند.

۳- رنگدانه‌های به طور گالوانیکی قربانی شونده

روی در غلظت‌های بالا برای ایجاد تماس الکتریکی به منظور محافظت گالوانیکی در محیط‌های بین pH ۵ تا ۱۰ بکار برده می‌شود. انواع و نیز مشخصات این رنگدانه‌ها در جدول ۱-۱ ارائه شده است [۱].

۱-۴- حلال‌ها

هدف از کاربرد حلال کاهش ویسکوزیته رنگ پایه و دیگر ترکیبات برای فراهم کردن مخلوط همگن آنها می‌باشد. بعلاوه، کاهش ویسکوزیته باعث می‌شود تا بتوان پوشش را به عنوان یک فیلم نازک، صاف و پیوسته بر روی سطح ویژه بکار برد. نقش حلال در پوشش، قبل و بعد از کاربرد متضاد می‌باشد. در حالت مایع (قبل از کاربرد) رنگ بایستی به شکل یک محلول یا دیسپرز پایداری یا امولسیون از رنگ پایه، رنگ دانه و افزودنی در حلال باشد. تمامی اجزاء جامد بایستی در فاز مایع کم و بیش به صورت یکنواخت توزیع شوند. این الزام نیازمند سازگاری بالا بین حلال و ترکیبات و حضور نیروی دافعه بین ترکیبات برای جلوگیری از توده ای شدن، می‌باشد. برعکس، بعد از اینکه رنگ بر روی سطح اعمال شد، نیروی جاذبه بزرگی بین ترکیبات ضروری می‌باشد تا فیلم پیوسته ای شکل گیرد. در این حالت بایستی برهمکنش ترکیبات با حلال کاهش یابد تا حلال بتواند تبخیر شود.

برای دست یابی به خواص بهینه انبارداری و نیز کاربرد، انتخاب درست افزودنی حیاتی می‌باشد. انتخاب مواد صحیح برای فورمولاسیون پوشش اغلب عملیات پیچیده ای می‌باشد، جایکه تجربه عملی استادانه یک الزام مهم می‌باشد. حلال‌های آلی (آب به عنوان حلال یا امولسیفایر در نظر گرفته می‌شود) معمولاً تنها برای اعمال پوشش مورد نیاز می‌باشند و بعد از کاربرد لازم است که از فیلم تر رنگ بخار شوند. نرخ تبخیر حلال‌ها ویژگی‌های اعمال پوشش را تحت تاثیر قرار می‌دهد. اگر حلال به طور جزئی در پوشش باقی بماند و آن را کاملاً ترک نکند، پوشش در نتیجه تاول زدن به طور کامل و پیش از موعد از بین خواهد رفت. به عنوان قاعده کلی، رزین‌های سنتزی (وینیل‌ها، اپوکسی‌ها، لاستیک‌های کلردار شده و غیره) خیلی قطبی می‌باشند و بنابراین در حلال‌های قطبی آسان‌تر حل می‌شوند. اگرچه، حلال‌های قطبی مستعد ابقا شدن در رزین‌های قطبی می‌باشند و بنابراین زمانیکه چنین رزین‌هایی بکار برده می‌شوند (مخصوصاً در جاهایی که از غوطه‌وری استفاده می‌شود) حیاتی است که زمان کافی برای خشک و پخت شدن نمونه در نظر بگیریم. چونکه این رزین‌ها برای نفوذ و جریان پیدا کردن به حلال‌ها بستگی زیادی دارند، بنابراین آنها نسبت به پوشش‌های روغن‌های اصلاح شده یا رزین‌های روغنی، به آماده سازی سطح بیشتری نیاز دارند. پوشش‌ها معمولاً برای استفاده در دمای ۲۴ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۵۰٪ فورموله می‌شوند. اگر

شرایط محیطی به طور چشمگیری بیشتر یا کمتر از این محدوده بهیبه باشد، در این صورت بایستی تعادل حلال برای اعمال بهتر پوشش و آزاد شدن حلال بهینه شود. در محیط‌های سردتر، تبخیر سریعتر حلال بایستی مورد توجه قرار گیرد و برعکس در محیط‌های گرمتر؛ تبخیر آهسته‌تر حلال مورد نیاز می‌باشد. طبقه و مشخصات برخی از حلال‌های معمول در جدول ۱-۲ ارائه شده است [۱]. در برخی موارد رنگ آلی می‌تواند بدون حضور حلال مخلوط و بکار برده شود. این نوع از سیستم‌های رنگ به عنوان رنگ‌های بدون حلال^۱ شناخته می‌شوند. به عنوان مثال می‌توان به پوشش‌های پودری، اپوکسی‌های دو جزئی و پوشش‌های با ویسکوزیته پایین اشاره کرد. کاربرد و پخت پوشش‌های پودری در فصل‌های بعدی بحث خواهد شد. پوشش‌های اپوکسی می‌توانند بدون استفاده از حلال مخلوط و بکار برده شوند (به طور معمول اپوکسی‌های دو جزئی دارای ویسکوزیته پایین می‌باشند). برای کاهش ویسکوزیته، معمولاً مخلوط نمودن و کاربرد این پوشش‌ها اغلب در دماهای بالا صورت می‌گیرد. پوشش‌های دو جزئی پلی‌یورتانی نیز می‌توانند با استفاده از دستگاه‌های پاشش دو جزئی در غیاب حلال بکار برده شوند. این نوع از رنگ‌های دو جزئی پلی‌یورتانی به عنوان پوشش‌های پلی‌یورتانی ۱۰۰٪ جامد شناخته می‌شوند. به علت قوانین سختگیرانه در مورد حضور حلال‌های آلی در فورمولاسیون پوشش، تلاش بر این است که حلال‌های آلی با آب جایگزین شوند (پوشش‌های پلی‌یورتانی بر پایه آب) یا به طور کلی از فورمولاسیون^۶ پوشش حذف شوند [۲].

جدول ۱-۱ مشخصات رنگدانه‌ها برای رنگ‌های محافظ فلز

رنگدانه	وزن مخصوص ^۲	رنگ	کدورت ^۳	مشارکت ویژه در مقاومت در برابر خوردگی ^۴
رنگدانه‌های فعال				
سرب قرمز یا ضد زنگ ^۵	۸/۸	نارنجی	نسبتاً خوب	خنثی کردن اسیدهای فیلم، غیر قابل حل کردن سولفات‌ها و کرومات‌ها، تبدیل آب به یک ماده غیر خورنده
کرمات سرب - سیلیسیم بازی	۳/۹	نارنجی	ضعیف	خنثی کردن اسیدهای فیلم، غیر قابل حل کردن سولفات‌ها و کرومات‌ها، تبدیل آب به یک ماده غیر خورنده

1. solvent-free
2. specific gravity
3. opacity
4. corrosion resistant
5. red lead
6. passivater

رنگدانه	وزن مخصوص ^۲	رنگ	کدورت ^۲	مشارکت ویژه در مقاومت در برابر خوردگی ^۱
روی زرد (کرومات روی)	۳/۳	زرد	نسبتاً خوب	خنثی کردن اسیدهای فیلم، اثر ناپذیر کننده ^۳ آندی، تبدیل آب به یک ماده غیر خورنده
اکسید روی	۵/۵	سفید	-	خنثی کردن اسیدهای فیلم، تبدیل آب به یک ماده غیر خورنده
گرد روی در غلظت‌های پایین در پوشش‌های فولاد	۷/۱	خاکستری	خوب	خنثی کردن اسیدهای فیلم
رنگدانه‌های محافظ از لحاظ گالوانیکی				
گرد روی (در غلظت‌ها بالا قربانی می‌شود)	۷/۱	خاکستری	خوب	تماس الکتریکی ایجاد می‌کند و به صورت گالوانیکی قربانی می‌شود.
رنگدانه‌های سدی				
کوارتز	۲/۶	-	نیمه شفاف	سازگار با افزودنی‌های وینیل استر
پرکن‌ها				
میکا	۲/۸	-	نیمه شفاف	نفوذ ناپذیری و بی اثری
تالک	۲/۸	-	نیمه شفاف	نفوذ ناپذیری و بی اثری
آزبستین	۲/۸	-	نیمه شفاف	نفوذ ناپذیری و بی اثری
باریت	۴/۱	-	نیمه شفاف	نفوذ ناپذیری و بی اثری
سیلیکا	۲/۳	-	نیمه شفاف	نفوذ ناپذیری و بی اثری
اکسید آهن	۴/۱	قرمز	-	نفوذ ناپذیری و بی اثری
اکسید آهن	۴/۱	گل سرخ	-	نفوذ ناپذیری و بی اثری
اکسید آهن	۴/۱	سیاه	-	نفوذ ناپذیری و بی اثری
اکسید تیتانیم	۴/۱	سفید	عالی	نفوذ ناپذیری و بی اثری
دوده ^۶	۱/۸	سیاه	خوب	نفوذ ناپذیری و بی اثری

۱-۵- افزودنی‌ها

بیشتر افزودنی‌ها معمولاً در مقادیر بسیار کم در فورمولاسیون رنگ بکار برده می‌شوند تا کارایی ویژه

را فراهم کنند. برای مثال، کبالت و نفتانات منگنز به عنوان خشک کننده (برای تسهیل نمودن خشک شدن سطحی و کامل) در آکیدها و دیگر پوشش‌های بر پایه روغن بکار برده می‌شوند. افزودنی‌های خشک کن معمولاً در مقادیر کمتر از ۱٪ در رنگ بکار برده می‌شوند. دیگر افزودنی‌ها برای هدف‌های مختلف اضافه می‌شوند، به عنوان مثال؛ اکسید روی برای به تاخیر انداختن تخریب رزین توسط حرارت و نیز تابش‌های خورشیدی اضافه می‌شود. بازدارنده‌های کپک (فنیل مرکوری، روی و ترکیبات مس) معمولاً به رنگ‌های لاتکسی و نیز رنگ‌های بر پایه روغن اضافه می‌شوند. رنگ‌های لاتکسی (امولسیون‌های آبی) بدون استثنا حاوی یک سری افزودنی‌ها می‌باشند که به عنوان سورفکتانت، پایدارکننده‌های امولسیونی و کمک منعقد کننده عمل می‌کنند. بیشتر رنگ‌های وینیلی برای بهبود چسبندگی به فلز حاوی ۱٪ اسید کربوکسیلیک (معمولاً مالئیک اسید) می‌باشند. در برخی موارد می‌توان از افزودنی‌های آلی نیز استفاده نمود، به عنوان مثال می‌توان برای افزایش مقاومت ماتریس‌های پلیمری در برابر تابش‌های ماوراء بنفش از جاذب‌های نوری استفاده نمود [۳].

جدول ۱-۲ مشخصات برخی از حلال‌ها به همراه طبقه‌بندی آنها

ردیف	اسم حلال	قدرت حلال پوشی	قطبیت	وزن مخصوص	محدوده جوش (°F)	نقطه اشتعال	نرخ تبخیر a
الفناتیک	نفتا	پایین (۳۲KB)b	غیر قطبی	۰/۷۴	۲۴۶-۲۷۸	۵۲	۲۴/۵
	تینر ^۷	پایین (۲۸KB)	غیر قطبی	۰/۷۶	۳۵۱-۳۹۵	۱۲۸	۹
آروماتیک	تولوئن	بالا (۱۰۵KB)	قطبیت متوسط	۰/۸۷	۲۳۰-۲۳۳	۴۵	۴/۵
	زایلن	بالا (۹۸KB)	قطبیت متوسط	۰/۸۷	۲۸۰-۲۸۸	۸۰	۹/۵
	حلالیت بالا	بالا (۹۰KB)	قطبیت متوسط	۰/۸۷	۳۶۰-۴۰۰	۱۴۰	۱۱/۶
کتون	متیل اتیل کتون (MEK)	قوی	قطبیت بالا	۰/۸۱	۱۷۲-۱۷۶	۲۴	۲/۷
	متیل ایزوبوتیل کتون (MIBK)	قوی	قطبیت بالا	۰/۸۰	۲۵۲-۲۶۶	۶۷	۹/۴
	سیکلو هگزانون	قوی	قطبیت بالا	۰/۹۵	۳۱۳-۳۱۶	۱۱۲	۴/۱
	اتیل استات	متوسط	قطبیت متوسط	۰/۹	۱۶۸-۱۷۲	۲۶	۲/۷

طبفه	اسم حلال	قدرت حلال پوشی	قطبیت	وزن مخصوص	محدوده جوش (°F)	نقطه اشتعال	نرخ تبخیر a
الکل	اتانول	ضعیف	قطبیت متوسط	۰/۷۹	۱۶۷-۱۷۸	۵۰	۶/۸
آروماتیک غیر اشباع	استایرن	قوی	قطبیت متوسط	۰/۹	-	-	-
گلیکول	۲- اتوکسی اتانول یا سلوسالو ^۱	قوی	قطبیت بالا	۰/۹۳	۲۷۳-۲۷۷	۱۱۰	۰/۳
اترها	بوتیل سلوسالو	قوی	قطبیت بالا	۰/۹	۳۳۶-۳۴۳	۱۳۷	۰/۰۶
a: هم ارز بوتیل استات							
b: KB، کالوری - بوتانول، سنجش قدرت حلال تینرهای نفت خام							

برعکس، عاملیت‌های هیدروکسیلی (معمولاً الکل) به چسبیدن وینیل به استرهای آلی کمک می‌کنند. استفاده از یک افزودنی ویژه می‌تواند برای عملکرد رنگ حیاتی باشد و به دلیل اینکه در مقادیر بسیار جزئی بکار برده می‌شوند در آنالیزهای رنگ به سختی قابل شناسایی می‌باشند.

۱-۶- پرکننده‌ها^۱

اصلی‌ترین وظیفه پرکننده‌ها در پوشش‌های آلی افزایش حجم پوشش می‌باشد پرکننده‌ها معمولاً مواد ارزان مانند آهک و یا خاک اره^۲ می‌باشند. البته پرکننده‌ها برای بهبود برخی از خواص پوشش مانند؛ مقاومت در برابر ضربه، سایش و نفوذپذیری در برابر آب نیز بکار برده می‌شوند. پرکن‌ها علاوه بر پایین آوردن قیمت پوشش می‌توانند مقاومت در برابر شره کردن^۳ رنگ‌های مایع را نیز بهبود دهند و به این صورت لبه‌ها نیز پوشیده می‌مانند.

زمانیکه رنگ خشک شود، پرکن‌ها^۴ نفوذپذیری رنگ را نسبت به آب می‌کاهند و در داخل فیلم ساختار

1. FILLERS
2. Wood dust
3. sag resistance
4. extenders

تقویت شده به وجود می‌آورند. تالک و میکا به طور گسترده‌ای به عنوان پرکن مورد استفاده قرار می‌گیرند. به طور تقریبی میکا ۱۰٪ کل رنگدانه را تشکیل می‌دهد. هر دوی تالک و میکا (مخصوصاً میکا) به عنوان ذرات شبه صفحه‌ای^۱ باعث کاهش نفوذپذیری می‌شوند. این ذرات مولکول‌های آب و اکسیژن را وادار می‌کنند که برای عبور از رنگپایه، مسیر طولانی‌تری را در اطراف ذرات طی کنند. به طور کلی حضور ذرات یا نانو ذرات صفحه‌ای می‌تواند باعث بهبود بسیاری از خواص پوشش یا ماتریس پلیمری شود که می‌توان به افزایش دی‌سوز کنندگی [۴-۶]، افزایش مدول یانگ، استحکام و چسبندگی [۵] اشاره کرد.

مراجع

1. Paint and Coatings Applications and Corrosion Resistance, Philip A. Schweitzer, P.E., Published in 2006 by CRC Press Taylor & Francis Group
- ۲- محمد محمدی اصل زاده، گزارش فازیک، «کسب دانش فنی تهیه فورمولاسیون نوعی پوشش پلی‌یورتانی بر پایه رزین HTPB، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، دانشکده شیمی و مهندسی شیمی، ۱۳۹۳.
3. M. Mohammadi Aslzadeh, M. Abdouss, Ahmad Mousavi Shoushtari, Firouz Ghanbari, Synthesis and characterization of anti UV non-spherical polymer particles by swelling and evaporation processes, submitted in journal of colloid and polymer science
4. Mohammad M. Aslzadeh, Majid Abdouss, Gity M. M. Sadegh, Preparation and Characterization of New Flame Retardant Polyurethane Composite and Nanocomposite , J. APPL. POLYM. SCI. 2013, 127,1683-1690,
5. M. Mohammadi Aslzadeh, G. Mir Mohamad Sadeghi, M. Abdouss, Synthesis and Characterization of Chlorine-Containing Flame-Retardant Polyurethane Nanocomposites via In Situ Polymerization Journal of Applied Polymer Science, Vol. 123, 437-447 (2012)
6. A. Dashtizadeh, M. Abdouss, M. Khorassani, H. Mahdavi, M. Mohammadi Aslzadeh and A. Rahimi, Adhesion and flammability of water based acrylic resins with silica nanoparticles, *Plastics, Rubber and Composites* 2011 40, 125-132.



۱-۲- رنگ‌های پایه حلالی

۱-۱-۲- اطلاعات عمومی

رنگ و پوشش‌ها به طور معمول شامل مخلوط فیزیکی از رنگپایه‌ها، رنگدانه‌ها، افزودنی‌ها، پرکن‌ها و حلال‌ها می‌باشند. بسته به روش کاربرد و حوزه استفاده از آنها، ممکن است که درصد مواد جامد^۱ به ۸۰٪ برسد، و نسبت رنگدانه نیز ممکن است که ۶۰٪ مواد جامد را تشکیل دهد. از لحاظ آفنی مهم‌ترین ترکیب رنگ و پوشش، رنگپایه می‌باشد (یا مخلوط رنگپایه‌ها). بر پایه مکانیسم تشکیل فیلم، رنگپایه‌ها ممکن است که به رنگپایه‌های خشک شونده از طریق شیمیایی یا فیزیکی تقسیم‌بندی شوند. رنگ‌های خشک شونده به صورت فیزیکی، محلول‌های پلیمری گرمانرم^۲ با جرم مولکولی بالای ۲۰۰۰۰ می‌باشند، در نتیجه حلالیت پایین آنها، این نوع از رنگ‌ها یا پوشش‌ها ممکن است که درصد حلال بالایی (> ۶۰) داشته باشند. رنگ‌هایی که به طور شیمیایی خشک می‌شوند، درصد حلال پایینی (۳۰-۶۰٪) دارند و چونکه شبکه پلیمر توسط کراس لینک شدن رنگپایه (جرم مولکولی ۱۰۰۰۰-۸۰۰) در دماهای بالا یا در نتیجه تابش تشکیل می‌شود (پوشش‌های گرماسخت^۴ تشکیل می‌شود)، حاوی درصد جامد بسیار بالایی می‌باشند. رنگ‌های خشک شونده به روش اکسایشی حاوی گروه‌های آلکیلی و پیوندهای دوگانه می‌باشند که از طریق جذب اکسیژن و ایجاد پیوندهای عرضی اتری شبکه‌ای می‌شوند. به طور معمول، رنگ‌ها بر طبق ماهیت رنگپایه و خواص فیلم بدست آمده از آن (آلکید، آکریلیک، پلی‌استر، نیتروسولولز، اپوکسی و رنگ‌های پایه

1. solids content
2. ??????
3. thermoplastic
4. thermosetting

روغنی) تقسیم‌بندی می‌شوند. روش کاربرد، خواص سطح و کاربرد مورد نظر می‌تواند برای تقسیم‌بندی آنها مورد استفاده قرار گیرد [۱]. از اوایل سال ۱۹۸۰ نیازمندی‌های زیست محیطی به طور فزاینده‌ای به دو دلیل اصلی (مخصوصاً در مورد رنگ‌ها با بازده انتقال مواد پایین) مهم شده‌اند:

۱- اجتناب از کاربرد مواد سمی، سرطانزا، و مواد ایجاد کننده جهش ژنی و موادی که باعث توسعه و رشد غیر طبیعی می‌شوند.

۲- قوانین سختگیرانه و در برخی موارد قوانین تحمیلی برای کاهش درصد حلال

در بین رنگ‌های پایه حلالی، رنگ‌های با درصد جامد بالا بیشترین نرخ رشد را داشته‌اند. در آلمان تولید این نوع از رنگ‌ها در بین سال‌های ۱۹۸۸ تا ۱۹۸۹ بالغ بر ۳۲٪ بود، درحالی‌که کل رشد رنگ‌های پایه حلالی تنها حدود ۳٪ بود [۲]. در ایالات متحده آمریکا و اروپا نیز با توجه به مقررات سختگیرانه‌ای که برای استفاده از رنگ‌های با درصد حلال بالا وضع شده است، کاهش چشمگیری در استفاده از این نوع رنگ‌ها روی داده است [۳، ۴].

تعریف رنگ‌های با درصد جامد بالا و پایین در مناطق و کشورهای مختلف متفاوت می‌باشد. به عنوان مثال، ورناندر دوتسچن لیک اینداستری (انجمن صنعت رنگ آلمان) رنگ‌های با درصد جامد بالا را به عنوان رنگ‌هایی تعریف کرده است که در آن میزان حلال‌های غیر آبی (آلی) آن کمتر از ۳۰٪ باشد، درحالی‌که در آژانس حفاظت از محیط زیست (EPA) آمریکا، رنگ‌هایی که حاوی درصد مواد آلی فرار کمتر از ۲/۸ پاند بر گالن باشند (۳۳۶ گرم بر لیتر) به عنوان رنگ‌های با درصد جامد بالا شناخته می‌شوند [۵]. مثال‌های متعارف از رنگ‌های با درصد جامد پایین (معمولاً درصد حلال بالاتر از ۶۰٪ می‌باشد) شامل موارد زیر می‌باشد:

۱- رنگ‌های بر پایه فلزی برای تولید انبوه اتومبیل‌ها

۲- پوشش‌های گرماسخت

۳- پوشش‌های صنعتی الکتریکی و فوتوالکترونیک

از این سه گروه؛ پوشش‌های پایه فلزی از لحاظ کمیت بسیار مهم می‌باشند. دلایل فنی برای

سیستم‌های رنگ با درصد حلال بالا شامل [۶]:

۱- نیاز به ضخامت‌های لایه نازک

۲- رزین‌هایی مانند پلی‌ایمید برای پوشش‌های عایق کاری الکتریکی و رزین‌های گرماسخت اکریلاتی دارای حلالیت بسیار پایینی می‌باشند.

۳- در برخی موارد (مانند رنگ پایه فلزی) درصد بالای حلال برای بهینه نمودن رفتار رئولوژیکی مورد نیاز می‌باشد.

فاکتورهای رئولوژیکی باعث کاهش درصد حلال می‌شوند، مخصوصاً زمانی که پوشش بر روی سطوح عمودی بکار برده می‌شود. پیشرفت‌های چشمگیر، در بیشتر موارد تنها با جایگزین نمودن حلال‌های آلی با آب قابل دستیابی می‌باشد. برای مثال، رنگ‌های فلزی پایه حلالی، به طور فزاینده‌ای با سیستم‌های رنگ پایه آبی جایگزین شده است، و در آنها میزان حلال به حدود ۱۰٪ بر پایه ۲۵٪ مواد جامد کاهش یافته است [۷].

۲-۱-۲- خواص و مواد اولیه

۲-۱-۲-۱- حلال

حلال‌های آلی برای حل نمودن رنگپایه (رزین) و افزودنی و پراکنش رنگدانه و پرکن برای تولید رنگ‌ها و پوشش‌های آماده مصرف، بکار برده می‌شود. انحلال (حلال پوشی) و برهمکنش حلال‌های آلی (مانند، کتون‌ها، گلیکول اترها، گلیکول اتر استرها، الکل‌ها، استرها، هیدروکربن‌ها و ترین‌ها) با رنگپایه در مرجع [۱] با جزئیات بیشتری بحث شده است. هدف چنین مطالعاتی تنظیم بهینه قابلیت فرآورش برای رسیدن به رفتار رئولوژیکی مناسب قبل و در حین کار با پوشش‌ها و نیز بیشینه نمودن مقدار رزین در فورمولاسیون رنگ می‌باشد. مقررات قانونی تحمیل شده برای بکار بردن حلال‌های بی‌ضرر از لحاظ سمیت برای فورمولاسیون رنگ‌ها، توسعه برنامه‌های کامپیوتری را، برای بهینه نمودن مخلوط حلال رنگ‌های پایه حلالی بی‌ضرر یا کم‌ضرر برمی‌انگیزد. این امر باعث می‌شود که ما نیازمند دانش کامل، در مورد برهمکنش حلال‌ها و رنگپایه‌ها باشیم [۸]. برنامه‌های اولیه برای محاسبه حالت بهینه مخلوط‌های حلال، سه نوع برهمکنش؛ دیسپرسیو، قطبی و برهمکنش‌های حاصل از پیوندهای هیدروژنی (پارامترهای حلالیت) را مد نظر قرار داده‌اند [۹، ۱۰]. حلال‌ها با در نظر گرفتن فاکتورهای وابسته به زهر شناسی انتخاب می‌شوند. برای بررسی حلالیت از آزمون‌های متعارف استفاده می‌شود. علاوه بر حلالیت، رهائش حلال^۱ در حین و بعد از کاربرد، یکی دیگر از معیارهای مهم برای انتخاب حلال می‌باشد [۱۱]. تبخیر مخلوط حلال از فیلم نه تنها به خاطر سطح صاف، بلکه برای بدست آوردن خواص مکانیکی تکرار پذیر فیلم، مهم است. نقطه جوش و فشار بخار حلال‌ها اطلاعات کافی برای فورمولاسیون سیستم رنگ فراهم نمی‌آورد [۱۲]. یک مدل برای محاسبه تبخیر حلال، شامل داده‌های انتقال حلال‌ها در فیلم به شکل پارامترهای نفوذ می‌باشد [۱۳]. رفتار تبخیر همچنین به صورت آزمایشگاهی نیز تعیین می‌شود (مطابق استاندارد ASTM D ۳۵۳۹ .۷۶). در رنگ‌های پایه حلالی، ممکن است بعد از شبکه‌ای شدن فیلم، مقداری از حلال‌های آلی باقی بماند. حبس حلال در فیلم، می‌تواند باعث کاهش تنش‌های داخلی، رفتار افت حجمی خطی و دمای تبدیل شیشه‌ای^۲ شود [۱۴]. انتخاب حلال‌ها به طور فزاینده‌ای توسط مقررات قانونی برای نگهداری و انتقال (بر پایه رفتار احتراق و قابلیت اشتعال رنگ) محدودتر می‌شود.

1. solvent release

2. glass transition temperature

۲-۱-۲- خواص رنگپایه‌ها و فیلم

رنگ‌های پایه حلالی به صورت فیزیکی خشک شونده حاوی سلولز استر، رزین‌های وینیلی، رزین‌های اکریلاتی گرمانرم، پلی‌یورتان، مشتقات لاستیک و رزین‌های هیدروکربنی به عنوان رنگپایه‌های اصلی در نظر گرفته می‌شوند. رنگ‌های پایه حلال که متحمل خشک شدن اکسایشی می‌شوند شامل؛ رزین‌های آلکید، استرهای اپوکسی، رزین‌های فنولی اصلاح شده و روغن‌های یورتانی می‌باشند. رنگ‌های قابل شبکه‌ای شدن نقش بسیار مهمی را بازی می‌کنند، آنها شامل رنگپایه‌هایی با ترکیبات غیر اشباع (به عنوان مثال رزین‌های پلی‌استر اشباع نشده)، گروه‌های اپوکسی (مانند رزین‌های اپوکسی) و گروه‌های هیدروکسیلی (مانند رزین‌های آلکید، پلی‌استرها، رزین‌های وینیلی و رزین‌های اکریلاتی) می‌باشند. محدوده وسیعی از عوامل شبکه‌ای کننده برای بسیاری از کاربردهای در دسترس می‌باشد [۱۱]. که می‌توان به رزین‌های فنولی و آمینو اشاره کرد. ایزوسیانات‌ها نیز نقش بسیار مهمی را به عنوان عامل شبکه‌ای کننده بازی می‌کنند. رزین‌های حاوی گروه‌های هیدروکسی (مانند رزین‌های پلی‌استر و رزین‌های اکریلاتی) که می‌توانند با ایزوسیانات‌های چند عاملی شبکه‌ای شوند، به عنوان رنگ‌های دو جزئی شناخته می‌شوند (مخصوصاً در صنعت اتومبیل و پلاستیک) [۱۵، ۱۶].

مزیت این نوع پوشش‌ها شامل مقاومت در برابر عوامل جوی، دمای پخت پایین و جلای بالای آن می‌باشد. لاک‌های شفاف با الزامات سختگیرانه (جلای بالا، پایداری رنگ و رفتار متعارف بدون نیاز به تعمیر بیش از ۵ سال) در صنعت اتومبیل بکار برده می‌شود [۱۷]. رزین‌های اکریلاتی جدیدی توسعه داده شده‌اند که حاوی ۵۰٪ مونومرهایی می‌باشد که دارای فلئور هستند [۱۸]. رزین‌های اکریلاتی تولید شده با پلیمریزاسیون انتقال گروه^۲ طبقه‌ای از رزین‌ها را ارائه می‌کند که توزیع باریکی از جرم مولکولی را ممکن می‌نماید که برای حل شدن یک مزیت محسوب می‌شود [۱۹]. واکنش‌های شبکه‌ای کننده فراوانی برای پخت رنگ و پوشش توسعه داده شده است، اما پیاده سازی فنی آنها با موفقیت همراه نمی‌باشد. افزایش مایکل ترکیبات C-H-azide به پیوندهای دوگانه فعال شده برای تعمیر و بهبود ظاهر با مقداری اصلاحات بکار برده می‌شود [۲۰]. استرهای فعال شده با گروه‌های الکوکسی و آمیدی نیز استفاده می‌شود. واکنش‌های اپوکسی-آمین، اپوکسی کربوکسی و اپوکسی انیدرید در عامل‌های شبکه‌ای کننده رزین اپوکسی آلیفاتیک مهم می‌باشند [۲۱-۲۳]. اگرچه فیلم‌های تولید شده از این روش مزیت خاصی نسبت به رزین‌های پلی‌یورتانی ندارند. تحقیقات و پیشرفت‌های زیادی بر روی رنگ‌های پایه حلالی انجام شده است، که بعد از یکبار اعمال، سیستم چند لایه را تولید می‌کند (این روش منجر به صرفه جویی زیادی در زمان و مواد می‌شود). رفتار فازی ترکیبات رنگپایه و حلال در این نوع رنگ‌ها، نقش بسیار مهمی را بازی می‌کند [۲۴، ۲۵].

1. Clear varnishes
2. group transfer polymerization

۲-۱-۳- تکنولوژی اعمال و محافظت از محیط زیست

بازده انتقال رنگ به عنوان مقدار رنگ، روی ماده تعریف می‌شود و به عنوان درصد مقدار رنگ بکار برده شده برای اعمال بیان می‌شود. بازده انتقال رنگ کم به معنی مقادیر بالای نشر حلال و تولید پسماند می‌باشد. بنابراین زمانیکه از روش‌های معمول اسپری کردن برای تولید سطوح صاف و با کیفیت بالا استفاده می‌شود، بایستی توجهات ویژه‌ای به جنبه‌های زیست محیطی صورت گیرد (جدول ۱-۲ مشاهده شود).

توسعه روش اسپری نمودن الکترواستاتیکی منجر به افزایش بازده انتقال مواد می‌شود و راندمان رنگ را به طور بالا می‌برد [۲۶]. ذره پاش‌های چرخشی سرعت بالا به این روش کمک می‌کنند و باعث تولید طیفی از ذرات خیلی ریز می‌شوند. قطرات به سمت جسم هدایت می‌شود و بازده انتقال ماده بسیار بالایی (> ۷۵٪) بدست می‌آید. سطح بازده انتقال به همراه از دست رفتن حلال از طریق تبخیر، منجر به ایجاد واحدهای بازیافت رنگ و حلال در کارخانه‌ها (مخصوصاً با خرجی بالا، مانند صنعت اتومبیل سازی) می‌شود. بازیافت موفق حلال در صنعت اتومبیل بسیار مهم می‌باشد [۲۷]. رنگپایه‌ها، حلال‌ها، افزودنی‌ها، عوامل شبکه‌ای کننده و دیگر اجزاء رنگ برای تعیین هرگونه اثرات مضر برای سلامتی و قبل از اینکه در فورمولاسیون تجاری مورد استفاده قرار گیرند؛ با آزمون‌های وابسته به زهرشناسی مورد بررسی قرار می‌گیرند.

جدول ۱-۲ مقایسه داده‌های نشر تئوری حلال برای روش‌های کاربرد مختلف

D نشر حلال (kg/kg film)	C راندمان انتقال (%)	B درصد حلال آلی (%) مربوط به درصد جامد	A درصد جامد رنگ (%wt)	روش اجرا
۰/۴۳	۱۰۰	۴۳	۷۰	ریزش، کاربرد غلطک
پاشش با فشار هوا				
۱۱/۲۰	۶۰	۶۷۰	۱۳	پوشش پایه ^۱ متالیک
۱/۶۶	۶۰	۱۰۰	۵۰	پوشش رویه ^۲
افشانک با دور چرخش بالا و پاشش الکترواستاتیک				
۸/۹۳	۷۵	۶۷۰	۱۳	پوشش پایه متالیک
۰/۸۵	۷۵	۶۷	۶۰	لاک دو جزئی ^۳
.D=B/C				

1. basecoat
2. topcoat
3. Two pack varnish