

# پیشرفت‌های افیر در آید تولید مهندسان‌های محبوب و پراستیک

تالیف: پروفسور مین کوک کیم  
دکتر کائوشیک پال  
ترجمه: دکتر محمد فارسی  
مهندس مسن فیضائی طبری  
دانشجوی دکتری صنایع چوب و کاغذ

نشر بهتا پژوهش



|                     |                                                                                     |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| سرشناسه             | : کیم، جین - کوک Kim, Jin-Kuk                                                       |
| عنوان و نام پدیدآور | : پیشرفت های اخیر در فرآیند تولید چندسازه های چوب- پلاستیک                          |
| تألیف               | : جین کوک کیم، کانوشیک پال؛                                                         |
| ترجمه               | : محمد فارسی، حسن ضیائی طبری.                                                       |
| مشخصات نشر          | : اصفهان - بهتا پژوهش، ۱۳۹۲.                                                        |
| مشخصات ظاهری        | : ۲۶۸ ص.                                                                            |
| شابک                | : ۹۷۸-۶۰۰-۷۰۹۱۳-۰۲-۳                                                                |
| وضعیت فهرست نویسی   | : فیبا                                                                              |
| یادداشت             | : عنوان اصلی : Recent advances in the processing of wood - plastic composites, 2010 |
| موضوع               | : مواد چندسازه                                                                      |
| موضوع               | : چوب پلاستیکی                                                                      |
| شناسه افزوده        | : پال، کانوشیک                                                                      |
| شناسه افزوده        | : Pal, Kaushik                                                                      |
| شناسه افزوده        | : فارسی، محمد، ۱۳۵۶ - مترجم                                                         |
| شناسه افزوده        | : ضیائی طبری، حسن ۱۳۶۴ - مترجم                                                      |
| رده بندی کنگره      | : ۱۳۹۲-۹۶۹/۴۱۸ TA                                                                   |
| رده بندی دیویی      | : ۶۲۰/۱۱۸                                                                           |
| شماره کتابشناسی ملی | : ۲۱۸۲۳۱۸                                                                           |

|                                                          |                |
|----------------------------------------------------------|----------------|
| پیشرفت های اخیر در فرآیند تولید چندسازه های چوب- پلاستیک | : نام کتاب     |
| محمد فارسی، حسن ضیائی طبری                               | : مترجم        |
| بهتا پژوهش                                               | : ناشر         |
| بدری معصومی زاده                                         | : طراح جلد     |
| زهره مساندلی                                             | : صفحه آرا     |
| (عضو هیات علمی دانشگاه پیام نور) سوسن فراست              | : ویراستار     |
| اول/ ۱۳۹۲                                                | : ثبت چاپ      |
| آذر                                                      | : صحافی        |
| ۱۰۰۰ نسخه                                                | : شمارگان      |
| ۱۰۰۰۰ تومان                                              | : بها          |
| ۳۵ ۲۶۶۶۶ ۰۳۱۱                                            | : تلفکس        |
| ۱۰۰۰۳۱۱۲۶۶۶۳۵                                            | : سامانه پیامک |
| ۰۹۱۳-۰۰۰۰-۲۵۰۱                                           | : همراه تولید  |
| ۰۹۱۳-۰۰۰۰-۲۵۰۲                                           | : همراه فروش   |



## پیشگفتار مؤلفین

چندسازه چوب-پلاستیک (WPC) از پلاستیک‌های بازیافتی و ضایعات چوبی ساخته می‌شود و در این دهه، به یکی از پویاترین بخش صنایع پلاستیک تبدیل شده است. چندسازه چوب-پلاستیک در کاربردهای بیشماری مانند کفپوش‌های فضای باز، مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ علاوه بر این در نرده‌ها، حصارها، تخته‌های محوطه‌سازی، روکش کاری و پوشش دیوارها، نیمکت‌های پارک، قطعات قالبی و تزئین داخلی اتومبیل، چارچوب در و پنجره، مبلمان داخلی و غیره نیز به کار می‌رود. دانشمندان مدعی هستند که چندسازه چوب-پلاستیک بیشتر با محیط زیست سازگار است و نسبت به جایگزین‌هایی مانند چوب خام تیمار شده با مواد حفاظتی یا چوب خام گونه‌های مقاوم به پوسیدگی، نیاز به نگهداری کمتری دارد. با توجه به مقاومت این محصولات در مقابل ترک خوردگی و شکاف، می‌توان آنها را با جزئیات یا بدون جزئیات شبیه‌سازی شده رگه چوبی قالبگیری نمود. این مواد حتی با طرح رگه چوبی نیز براحتی به صورت چشمی از الوار طبیعی تشخیص داده می‌شوند، به طوری که رگه هم‌رنگ بقیه ماده می‌باشد؛ همچنین می‌توان این ماده را به راحتی در چندسازه چوب-پلاستیک جدید بازیافت کرد.

الوار چوب-پلاستیک از چوب حاصل از خاک آره (و دیگر پرکننده‌های لیفی سلولزی مانند الیاف خمیر، پوسته بادام زمینی، بامبو، نی، مواد حاصل از هضم بی‌هوازی<sup>1</sup> و غیره) و پلاستیک‌های بازیافتی و خالص شامل LDPE, HDPE, PVC, PP, ABS, PS, PLA و غیره تشکیل می‌شود. پودر یا الیاف تا یک غلظت خمیری شکل مخلوط شده و سپس به شکل قطعه مورد نظر اکستروود شده یا قالبگیری می‌شوند. افزودنی‌ها مانند رنگ‌دانه‌ها، عوامل جفت‌کننده، تثبیت‌کننده‌ها، عوامل پف‌زا، عوامل تقویت‌کننده، عوامل فوم‌زا و روان‌سازها کمک می‌کنند تا محصول نهایی مناسب هدف مورد استفاده باشد. تثبیت‌کننده‌های حرارتی یا UV به منظور جلوگیری از تخریب پلیمرها از فاکتورهای ناشی از UV افزوده می‌شوند، در حالی که جفت‌کننده‌ها چسبندگی رزین و چوب را بهبود می‌دهند. این ماده به هر دو شکل پروفیل‌های توخالی و نوپر یا محصولات و قطعات قالبگیری تزریقی شکل می‌گیرند. با توجه به ترکیبات آلی مورد استفاده در فرآیند چندسازه چوب-پلاستیک، هیچ جواب واحدی برای کنترل این فرآورده‌ها که دارای مشکلات بالقوه‌ای هستند، وجود ندارد. در برخی از کاربردها ابزارها و ماشین‌های استاندارد قالبگیری تزریقی گران‌ترم، می‌توانند به کار گرفته شوند. چوب، رزین، ترکیبات دوباره خرد شده و اکثر افزودنی‌ها در اکسترودر گرانول‌ساز ترکیب و فرآوری می‌شوند. گرانول‌های جدید در قالب شکل گرفته و خشک می‌شوند. آزمون پیش-توزیع<sup>2</sup> می‌تواند در تعیین ترکیب بهینه عوامل شیمیایی، طرح،

1-Digestate

2-Pre-Distribution

آمیختگی<sup>۱</sup> و دیگر استراتژی‌های کمک‌کننده جریان در ماده خاص مورد استفاده کمک کند. امکانات آزمایشات مدرن برای ارزیابی مواد و تعیین ترکیب بهینه اجزای تجهیزات برای اطمینان از بالاترین سطح دقت و اعتبار در دسترس می‌باشد. گزارش آزمون عملکرد کامپیوتری، سند عملکرد تجهیزات است. مزیت اصلی آن نسبت به چوب، قابلیت این ماده به قالبگیری به هر شکل فضایی مورد نظر می‌باشد.

برای راحتی، کتاب به ۴ بخش تقسیم شده است. در ابتدا، فصل ۱ مربوط به چوب-پلاستیک است و در مورد ساختارهای پایه و ویژگی‌های چندسازه‌های چوب-پلاستیک به خواننده نگاهی اجمالی و مختصر می‌دهد. این مطالب برای خوانندگانی که از طریق دوره آموزشی، تحقیق یا مهندسی با چندسازه‌های چوب-پلاستیک آشنا شده‌اند، مروری ابتدایی خواهد بود. گرچه به جزئیات کمتر پرداخته شده، اما نویسندگان برای توصیف مفهوم چندسازه چوب-پلاستیک تلاش نموده‌اند که برای فهمیدن بخش‌های بدی، لازم و اساسی است.

بخش دوم یعنی فصل ۲ و ۳ مربوط به تیمار سطحی و ماشین‌آلات مورد استفاده برای چندسازه‌های چوب-پلاستیک می‌باشد. مهمترین تحولات مربوط به تیمار سطحی و ماشین‌آلات در سوابق اخیر، مورد تأکید قرار گرفته است. همچنین خلاصه‌ای از آزمایشات مواد چندسازه چوب-پلاستیک نیز آورده شده است. فصل ۴، برخی از تحقیقات اخیر در گذشته نه چندان دور را به تصویر کشیده است.

بخش ۳ (فصل ۵-۷) نمایی خلاصه از تحولات بسیار جدید به همراه برخی از مسائل حل نشده را نشان می‌دهد. به طور کلی این فصل‌ها با کار آزمایشگاهی ما نویسندگان در خصوص تکنولوژی فوم، ویژگی‌های کندسوزکنندگی و ویژگی‌های نگهداری رنگ چندسازه‌های چوب-پلاستیک سر و کار دارد. مسیر توسعه اکثر فصل‌ها از سنتز تا ریخت‌شناسی را در بر گرفته و سپس نشان می‌دهد که ریخت‌شناسی چگونه بر رفتارهای مکانیکی و فیزیکی مواد نهایی تأثیر می‌گذارد یا چگونه آنها را کنترل می‌کند. جالب است توجه داشته باشید که نسبت قابل توجهی از هر فصل در مورد ترکیبات چندسازه‌های چوب-پلاستیک، چندسازه‌ها، یا ترکیبی از هر دو صحبت می‌کند. بنابراین، خواننده منابعی از صنایع مختلف را در کنار یکدیگر در یک صفحه پیدا خواهد کرد.

بخش چهارم یعنی فصل ۸، مروری در مورد بعضی از کاربردهای جدید چوب-پلاستیک در زندگی روزانه ما دارد. عمده این فصل مطالعه‌ای مروری بر پایه استفاده روزانه از چندسازه‌های چوب-پلاستیک در دهه کنونی می‌باشد.

در طی نوشتن این کتاب، این اتفاق برای نویسندگان رخ داده است که طبقه‌بندی اصولی و

قاعده‌دار چندسازه چوب-پلاستیک به شدت مورد نیاز بوده است. سؤال این است در چند مسیر مختلف می‌توان چوب-پلاستیک را با پلیمرهای دیگر یا با غیر پلیمرها مخلوط کرد؟ همچنین عملکرد WPC در مصارف فوم‌سازی نیز مورد توجه قرار گرفته است. هدف اصلی این کتاب، تکنولوژی فوم‌سازی مورد استفاده برای عملکرد مؤثر WPC می‌باشد. چه روابطی میان روش‌های شناخته شده وجود دارد و چگونه ممکن است ما ترکیب‌های شناخته نشده را کشف کنیم؟ در حالیکه موضوع طبقه‌بندی با حرکات موجی در داخل متن نفوذ می‌یابد، طبقه‌بندی واقعی در فصل‌های ۵-۸ بیان شده است.

هر کتابی بازتابی خاص در نظر خوانندگان خاص خود دارد، ما معتقدیم که شیمیدان‌ها، مهندسين مکانیک و شیمی، متخصصین مواد و پلیمر که در این زمینه کار می‌کنند یا به تازگی وارد شدند (یا بزودی وارد خواهند شد)، برای یادگیری اصول پایه در زمینه چندسازه‌های چوب-پلاستیک مخاطبان نخست را تشکیل می‌دهند که به وسیله آن شخص می‌تواند دامنه متنوع و وسیع مواد چندسازه چوب-پلاستیک را تحلیل کند. اگرچه این کتاب به عنوان یک کتاب جامع در نظر گرفته نمی‌شود، اما ممکن است به عنوان یک کتاب مرجع برای متخصصانی که می‌خواهند در این زمینه کار کنند مورد استفاده قرار گیرد. خوانندگانی که اکنون در صنایع چندسازه‌های چوب-پلاستیک مشغول به کار هستند، مطمئناً جواب معضلات موجود در فرآیندهای مورد استفاده خود را پیدا خواهند کرد.

ما مایل هستیم تا از اشخاص زیادی که با بحث‌ها و به اشتراک گذاشتن تخصص خود به ما کمک کردند و از دکتر سریده‌ها<sup>۱</sup> از دانشگاه ملی جیونگ سانگ برای مشارکت ارزنده در این کتاب تشکر کنیم. از دکتر ژانگ<sup>۲</sup> برای کار پایان نامه دکتری، که در جهت اختلاط چندسازه‌های چوب-پلاستیک بوده، قدردانی می‌شود. از همه اعضای آزمایشگاه برای مشارکت صمیمانه و حمایت آنها در آماده‌سازی و اصلاح متن تشکر می‌کنیم. همچنین از کمک و همکاری دپارتمان علوم و مهندسی پلیمر، مدرسه مهندسی مواد پیشرفته و نانو مواد دانشگاه ملی جیونگ سانگ نیز قدردانی می‌شود.

دانشگاه ملی جیونگ سانگ ۲۰۱۰

جین کوک کیم

کائوشیک پال

## بیوگرافی نویسندگان

### جین کوک کیم

جین کوک کیم، از سال ۱۹۸۹ در علوم و مهندسی پلیمر مدرسه علوم و مهندسی مواد، دانشگاه ملی جیونگ سانگ تدریس می‌کند. او مدرک کارشناسی و کارشناسی ارشد خود را در رشته مهندسی شیمی از دانشگاه یُنسی<sup>۱</sup>، سئول، کره جنوبی دریافت کرده است. او مدرک دکتری خود را در مهندسی پلیمر از دانشگاه آکرون<sup>۲</sup>، آمریکا گرفته است. تحقیقات اصلی او در زمینه پلاستیک‌های مخلوط شده با فیبر چوبی به صورت صلب و فوم میکروسلولی، بازیافت ضایعات لاستیک چرخ<sup>۳</sup>، الاستومر با عملکرد بالا، پیش‌بینی عمر مفید الاستومرها، درزبند لاستیکی پیل سوختی<sup>۴</sup> و غیره تمرکز داشته است. او بیش از ۱۷۵ مقاله در مجلات بین‌المللی و بیش از ۴۰ حق اختراع دارد. وی همچنین بیش از ۳۰ سخنرانی در دانشگاه‌های مختلف و کنفرانس‌های متفاوت ارائه داده است. او نویسنده و همکار در بیش از ۵ کتاب در زمینه الاستومر بوده است.

### کانوشیک پال

کانوشیک پال، به عنوان محقق ارشد در علوم و مهندسی پلیمر در مدرسه علوم و مهندسی مواد دانشگاه ملی جیونگ سانگ کار می‌کند. او مدارک کارشناسی و دکتری خود را به ترتیب از دانشگاه برهامپور<sup>۵</sup> و موسسه تکنولوژی هند<sup>۶</sup> در خاراگپور هند دریافت کرده است. زمینه اصلی تحقیقات او در مخلوط‌سازی الاستومر و نانوپچندسازه‌های پلیمری، حسگرها و محرک‌ها، نانوپچندسازه‌های پلیمری با عملکرد بالا، پوشش‌دهی، جریان و تغییر شکل مواد فوم‌های میکروسلولی و غیره می‌باشد. او کمک هزینه تحصیلی BK-21 را به دلیل دو سال کار در جمهوری کره دریافت کرده است. او همچنین بیش از ۵۰ مقاله در مجلات ملی و بین‌المللی به چاپ رسانده است. او داور برخی مجلات بین‌المللی مربوط به پلیمر بوده است. وی کتابی با عنوان "پیشرفت‌های اخیر در نانوپچندسازه‌های الاستومری" از انتشارات اسپرینگر آلمان را ویرایش کرده و یک فصل از کتاب "پیشرفت در تکنولوژی نانوپچندسازه‌های پلیمری، از انتشارات نووا تکنولوژی آمریکا را به رشته تحریر در آورده است.

1-Yonsei University

2-Akron

3-Waste Ground Rubber Tire

4-Fuel Cell

5-Berhampur University

6-Indian Institute of Technology

## پیشگفتار مترجمین

در کاربردهای مهندسی، اغلب تلفیقی از خواص مواد مورد نیاز است، زیرا نمی‌توان به تنهایی ماده‌ای یافت که همه خواص لازم برای کاربرد خاصی را دارا باشد. بنابراین باید به دنبال مواد ترکیبی بود. چندسازه‌ها موادی چند جزئی هستند که خواص آنها در مجموع از هرکدام از اجزاء بهتر است، ضمن آنکه اجزای مختلف، کارایی یکدیگر را بهبود می‌بخشند. صنعت چندسازه چوب-پلاستیک (WPC) شامل علوم و فناوری‌های بین رشته‌ای گسترده‌ای است که در سال‌های اخیر پیشرفت‌های زیادی در اکثر زمینه‌های آن ایجاد شده است و با به کارگیری فرمول‌بندی مختلف، فرآورده‌های متنوعی تولید شده که در بخش‌های مختلفی مانند صنعت خودرو و ساختمان مورد استفاده قرار می‌گیرند. بیشترین کاربرد WPC در کف‌پوش‌های فضای باز می‌باشد. اما در نرده‌ها، حصارها، تخته‌های محوطه‌سازی، روکش کاری و پوشش دیوار، نیمکت‌های پارک، قطعات قالبی و تزئین داخلی اتومبیل، چارچوب در و پنجره و مبلمان داخلی نیز استفاده می‌شوند. در مقایسه با سایر کشورها، صنعت WPC در کشور ما رشته‌ای نوپا محسوب می‌شود و کمبودهای زیادی در زمینه توسعه علوم و صنایع مربوط به این رشته و تهیه و تدوین کتاب‌ها و متون علمی در این زمینه احساس می‌شود. با توجه به موضوعات ذکر شده می‌توان دریافت که ترجمه حاضر و تألیف و تدوین کتاب‌هایی از این دست سرآغازی بر دستیابی به دانش مذکور است.

در این کتاب مفاهیم ابتدایی و اساسی در خصوص چوب-پلاستیک، WPC و استفاده از این چندسازه‌ها در زندگی روزمره در فصل ۱ ارائه شده است. در فصل ۲ و ۳، تیمار سطحی الیاف و پلیمرها و افزودنی‌های مورد استفاده در چندسازه‌ها، ماشین‌آلات ساخت WPC و تکنیک‌های آزمودن آن مورد بحث قرار می‌گیرد. فصل ۴ پژوهش‌های انجام شده توسط سایر محققان در گذشته را شرح داده و فصل ۵-۷، با تحقیق آزمایشگاهی مولفین در خصوص تکنولوژی فرم، خواص کندسوزکنندگی و ویژگی‌های نگهداری رنگ در WPC تکمیل می‌گردد. در نهایت فصل ۸ مطالعه‌ای مروری بر استفاده روزمره از WPC در دهه کنونی می‌باشد.

با توجه به موضوعات ارائه شده، انتظار می‌رود که این کتاب نیازهای علمی و فنی گروه وسیعی از مخاطبان از جمله دانشجویان کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری در رشته مهندسی چوب و کاغذ، مهندسی شیمی، مکانیک، صنایع پلیمر و مهندسان شاغل در صنایع چوب و به طور خاص در صنعت WPC را برآورده کند. هرچند سعی شده تا مطالب کتاب به صورت روان ترجمه شود، به هر حال امکان خطا و اشکالات در کلیه زمینه‌ها وجود دارد که امید است خوانندگان محترم در این زمینه همکاری نمایند تا در چاپ‌های بعدی اشکالات مذکور رفع گردد. در پایان ضمن سپاسگزاری از خداوند متعال بخاطر بذل عنایتش و با استقبال از نظرات کارشناسی کلیه مخاطبان، این ترجمه به تمامی علاقه‌مندان و دست‌اندرکاران صنایع WPC کشور عزیزمان ایران تقدیم می‌شود.

پیشگفتار مؤلفین

بیوگرافی نویسندگان

پیشگفتار مترجمین

## فصل ۱

## مروری بر چندسازه‌های چوب-پلاستیک و کاربردهای آن

۱-۱- مقدمه

۱-۲- چرا WPC؟

۱-۳- چوب چیست؟

۱-۳-۱- سطح مولکولی

۱-۳-۱-۱- سلولز

۱-۳-۱-۲- همی سلولز

۱-۳-۱-۳- لیگنین

۱-۴- کاربردهای WPC در خودرو مطالعه موردی

۱-۵- تأثیر WPC بر جوامع بشری

۱-۵-۱- خرید

۱-۵-۲- گاری خرید در مقابل پانل با بدنه ضدضربه

۱-۵-۳- بسته‌بندی

۱-۵-۴- کاهش وزن

۱-۵-۵- خانه‌سازی

۱-۶- عمر سرویس‌دهی WPC

۱-۶-۱- بازیافت مکانیکی

۱-۶-۲- بازیافت موادخام

۱-۶-۳- کاهش در مبدأ

منابع فصل ۱

## فصل ۲

## اصلاحات سطحی WPC با روش‌های پیش‌تیمار

۲-۱- مقدمه

۲-۲- پلیمرهای مورد استفاده در WPC

۲-۲-۱- پلی‌اتیلن سنگین (HDPE)

۲-۲-۲- پلی‌اتیلن سبک (LDPE)

۲-۲-۳- پلی وینیل کلراید (PVC)

۲-۲-۴- پلی پروپیلن (PP)

۲-۲-۵- پلی‌استایرن (PS)

۲-۳- عامل جفت‌کننده چیست؟

۲-۴- طبقه‌بندی عوامل جفت‌کننده

۲-۴-۱- آکریلیت‌ها

|    |                                     |
|----|-------------------------------------|
| ۶۳ | ۲-۴-۲- آمیدها و ایمیدها             |
| ۶۴ | ۳-۴-۲- انیدریدها                    |
| ۶۶ | ۱-۳-۴-۲- تیمار با اسید استیک        |
| ۶۸ | ۴-۴-۲- کلروتريازين ها و مشتقات آن   |
| ۷۰ | ۵-۴-۲- اپوکسی ها                    |
| ۷۱ | ۶-۴-۲- ایزوسیانات ها                |
| ۷۵ | ۷-۴-۲- پیوندزدن مونومرها            |
| ۷۶ | ۸-۴-۲- پلیمرها و کوپلیمرها          |
| ۷۹ | ۵-۲- تیمارهای فیزیکی                |
| ۷۹ | ۱-۵-۲- نیروهای دخیل در چسبندگی      |
| ۸۰ | ۲-۵-۲- مکانیسم چسبندگی در WPC       |
| ۸۰ | ۱-۲-۵-۲- درهم رفتگی مکانیکی         |
| ۸۱ | ۲-۲-۵-۲- نظریه جذب و انتشار         |
| ۸۱ | ۳-۲-۵-۲- نظریه لایه مرزی            |
| ۸۲ | ۳-۵-۲- تیمار پلاسما و کرونا         |
| ۸۵ | ۴-۵-۲- تیمار با ازن                 |
| ۸۵ | ۶-۲- تیمارهای شیمیایی               |
| ۸۶ | ۱-۶-۲- انفجار با بخار               |
| ۸۹ | ۲-۶-۲- تیمار قلیایی                 |
| ۹۴ | ۳-۶-۲- تیمار با اسید استئاریک و موم |
| ۹۶ | ۷-۲- برخی تیمارهای جدید (آنزیمی)    |
| ۹۹ | منابع فصل ۲                         |

## فصل ۳

## فرآیند و ماشین آلات مورد استفاده در ساخت WPC

|     |                                           |
|-----|-------------------------------------------|
| ۱۰۱ | ۱-۳- فرآیند تولید                         |
| ۱۰۲ | ۲-۳- چندانسازها با زمینه پلیمری           |
| ۱۰۲ | ۱-۲-۳- رزین ها                            |
| ۱۰۳ | ۲-۲-۳- رزین های گرماسخت                   |
| ۱۰۴ | ۳-۲-۳- رزین های گرمانرم                   |
| ۱۰۴ | ۴-۲-۳- تقویت کننده ها                     |
| ۱۰۶ | ۳-۳- فرآیندهای اصلی دخیل در تهیه چندانساز |
| ۱۰۸ | ۴-۳- شرح فرآیندهای شکل دهی                |
| ۱۰۸ | ۱-۴-۳- فرمول بندی رزین                    |
| ۱۰۸ | ۲-۴-۳- پیش آغشته سازی                     |
| ۱۰۹ | ۳-۴-۳- رشته پیچی تر                       |
| ۱۰۹ | ۴-۴-۳- لایه گذاری دستی الیاف پیش آغشته    |
| ۱۱۰ | ۵-۴-۳- جایگذاری خودکار نوار               |

|     |                                                                                               |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۱۱۰ | ۳-۴-۶- قالب گیری انتقالی رزین                                                                 |
| ۱۱۲ | ۳-۴-۷- کشش رانی                                                                               |
| ۱۱۳ | ۳-۴-۸- کیسه خلاء، پخت در اتوکلاو                                                              |
| ۱۱۳ | ۳-۵- متغیرهای فرآیندی مؤثر بر فوم‌های میکروسلولی                                              |
| ۱۱۴ | ۳-۵-۱- قالبگیری تزریقی                                                                        |
| ۱۱۶ | ۳-۵-۲- روش روزن رانی                                                                          |
| ۱۱۷ | ۳-۵-۲-۱- اکسترودر تک‌ماردون                                                                   |
| ۱۱۷ | ۳-۵-۲-۲- روزن رانی با اکسترودر دومارودنه ناهمسوگرد                                            |
| ۱۱۹ | ۳-۵-۲-۳- سیستم تولید چندسازه چوبی با اکسترودر دومارودنه همسوگرد و اکسترودر تک‌ماردونه گرمادوب |
| ۱۱۹ | ۳-۵-۲-۴- Woodtruder™                                                                          |
| ۱۲۰ | ۳-۵-۲-۵- عملیات مختلف واحد پس از اکسترودر                                                     |
| ۱۲۱ | ۳-۵-۳- آزمون Rheotens                                                                         |
| ۱۲۳ | منابع فصل ۳                                                                                   |

## فصل ۴

|     |                                             |
|-----|---------------------------------------------|
| ۱۲۵ | سوابق اخیر دربارهٔ عملکرد WPC               |
| ۱۲۶ | ۴-۱- چندسازه‌های فیبر-چوبی/پلاستیک (WPC ها) |
| ۱۲۷ | ۴-۲- قابلیت اشتعال WPC                      |
| ۱۲۹ | ۴-۳- فوم‌های پلیمری                         |
| ۱۲۹ | ۴-۳-۱- معرفی فوم‌های پلیمری                 |
| ۱۳۰ | ۴-۳-۲- عوامل پف‌دهنده                       |
| ۱۳۲ | ۴-۳-۳- طرز کار                              |
| ۱۳۳ | ۴-۳-۳-۱- فرآیند متداول فوم‌سازی پیوسته      |
| ۱۳۵ | ۴-۳-۳-۲- فرآیند ناپیوسته فوم‌سازی           |
| ۱۳۷ | ۴-۳-۳-۳- فرآیند نیمه‌پیوسته فوم‌سازی        |
| ۱۳۷ | ۴-۳-۳-۴- فوم‌سازی پیوسته به روش روزن رانی   |
| ۱۳۹ | ۴-۳-۳-۵- فوم‌سازی به روش قالبگیری تزریقی    |
| ۱۴۲ | ۴-۳-۴- اصول بنیادی در فوم‌سازی پلیمری       |
| ۱۴۲ | ۴-۳-۴-۱- شکل‌گیری پلیمر/گاز                 |
| ۱۴۲ | ۴-۳-۴-۲- قابلیت انحلال                      |
| ۱۴۴ | ۴-۳-۴-۳- ضریب پخش                           |
| ۱۴۵ | ۴-۳-۴-۴- انحلال                             |
| ۱۴۶ | ۴-۳-۴-۵- هسته‌زایی سلول                     |
| ۱۵۰ | ۴-۳-۴-۶- رشد سلول                           |
| ۱۵۲ | ۴-۳-۵- خصوصیات مکانیکی                      |
| ۱۵۷ | منابع فصل ۴                                 |

## فصل ۵

## اثر سازگارکننده‌ها بر چندسازه‌های چوب-پلاستیک

|     |                                                                                            |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۱۶۷ | ۱-۵- مقدمه                                                                                 |
| ۱۶۸ | ۲-۵- آماده‌سازی چندسازه‌های الیاف چوبی/پلی‌پروپیلن با استفاده از اکسترودر دوماردونه        |
| ۱۷۰ | ۵-۲-۱- فرآیند مخلوط‌سازی                                                                   |
| ۱۷۱ | ۵-۲-۲- آماده‌سازی و تجزیه و تحلیل فوم‌های چندسازه الیاف چوب/پلی‌پروپیلن                    |
| ۱۷۵ | ۵-۳- اثر پیکربندی ماردون                                                                   |
| ۱۷۷ | ۵-۴- اثر سرعت ماردون                                                                       |
| ۱۸۲ | ۵-۵- اثر مقدار سیلیس                                                                       |
| ۱۸۶ | ۵-۶- اثر سازگارکننده‌های مختلف                                                             |
| ۱۹۱ | ۵-۶-۱- اثر سازگارکننده بر روی بلورینگی                                                     |
| ۱۹۱ | ۵-۶-۲- اثر سازگارکننده‌ها بر ویژگی‌های رئولوژیکی چندسازه‌های الیاف چوب/پلی‌پروپیلن         |
| ۱۹۲ | ۵-۶-۳- اثر سازگارکننده بر ویژگی‌های مکانیکی و ریخت‌شناسی چندسازه‌های الیاف چوب/پلی‌پروپیلن |
| ۱۹۳ | ۵-۶-۴- اثر سازگارکننده بر ویژگی‌های فوم‌سازی چندسازه‌های الیاف چوب/پلی‌پروپیلن             |
| ۱۹۶ | منابع فصل ۵                                                                                |
| ۲۰۰ |                                                                                            |

## فصل ۶

## قابلیت اشتعال در چندسازه‌های چوب-پلاستیک

|     |                                                                          |
|-----|--------------------------------------------------------------------------|
| ۲۰۳ | ۶-۱- مقدمه                                                               |
| ۲۰۴ | ۶-۲- تولید چندسازه‌های پلی‌پروپیلن/الیاف چوب به وسیله اکسترودر دوماردونه |
| ۲۰۷ | ۶-۳- آماده‌سازی و آنالیز چندسازه‌های فوم پلی‌پروپیلن/الیاف چوب           |
| ۲۰۸ | ۶-۴- ویژگی‌های مکانیکی چندسازه‌های الیاف چوب/پلی‌پروپیلن                 |
| ۲۱۰ | ۶-۵- بازدارندگی آتش چندسازه‌های الیاف چوب/پلی‌پروپیلن                    |
| ۲۱۳ | ۶-۶- تخریب حرارتی چندسازه‌های الیاف چوب/پلی‌پروپیلن                      |
| ۲۱۳ | ۶-۷- مطالعه حرارت‌سنج مخروطی چندسازه‌های الیاف چوب/پلی‌پروپیلن           |
| ۲۱۷ | ۶-۸- مشاهده ریخت‌شناسی میکروسکوپ الکترونی پویشی (SEM)                    |
| ۲۱۹ | ۶-۹- فوم‌سازی فیزیکی ناپیوسته                                            |
| ۲۲۰ | ۶-۹-۱- اثر سیلیکا و APP                                                  |
| ۲۲۱ | ۶-۹-۲- اثر فشار اشیاع                                                    |
| ۲۲۲ | ۶-۹-۳- اثر دمای اشیاع                                                    |
| ۲۲۴ | منابع فصل ۶                                                              |
| ۲۲۶ |                                                                          |

## فصل ۷

## چندسازه‌های چوب-پلیمر منبسط شده

|     |                             |
|-----|-----------------------------|
| ۲۳۱ | ۷-۱- مقدمه                  |
| ۲۳۲ | ۷-۲- عوامل حباب‌ساز شیمیایی |
| ۲۳۵ | ۷-۳- فوم‌سازی فوق بحرانی    |
| ۲۳۶ | ۷-۴- تکنیک‌های دیگر         |
| ۲۳۸ |                             |

|     |                                                           |
|-----|-----------------------------------------------------------|
| ۲۳۹ | ۵-۷- روش فومسازی میکروسلولی                               |
| ۲۴۱ | ۷-۵-۱- فرآیند فومسازی آزاد به روش روزن ران                |
| ۲۴۱ | ۷-۵-۲- فرآیند ناپیوسته                                    |
| ۲۴۳ | ۷-۵-۲-۱- اندازه گیری PVT با استفاده از پمپ دنده ای        |
| ۲۴۶ | ۷-۵-۲-۲- اندازه گیری PVT با استفاده از رئومتر مؤین        |
| ۲۴۸ | ۷-۵-۳- فاکتورها و مشکلات تأثیرگذار بر فومسازی چوب-پلاستیک |
| ۲۵۱ | منابع فصل ۷                                               |

## فصل ۸

|     |                                                                        |
|-----|------------------------------------------------------------------------|
| ۲۵۳ | کاربردهای چوب-پلاستیک فوم شده                                          |
| ۲۵۴ | ۸-۱- مقدمه                                                             |
| ۲۵۶ | ۸-۲- فوم های چوب-پلاستیک (فوم های WPCs)                                |
| ۲۵۷ | ۸-۳- تولید چوب-پلاستیک های الیاف چوب/پلی پروپیلن با اکسترودر دوار دونه |
| ۲۵۷ | ۸-۴- تولید گرانول های چوب-پلاستیک / پلی پروپیلن / الیاف چوب منبسط شده  |
| ۲۵۸ | ۸-۵- تولید تخته های فوم شده چوب-پلاستیک                                |
| ۲۵۹ | ۸-۶- اثر دما بر دانسیته تخته فوم شده چوب-پلاستیک                       |
| ۲۵۹ | ۸-۷- اثر فشار بر دانسیته تخته فوم شده چوب-پلاستیک                      |
| ۲۶۱ | ۸-۸- اثر دمای صفحه بر دانسیته تخته فوم شده چوب-پلاستیک                 |
| ۲۶۲ | منابع فصل ۸                                                            |

## فصل ۹

|     |            |
|-----|------------|
| ۲۶۵ | نتیجه گیری |
|-----|------------|