

بررسی تجربی کرنش قطعات کامپوزیت پلی پروپیلن / باگاس نیشکر تولید شده به روش قالبگیری تزریقی با و بدون خط جوش

حسن شانه چی^۱، سید عبدالمحمد رضواند^{۲*}

^۱ کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مکانیک، واحد دزفول، دانشگاه آزاد اسلامی، دزفول، ایران
^۲ عضو هیات علمی، گروه مهندسی مکانیک، واحد دزفول، دانشگاه آزاد اسلامی، دزفول، ایران

دریافت: پاییز ۹۶ پذیرش: بهار ۹۷

چکیده

موضوع این پژوهش بررسی کرنش در قطعات قالبگیری تزریقی تولیدشده از ترکیب باگاس نیشکر و پلی پروپیلن می باشد. بدین منظور ابتدا باگاس نیشکر به شکل پودر درآمده، پس از اصلاح قلیایی با نسبتهای متفاوت ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد با پلی پروپیلن ترکیب شد. برای سازگاری پلی پروپیلن با باگاس از مالئیک اسید با نسبت ۳ درصد استفاده شد. سپس مخلوط سازی و گرانول گیری انجام گرفت و با استفاده از دستگاه قالب گیری تزریقی قطعات تولید شد. در نهایت با استفاده از آزمون تست کشش، تنش و کرنش خط جوش قطعات تعیین گردیده و نسبت ترکیب پلی پروپیلن و باگاس نیشکر و اثر دمای مذاب بر استحکام خط جوش قطعات تولید شده با قالبگیری تزریقی مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این ارزیابی مشخص شد که با افزایش میزان باگاس کرنشی که قطعه قبل از شکست و گسیختگی در هر دو حالت نمونه های دارای خط جوش و بدون خط جوش تحمل می کند، کاهش می یابد. اما با توجه به هزینه پایین استفاده از پودر چوب و مزایای زیست محیطی، استفاده از این مواد با در نظر گرفتن خواص مکانیکی حاصل شده امکان پذیر بوده و پیشنهاد می گردد.

*عهده دار مکاتبات: rezavand@iaud.ac.ir

کلمات کلیدی: باگاس نیشکر، پلی پروپیلن، قالبگیری تزریقی، تست کشش، کرنش شکست

۱- مقدمه

باگاس، تفاله نیشکر بوده که پس از عصره گیری از نیشکر به صورت پسماند فیبری خشک و فشرده شده و به صورت قطعات ریز تراشه بدست می آید. باگاس دارای کاربردهای بسیار متنوعی می باشد زیرا علاوه بر سلولز موجود مقادیر زیادی مواد پروتئینی و قندی در آن وجود دارد که برای تولید انواع محصولات صنعتی مفید می باشد. مهم ترین محصولات فرعی باگاس عبارتند از:

تولید ورق های فشرده، تولید نئوپان، تولید کامپوزیت های چوب پلاستیک، تولید متان، تولید اتانول، تولید خمیر کاغذ (صنعت کاغذ سازی)، تولید خمیر مایه، تولید انواع خوراک دام، تولید پوشال برای مرغدارای ها، تولید فورفورال (ماده ای است که در روغن های صنعتی به کار می رود)، تولید انرژی (به عنوان سوخت نیروگاهها). رشد و مصرف کامپوزیت های چوب - پلاستیک با توسعه ماشین آلات و تولید دانش فنی در این زمینه بسیار رو به گسترش است. در سال ۲۰۰۴ قطعات تولید شده از کامپوزیت چوب پلاستیک از روش تزریق، تنها ۲ درصد محصولات تولید شده از این کامپوزیت را شامل می شد. اما سهم این قسمت همواره رو به افزایش است.

تولید به روش قالب گیری تزریقی با توجه به نرخ بالای تولید، زمان سیکل کوتاه و میزان کم ضایعات یکی از رایج ترین فرآیندهای تولید می باشد که با توجه به مزایایش استفاده از آن در تولید کامپوزیت های چوب پلاستیک به سرعت در حال افزایش است. با این حال، مدل سازی قطعات پیچیده که قالب آنها دارای راه گاه های متعدد و حفره های دارای ماهیچه می باشد، ممکن است مشکلاتی را بوجود آورد. یکی از نقایص مشاهده شده در این روش خط جوش می باشد. خط جوش هنگامی شکل می گیرد که دو یا چند جبهه مذاب ماده به منظور پر کردن حفره قالب از جهات مختلف حرکت کرده و در یک نقطه به یکدیگر برسند، بنابراین امکان ایجاد خطوط جوش در قطعات تولید شده با قالب گیر تزریقی وجود دارد. چنانچه دمای جبهه مذاب برای آمیختن خیلی سرد باشد منجر به تشکیل خط جوش در ناحیه پیوستن دو جبهه به یکدیگر می شود. با استفاده از روشها و تکنیک هایی مانند افزایش دمای قالب، افزایش فشار نگهدارنده قالب و همچنین مدت آن، تخلیه صحیح و کامل هوای داخل قالب و تغییر موقعیت تغذیه مواد ورودی به قالب می توان خطوط جوش را رفع کرده یا از شدت آن جلوگیری کرد. البته مهمتر آنکه استحکام مکانیکی ناحیه جوش می تواند به مقدار قابل توجهی کمتر از استحکام نقاط دیگر قطعه به خصوص در سیستم های ترموپلاستیک

الیاف دار باشد. با توجه به اینکه درمورد خط جوش ترکیب پلی پروپیلن و باگاس نیشکر مطلبی به ثبت نرسیده است، از پژوهش‌های انجام شده روی نزدیکترین مواد یعنی ترکیب پلی پروپیلن/الیاف شیشه و پلی پروپیلن/تالک استفاده شده و با توجه به اینکه خط جوش این مواد شبیه به قطعات ترکیب شده از پلی پروپیلن و باگاس نیشکر بوده، نتایج استحکام کششی بدست آمده با آنها مقایسه می شود. به طور کلی در کامپوزیت ها با افزایش میزان پرکننده ها و قرار گیری الیاف در بین ماتریس اصلی و جهت گیری آنها هم در حضور خط جوش و بدون خط جوش استحکام کششی و تنش تسلیم کاهش پیدا می کند. این نتایج در پژوهش های مختلف بدست آمده و بررسی شده است. احمدی نژاد [۱] در سال ۱۳۹۵ به بررسی تجربی اثر عامل پیوند دهنده و دمای مذاب بر استحکام کششی و کرنش قطعات کامپوزیت پلی پروپیلن/ باگاس نیشکر که با روش قالب گیری تزریقی تولید شده بودند، پرداخت. نتایج نشان دادند بیشترین استحکام کششی مربوط به ترکیب با صفر درصد عامل پیوند دهنده و دمای تزریق ۲۱۵ درجه سانتیگراد بوده و افزایش میزان عامل پیونددهنده منجر به کاهش استحکام کششی و کرنش قطعات شده است. کالوس و جورجنسن [۲] در سال ۲۰۱۴ به اندازه گیری تغییر شکل و خواص مکانیکی خط جوش در ترموپلاستیک‌های تقویت شده با الیاف کوتاه پرداختند. شبیه سازی ها و میکروگراف ها نشان دهنده درجات بالایی از الیاف جهت گیری شده به موازات خط جوش در ناحیه به اندازه چند میلی متری در دو طرف خط جوش بودند. با توجه به خواص مکانیکی، خط جوش ماده تقویت نشده، با توده ماده در زمینه مستعد بودن برای گلوپی شدن متفاوت است. با این حال الیاف تقویت کننده منجر به کاهش کرنش خط جوش به نسبت حالت بدون تقویت کننده شدند. نتایج یوانزین ژو و پ.ک. مالیک [۳] در سال ۲۰۱۴ نشان داد که با افزایش دمای مذاب و افزایش فشار نگهداری، ضخامت هسته قطعه کاهش یافته و ضخامت پوسته‌ها افزایش می یابد. این پدیده موجب افزایش کرنش تسلیم با افزایش دمای مذاب و افزایش فشار نگهداری قالب می گردد. در سال ۲۰۰۲ در پژوهشی ژاو و مالیک [۴] به مطالعه اثرات دما و نرخ کرنش بر رفتار کششی پلی پروپیلن تقویت شده با تالک و تقویت نشده پرداختند. قطعات تحت کشش تک محوره قرار گرفته و مشخص شد پلی پروپیلن پر شده با تالک و پر نشده در وابستگی به دما و نرخ کرنش یکسان عمل می کنند. مدول الاستیک و تنش تسلیم هر دو نمونه با افزایش دما و همچنین نرخ کرنش کاهش می یابد. پلی پروپیلن دارای تالک، خواص کششی بسیار متفاوتی را در جهت جریان تزریق به نسبت حالت عمود بر جهت جریان تزریق از خود نشان می دهد. در حالیکه اختلاف خواص کششی برای نمونه PP تقویت نشده در این دو جهت نسبتاً کم می باشد. مانیسالی و مالگورنا [۵] در سال ۱۹۹۰ در پژوهشی که انجام دادند، اثر پارامترهای فرآیند را بر کرنش و نرخ تغییر طول نیز بررسی کردند. نتایج نشان داد که علی رغم اینکه دمای مذاب و دمای قالب بر روی تنش تسلیم اثر گذارند، با این حال کرنش تسلیم بدون تغییر باقی ماند. مورلی و همکاران [۶] سال ۲۰۰۹ به بررسی اثر ترکیب سازی الیاف شیشه و تالک بر خواص مکانیکی کامپوزیت‌های پلی پروپیلن با و بدون خط جوش پرداختند. آنها بیان کردند که تقویت با الیاف باعث تولید کامپوزیت هایی با ناهمسانگردی بالا خواهد شد. اثرات منفی این

ناهمسانگردی هنگامی که خط جوش در قطعه ایجاد می شود. نتایج نشان می دهد که ترکیب سازی الیاف شیشه با تالک برای استحکام خط جوش کامپوزیت موثر و مفید است به طوریکه اثر بهبودی قابل توجهی با بهینه سازی میزان ذرات در ترکیب سازی الیاف تقویت کننده قابل حصول و دستیابی است. نتایج سولیموسی و همکاران [۷] در سال ۲۰۰۸ نشان دادند که دما و فشار نگهداری در حین فرآیند تزریق بر خواص ضربه ای و تسلیم اثری نمی گذارند. ولی اندازه الیاف بسیار در خواص مکانیکی این کامپوزیت ها اثر گذارند. با افزایش میزان الیاف، کرنش تسلیم کاهش می یابد. مقایسه نمونه های دارای خط جوش و بدون آن نشان دادند که خط جوش به میزان قابل توجهی کرنش تسلیم و خواص ضربه ای نمونه ها را کاهش می دهد که دلیل آن جهت گیری نامساعد الیاف در پشت خط جوش می باشد. نتایج مورلی و همکاران [۸] نشان داد که استحکام کششی پلی پروپیلن و تالک تحت تاثیر میزان تقویت کننده و شرایط فرآیندی (دما و سرعت تزریق) قرار داشته که بر جهت گیری اثر می گذارد. استحکام و کرنش کششی خط جوش به دما و نرخ تزریق بستگی داشته که اثر نرخ تزریق در دماهای تزریق پایین تر محسوس تر است. نتایج نشان می دهد که فاکتور اصلی اثرگذار بر کرنش، جهت گیری ذرات تالک در صفحه خط جوش می باشد. نتایج ژاو و مالیک [۹] در سال ۲۰۰۵ نشان دادند که کرنش تسلیم در جهت جریان بیشتر بوده و حضور خط جوش باعث کاهش بزرگی در آن می شود.

نتایج بدست آمده در پژوهش حاضر نیز همانند کارهای پیشین نشان دهنده این موضوع هستند که خط جوش منجر به کاهش کرنش قطعه می شود که دلیل آن نیز عدم پیوند ماتریس و الیاف و جهت گیری نامناسب الیاف در ناحیه خط جوش می باشد. هر چه اندازه الیاف بزرگتر باشد، در زمان رسیدن دو جبهه مذاب در خط جوش این جهت گیری نامناسب تر شده و کرنش تحمل شده توسط قطعه در این ناحیه نیز کمتر خواهد بود.

۲- مواد، روشها و تجهیزات

ابتدا به منظور ایجاد پیوند بهتر بین ماتریس و الیاف، باگاس نیشکر اصلاح قلیایی گردید. باگاس اصلاح شده با نسبت های مختلف مشخص با مالئیک انیدرید و پلی پروپیلن مخلوط نموده، سپس توسط دستگاه قالبگیری تزریقی مخلوط و گرانول گیری انجام شد. در نهایت از گرانول های تهیه شده توسط قالب و دستگاه قالبگیری تزریقی، قطعات موردنظر تولید شدند و سپس استحکام خط جوش قطعات طبق استاندارد ASTM تعیین گردیده و بررسی نسبت ترکیب پلی پروپیلن و باگاس نیشکر و دمای مذاب بر استحکام خط جوش قطعات تولید شده با قالبگیری تزریقی مورد ارزیابی قرار گرفتند.

مواد

ترموپلاستیک مورد استفاده، پلی پروپیلن خالص گرید Z30G از محصولات شرکت پتروشیمی مارون، مالئیک انیدرید پلی پروپیلن، ذرات باگاس (تفاله نیشکر) مورد استفاده نیز محصول جانبی کارخانه کشت و صنعت هفت تپه که پس از اصلاح، خشک نمودن و آسیاب، با گذراندن از الک های مشخص به اندازه ۴۰ میکرون به پودر (آرد باگاس) (شکل ۱) تبدیل شده است.

باگاس آرد شده از الک با اندازه مش ۴۰ استفاده گردید و ذرات عبور داده شده جهت گرانول گیری استفاده شدند.



شکل ۲: آسیاب برقی

جهت تولید رشته‌های خمیری از دستگاه تزریق (شکل ۳) و برای تبدیل این رشته‌ها به گرانول پس از سرد شدن از آسیاب استفاده شد. جهت انجام عملیات تزریق و ساخت نمونه از دستگاه تزریق ساخت شرکت HAIXING چین استفاده شد با تنظیم پارامترهای ثابت و متغیر طبق جدول (۱) تولید قطعات انجام گردید.



شکل ۳: دستگاه تزریق

تولید گرانول

در تولید گرانول، ذرات باگاس، پلی‌پروپیلن و مالئیک انیدرید بر حسب درصدهای مختلف وزنی مشخص شده و نسبت ۳ درصد وزنی مالئیک انیدرید و پلی‌پروپیلن در ابتدا بطور مجزا با یکدیگر مخلوط شده و ترکیب حاصل با استفاده از سیلندر و ماریچ دستگاه تزریق به صورت رشته‌های خمیری درآمدند. در نهایت رشته‌های خمیری شکل پس از سرد شدن توسط دستگاه آسیاب، خرد شده و به صورت دانه‌های گرانول با درصدهای مختلف ترکیب شده، تبدیل شدند. برای جلوگیری از سوختن باگاس در فرآیند تولید مخلوط کامپوزیت چوب - پلاستیک، دمای سیلندر، در تمامی مراحل گرانول گیری کمتر از ۱۷۰ درجه سانتیگراد تنظیم گردید.



شکل ۱: آرد باگاس الک شده

پارامترهای متغیر در این تحقیق در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: پارامترهای متغیر

ردیف	پارامتر	مقدار	واحد
۱	الیاف پرکننده (باگاس) نیشکر	۱۰-۲۰-۳۰	درصد وزنی
۲	دمای مذاب	۱۸۰-۱۹۵-۲۱۰-۲۲۵	سانتیگراد
۳	خط جوش	وجود یا عدم وجود	-

اصلاح قلیایی باگاس

به منظور حذف ترکیبات مزاحمی مانند لیگنین و مواد استخراجی از باگاس و افزایش درصد ترکیبات سلولزی اصلاح قلیایی باگاس صورت می‌گیرد. باگاس‌ها برای از بین بردن آلودگیهای محیطی چندین بار توسط آب معمولی شسته شدند. سپس محلول هیدروکسید سدیم با غلظت ۳ درصد وزنی ساخته شد. نحوه محلول سازی بدین صورت بود که با نسبت محاسباتی تناسب گیری مقدار ۳ درصد از بلورهای هیدروکسید سدیم با وزن بدست آمده ۱/۸ کیلوگرم با مقدار ۶۰ لیتر آب حل گردیدند. سپس باگاس‌ها در محلول هیدروکسید سدیم به مدت زمان ۲ ساعت قرار داده شدند. پس از خارج کردن الیاف باگاس از محلول هیدروکسید سدیم، جهت از بین بردن سودهای باقی مانده، الیافها چندین بار توسط آب معمولی شسته شدند. سپس جهت خنثی سازی سودهای باقی مانده و اثر هیدروکسید سدیم، الیاف درون محلول اسید استیک با درصد وزنی ۱ درصد به مدت ۱ ساعت قرار داده شدند، در نهایت جهت دستیابی PH خنثی الیافهای باگاس توسط آب شسته شدند سپس الیاف باگاس اصلاح شده به مدت ۷۲ ساعت در هوای آزاد بطور کامل خشک شدند.

تجهیزات

جهت تبدیل الیاف باگاس به آرد باگاس، الیاف را یکبار توسط خردکن برقی به ذرات ریز تبدیل کرده (شکل ۲) و سپس جهت آرد کردن ذرات باگاس از آسیاب سنگی برنج کوبی استفاده گردید. جهت مش بندی

آزمون کشش

بر اساس استاندارد ASTM D638 (روش استاندارد تست کشش برای پلاستیک‌ها) استحکام کششی (رابطه ۱) برابر است با حاصل تقسیم ماکزیم نیروی اعمال شده به قطعه تا مرحله شکست به نیوتن بر حداقل سطح مقطع اولیه نمونه به متر مربع.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (1)$$

برای انجام آزمایشات کشش از دستگاه مدل SANTAM STM-150 برای آزمایشگاه گروه مهندسی مواد دانشگاه آزاد دزفول استفاده گردید. دستگاه تست استحکام کششی از یک فک متحرک و یک فک ثابت که نمونه در درون دو فک قرار می‌گیرد، تشکیل شده است (شکل ۷) فک متحرک دستگاه به سمت بالا حرکت کرده و قطعه تحت کشش قرار گرفته و میزان جابجایی بر اساس نیرو توسط کامپیوتر دستگاه ثبت گردیده و میزان استحکام کششی محاسبه خواهد شد.



شکل ۷: نمونه تحت تست کشش

برای هرکدام از شرایط تولید نمونه‌های دارای خط جوش و بدون خط جوش، سه نمونه تکرار در نظر گرفته شده و در نهایت برای تعیین هر خاصیت میانگینی از این ۳ تکرار بدست آمده است. پس از انجام تست کشش نتایج حاصله شامل: ماکزیم تنش برشی، تغییرات طول و مدول یانگ قابل دریافت و تحلیل می‌باشد.

سیستم یکاها

سیستم یکای به کار رفته سیستم بین المللی SI بوده و تمامی مقادیر و نتایج بر اساس آن گزارش شده و در متن آورده شده است.

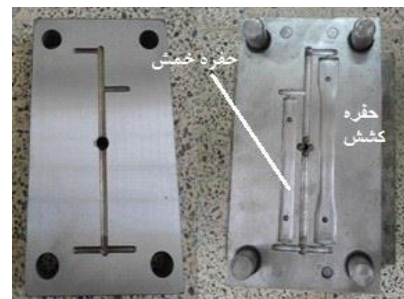
۳- نتایج و بحث در آنها

نتایج حاصله از آزمونها شامل میانگین مقادیر عددی بدست آمده از کرنش تسلیم حاصله از نمونه‌های ترکیب باگاس و پلی‌پروپیلن و نمونه‌های پلی‌پروپیلن خالص می‌باشند. نمودارها برای نمونه‌های دارای خط جوش و بدون خط جوش به طور جداگانه به وسیله نرم‌افزار اکسل تهیه شده‌است.

گرانول‌ها به مدت ۳ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد درون خشک کن قرار گرفتند تا کاملاً خشک شده و بدون رطوبت در دستگاه تزریق قرار گرفته تا در قالب تزریق شوند.



شکل ۴: قالب تزریق



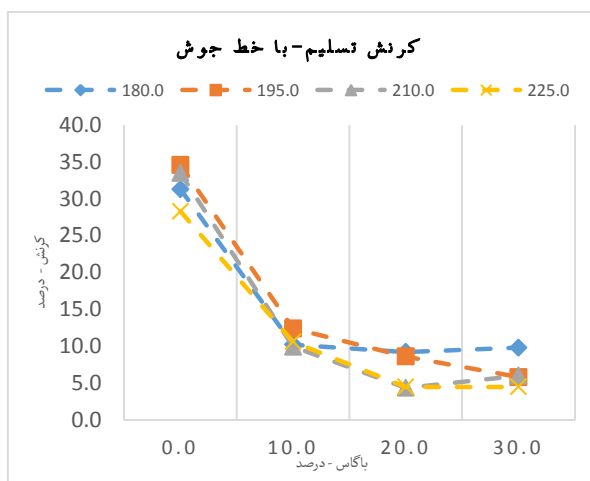
شکل ۵: حفره کشش

قالب

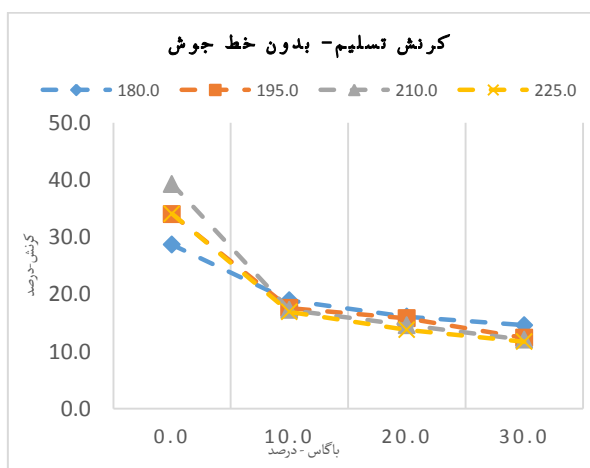
در شکل (۴) و شکل (۵) نمای داخلی قالب و اجزای تشکیل دهنده آن مشاهده می‌شود. جهت تولید نمونه‌های با خط جوش نیازی به ایجاد تغییرات در ساختار مجرای قالب نیست، مذاب پس از ورود به مجرای قالب از دو جهت بالا و پایین وارد حفره شده و با برخورد دو جبهه مذاب به یکدیگر، نمونه با خط جوش تشکیل می‌شود. برای تولید نمونه بدون خط جوش لازم است که یکی از مسیرهای حرکت مذاب به داخل حفره کشش قالب تزریق مسدود گردد بدین صورت نمونه تولیدی بدون خط جوش می‌باشد. تصویر نمونه‌ی تولید شده در شکل (۶) نشان داده شده‌است.



شکل ۶: نمونه تولید شده از ترکیب باگاس و پلی‌پروپیلن



شکل ۸: تغییرات کرنش تسلیم بر حسب درصد باگاس موجود در نمونه‌های با خط جوش



شکل ۹: تغییرات کرنش تسلیم بر حسب درصد باگاس موجود در نمونه‌های بدون خط جوش

همانطور که مشاهده می‌شود، به طور کلی میزان کرنش تسلیم در نمونه های دارای خط جوش مقدار کمتری در مقایسه با نمونه‌های بدون خط جوش دارد که نشان‌دهنده این موضوع بوده که خط جوش منجر به کاهش کرنش تسلیم قطعه می‌شود که دلیل آن نیز عدم پیوند ماتریس و الیاف و جهت گیری نامناسب الیاف در ناحیه خط جوش می‌باشد. هر چه اندازه الیاف بزرگتر باشد، در زمان رسیدن دو جبهه مذاب در خط جوش این جهت گیری نامناسب تر شده و کرنش قطعه در این ناحیه نیز کمتر خواهد بود. در تصویر (۱۰) که مربوط به تصویر برداری میکروسکوپی نوری با بزرگنمایی ۲۰۰ برابر در دو جهت عرض مقطع خط جوش می‌باشد می‌توان به هم رسیدگی دو جبهه جریان و چگونگی تشکیل خط جوش که عدم پیوند بین ماتریس و الیاف را در این ناحیه در پی دارد، مشاهده کرد.

تحلیل و بررسی نتایج استخراج شده از نمونه‌های با و بدون خط جوش انجام می‌شود و با نتایج مشابه بدست آمده در پژوهش‌های نزدیک به آن مقایسه خواهد شد.

جدول ۲: درصد کرنش تسلیم برای نمونه‌های با خط جوش

	میزان باگاس (درصد)			
	۳۰	۲۰	۱۰	۰
۱۸۰	۹.۸	۹.۲	۱۰.۲	۳۱.۳
۱۹۵	۵.۸	۸.۶	۱۲.۴	۳۴.۶
۲۱۰	۶.۰	۴.۳	۹.۹	۳۳.۵
۲۲۵	۴.۵	۴.۵	۱۰.۶	۲۸.۳

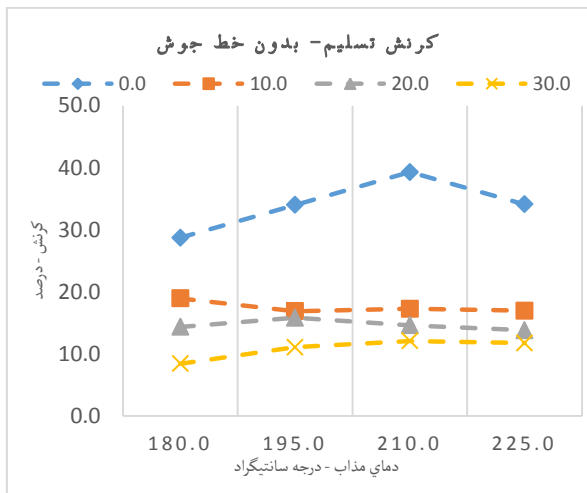
(۱۰) گیتینگ (۳) - با خط جوش

جدول ۳: درصد کرنش تسلیم برای نمونه‌های بدون خط جوش

	میزان باگاس (درصد)			
	۳۰	۲۰	۱۰	۰
۱۸۰	۱۴.۶	۱۶.۱	۱۸.۹	۲۸.۷
۱۹۵	۱۲.۴	۱۵.۸	۱۷.۶	۳۴
۲۱۰	۱۲.۱	۱۴.۶	۱۷.۳	۳۹.۳
۲۲۵	۱۱.۷	۱۳.۸	۱۶.۹	۳۴.۱

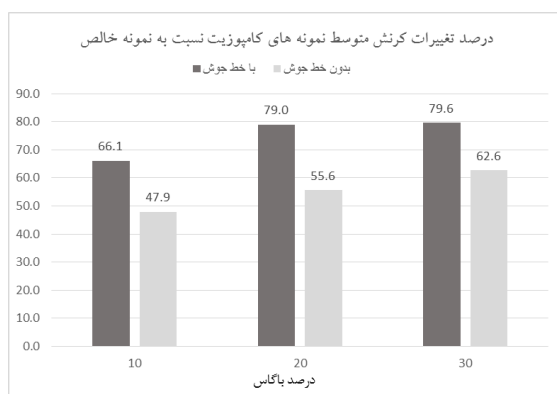
(۱۰) گیتینگ (۳) - بدون خط جوش

نتایج درصد کرنش تسلیم حاصل از آزمون کشش نمونه‌های با و بدون خط جوش در جداول (۲) و (۳) آورده شده است. در شکل‌های (۸) و (۹) روند تغییرات کرنش تسلیم بر حسب میزان باگاس موجود در نمونه‌ها در دماهای مذاب مختلف برای نمونه‌های با و بدون خط جوش مشاهده می‌شود. در تولید کامپوزیت‌های مورد استفاده در این تحقیق از الیاف کوتاه و پودر مانند باگاس استفاده شده که منجر به کاهش خواص مکانیکی ماده در حالت کلی می‌شود و بیشتر نقش پرکنندگی آن مدنظر بوده است.

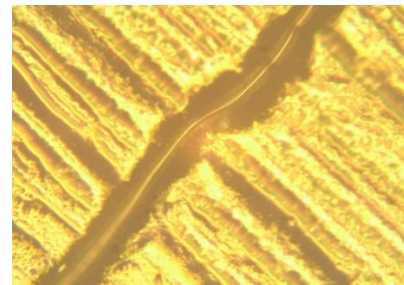


شکل ۱۲: تغییرات کرنش تسلیم بر حسب دمای مذاب در نمونه های بدون جوش

همانطور که مشاهده می شود کرنش نمونه های بدون باگاس (پلی پروپیلن خالص) با افزایش دمای مذاب به یک میزان بیشینه افزایش پیدا کرده سپس کاهش می یابد که این میزان بیشینه در حالت با خط جوش دمای ۱۹۵ درجه سانتی گراد (۱۷.۳ میلیمتر) و در حالت بدون خط جوش نیز در دمای مذاب ۲۱۰ درجه سانتی گراد (۱۹.۷ میلیمتر) رخ می دهد. برای نمونه های دارای باگاس همانطور که مشاهده می شود، تغییر دمای مذاب اثر محسوسی بر کرنش نمونه ها قبل از گسیختگی نداشته و این رفتار در هر دو حالت با و بدون خط جوش یکسان است. این نتیجه گیری را می توان به این موضوع نسبت داد که اثر تخریبی افزایش دمای مذاب بر ساختار باگاس و از طرفی اثر مثبت این افزایش دما بر اختلاط بهتر دو جبهه مذاب در خط جوش در مجموع تاثیر خالصی بر روند کرنش شکست قطعه نداشته و با تغییر دمای مذاب تغییر محسوسی را در میزان کرنش شکست قطعات نمی توان مشاهده کرد. ژاو و مالیک در پژوهش خود در سال ۲۰۱۴ [۴] مشاهده کردند که افزایش دمای مذاب پلی پروپیلن حاوی ذرات تالک منجر به کاهش ضخامت هسته و افزایش ضخامت پوسته در خط جوش می شود که منجر به کاهش کرنش تسلیم در قطعه می شود. درصد تغییرات کرنش متوسط نمونه های دارای باگاس نسبت به نمونه خالص نیز در شکل (۱۳) نشان داده شده است.



شکل ۱۳: درصد تغییرات کرنش متوسط نمونه های کامپوزیت نسبت به نمونه خالص

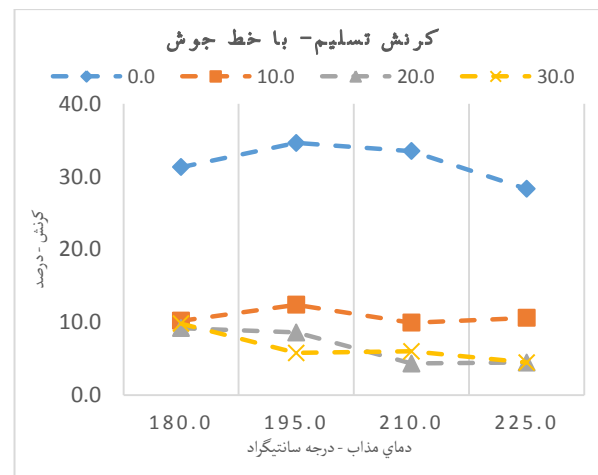


شکل ۱۰: تصویر میکروسکوپی نوری با بزرگنمایی ۲۰۰ برابر در جهت عرض مقطع خط جوش

سولیموسی و همکاران [۷] و مالیک و همکاران [۴] نیز در مشاهدات خود و باتوجه به نتایج بیان داشته اند که نمونه های کامپوزیت الیاف شیشه دارای خط جوش کرنش کمتری دارند و دلیل آن نیز جهت گیری نامناسب الیاف در ناحیه خط جوش می باشد.

همچنین مشاهده می شود که با افزایش درصد باگاس، کرنش تسلیم در هر دو مورد با و بدون خط جوش در تمامی دماهای مذاب اندازه گیری شده روند کلی کاهشی را از خود نشان می دهد که نتایج فیس و رهمانی [۱۰] برای حالت مشابه و نزدیک یعنی پلی پروپیلن تقویت شده با گلاس فایبر نیز نشان دهنده همین روند می باشد. بنابراین می توان نتیجه گرفت که بهتراست تولید قطعات ترکیبی در دمای پایین انجام شود.

در شکل های (۱۱) و (۱۲) نمودارهای کرنش تسلیم بر حسب دمای مذاب به ازای مقادیر مختلف ترکیب باگاس در دو حالت با و بدون خط جوش آورده شده است.



شکل ۱۱: تغییرات کرنش تسلیم بر حسب دمای مذاب در نمونه های با خط جوش

مراجع

۵- نتیجه گیری

هدف این تحقیق بررسی کرنش تحمل شده در قطعات قالبگیری تزریقی تولیدشده از ترکیب باگاس نیشکر و پلی پروپیلن با و بدون حضور خط جوش بود که به منظور آن باگاس نیشکر پس از اصلاح قلیایی با نسبتهای متفاوت با پلی پروپیلن ترکیب شد و برای سازگاری پلی پروپیلن با باگاس از مالئیک اسیداستفاده شد. سپس مواد توسط دستگاه قالبگیری تزریقی مخلوط و گرانولگیری انجام گرفت و از گرانولهای تهیه شده توسط قالب و دستگاه قالبگیری تزریقی، قطعات موردنظر تولید شدند. قطعات تحت آزمون کشش قرار گرفتند و نمودارهای کرنش نمونه قبل از گسیختگی بر حسب مقادیر مختلف باگاس موجود در کامپوزیت و همچنین دمای مذاب مختلف در هر دو حالت با و بدون خط جوش رسم و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

با توجه به نتایج بدست آمده، موارد زیر قابل نتیجه گیری هستند:

- وجود خط جوش در قطعه بدلیل عدم شکل گیری پیوند مناسب بین ماتریس و الیاف و همچنین جهت گیری نامساعد الیاف در ناحیه خط جوش منجر به کاهش کرنش قابل تحمل قطعات تولیدی می گردد.

- افزایش میزان باگاس به طور کلی کاهش میزان کرنش تسلیم را در هر دو حالت نمونه های دارای خط جوش و بدون خط جوش به دنبال دارد.

- در طراحی قطعات دارای پودر چوب، تا حد امکان باید طراحی قالب، قطعه، راهگاه و دریچه به گونه ای انجام شود که خط جوش تشکیل نگردد. در صورت اجبار به دلیل هندسه قطعه، از دمای مذاب بیشتر استفاده شود.

- باتوجه به هزینه پایین استفاده از پودر چوب و مزایای زیست محیطی، استفاده از این مواد با درنظر گرفتن خواص مکانیکی حاصل شده امکان پذیر بوده و پیشنهاد می گردند.

فهرست علائم

علائم انگلیسی

A	مساحت، m^2
P	نیرو، N
	علائم یونانی
σ	تنش، N/m^2
ϵ	کرنش

[۱] احمدی نژاد، ابراهیم، ۱۳۹۵، بررسی تجربی اثر درصد عامل جفت کننده و دمای مذاب بر استحکام کششی قطعات تولیدشده به روش قالبگیری تزریقی ترکیب باگاس/پلی پروپیلن، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مکانیک، دانشگاه آزاد دزفول.

[2] J. Kalus and J. K. J, Measuring deformation and mechanical properties of weld lines in short fiber reinforced thermoplastics using digital image correlation, Polymer Testing, pp. 44-53, 2014 .

[3] Y. Zhou and P. K. M, Effect of melt temperature and hold pressure on the weld-line strength of an injection molded talc-filled polypropylene, Journal of Composites, 2014.

[4] Y. Zhou and K. Mallick, Effects of temperature and strain rate on the tensile behavior of unfilled and talc-filled polypropylene, Polymer Engineering and Science, 2002.

[5] Malguarnera and Manisali, The effects of processing parameters on the tensile properties of weld lines in injection molded thermoplastics, Polymer Engineering and Science, 1990.

[6] C. L. Morelli, A. S. P. and J. A. S, Influence of hybridization of glass fiber and talc on the mechanical performance of polypropylene composites, Journal of Applied Polymer Science, pp. 3592-3601, 2009 .

[7] B. Solymossy and J. G. K., The examination of weld line properties in injection molded PP composites, Materials Science, Testing and Informatics, pp. 263-267, 2008.

[8] C. L. Morelli, J. A. d. S. and A. n. S. P., Assessment of weld line performance of pp/talc moldings produced in hot runner injection molds, Journal of Vinyl & Additive Technology, 2007 .

[9] Y. Zhou and P. M. Effects of melt temperature and hold pressure on the tensile and fatigue properties of an injection molded talc-filled polypropylene, Polymer Engineering and Science, 2005 .

[10] B. Fisa and M. Rahmani, Weld line strength in injection molded glass fiber-reinforced polypropylene, Polymer Engineering and Science, 1991.

[11] Y. Zhou and K. Mallick, Effects of temperature and strain rate on the tensile behavior of unfilled and talc-filled polypropylene, Polymer Engineering and Science, 2002 .