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 رضاوند [۲*]

[۱]کارشناسی‌ارشد، 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 پلی‌پروپیلن می‌باشد. 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 پلی‌پروپیلن با باگاس از مالئیک اسید با نسبت۳ 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 باتوجه به هزینه پایین استفاده از پودر چوب و مزایای زیست محیطی، استفاده از این مواد با درنظر گرفتن خواص مکانیکی حاصل شده امکان‌پذیر بوده و پیشنهاد می‌گردد.

* **عهده‌دار 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 عصاره‌گیری از نیشکر به صورت پسماند فیبری خشک و فشرده شده و به صورت قطعات ریز تراشه بدست می‌آید. باگاس دارای کاربردهای بسیار متنوعی می‌باشد زیرا علاوه بر سلولز موجود مقادیر زیادی مواد پروتئینی و قندی در آن وجود دارد که برای تولید انواع محصولات صنعتی مفید می‌باشد.

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 مرغداری ها، تولید فورفورال (ماده ای است که در روغن های صنعتی به کار می رود)، تولید انرژی (به عنوان سوخت نیروگاهها). رشد و مصرف کامپوزیتهای چوب – پلاستیک با توسعه ماشین‌آلات 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 می‌شد. اما سهم این قسمت همواره رو به افزایش است.

تولید به روش قالب‌گیری تزریقی با توجه به نرخ بالای تولید، زمان سیکل کوتاه و میزان کم ضایعات یکی از رایج‌ترین فرآیندهای تولید می‌باشد که با توجه به مزایایش استفاده ازآن در تولید کامپوزیتهای چوب پلاستیک به سرعت درحال افزایش است. با این حال، مدل سازی قطعات پیچیده که قالب آنها دارای راه گاه های متعدد و حفره های دارای ماهیچه می‌باشد، ممکن است مشکلاتی را بوجود آورد. یکی از نقایص مشاهده‌شده در این روش خط جوش می‌باشد. خط جوش هنگامی شکل می‌گیرد 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 می‌شود. 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 می‌توان 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

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-09-24]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1397.5.1.5.8]

الیاف دار باشد. با توجه به اینکه درمورد خط جوش ترکیب پلی‌پروپیلن و باگاس نیشکر مطلبی به ثبت نرسیده است، از پژوهش‌های انجام شده روی نزدیکترین مواد یعنی ترکیب پلی پروپیلن/الیاف شیشه و پلی‌پروپیلن/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 می‌کند. 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 اندازه‌گیری 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 گلویی شدن متفاوت است. با این حال الیاف تقویت کننده منجر به کاهش کرنش خط جوش به نسبت حالت بدون تقویت کننده شدند. نتایج یوآنزین 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 می‌گردد. در سال ۲۰۰۲ در پژوهشی ژاو و مالیک [۴] به مطالعه اثرات دما و نرخ کرنش بر رفتار کششی پلی‌پروپیلن تقویت‌شده با تالک و تقویت نشده پرداختند. قطعات تحت کشش تک محوره قرار گرفته و مشخص شد پلی‌پروپیلن پرشده با تالک و پر نشده در وابستگی به دما و نرخ کرنش یکسان عمل می‌کنند. مدول الاستیک و تنش تسلیم هر دو نمونه با افزایش دما و همچنین نرخ کرنش کاهش می‌یابد. پلی‌پروپیلن دارای تالک، خواص کششی بسیار متفاوتی را در جهت جریان تزریق به نسبت حالت عمود بر جهت جریان تزریق از خود نشان می‌دهد. در حالیکه اختلاف خواص کششی برای نمونه PP تقویت نشده در این دو جهت نسبتا کم می‌باشد. مانیسالی و مالگورنرا [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 علی‌رغم 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 ۲۰۰۹به بررسی اثر ترکیب سازی الیاف شیشه و تالک بر خواص مکانیکی کامپوزیت‌های پلی‌پروپیلن با و بدون خط جوش پرداختند. آنها بیان کردند که تقویت با الیاف باعث تولید کامپوزیت هایی با ناهمسانگردی بالا خواهدشد. اثرات منفی این ناهمسانگردی هنگامی که خط جوش در قطعه ایجاد می شود. نتایج نشان می دهد که ترکیب‌سازی الیاف شیشه با تالک برای استحکام خط جوش کامپوزیت موثر و مفید است به طوریکه اثر بهبودی قابل توجهی با بهینه‌سازی میزان ذرات در ترکیب‌سازی الیاف تقویت کننده قابل حصول و دستیابی است. نتایج سولیموسی و همکاران [۷] درسال۲۰۰۸ نشان دادند که دما و فشار نگهداری در حین فرآیند تزریق بر خواص ضربه‌ای و تسلیم اثری نمی‌گذارند. ولی اندازه الیاف بسیار در خواص مکانیکی این کامپوزیت‌ها اثر گذارند. با افزایش میزان الیاف، کرنش تسلیم کاهش می‌یابد. مقایسه نمونه‌های دارای خط جوش و بدون آن نشان دادند که خط جوش به میزان قابل توجهی کرنش تسلیم و خواص ضربه‌ای نمونه‌ها را کاهش می دهد که دلیل آن جهت گیری نامساعد الیاف در پشت خط جوش می‌باشد. نتایج مورلی و همکاران [۸] نشان داد که استحکام کششی پلی‌پروپیلن و تالک تحت تاثیر میزان تقویت‌کننده و شرایط فرآیندی (دما و سرعت تزریق) قرار داشته که بر جهت‌گیری اثر می‌گذارد. استحکام و کرنش کششی خط جوش به دما و نرخ تزریق بستگی داشته که اثر نرخ تزریق در دماهای تزریق پایین‌تر محسوس‌تر است. نتایج نشان می‌دهد که فاکتور اصلی اثرگذار بر کرنش ، جهت‌گیری ذرات تالک در صفحه خط جوش می‌باشد. 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 می‌شود.

نتایج بدست آمده در پژوهش حاضر نیز همانند کارهای پیشین نشان دهنده این موضوع هستند که خط جوش منجر به کاهش کرنش 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 تحمل شده توسط قطعه در این ناحیه نیزکمتر 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 پلی‌پروپیلن مخلوط نموده، سپس توسط دستگاه قالبگیری تزریقی مخلوط و گرانول‌گیری انجام شد. در نهایت از گرانول های تهیه شده توسط قالب و دستگاه قالبگیری تزریقی، قطعات موردنظر تولید شدندو 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 مورداستفاده، پلی‌پروپیلن خالص گرید Z30G ازمحصولات شرکت پتروشیمی مارون، مالئیک انیدرید پلی‌پروپیلن، 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 الک‌های مشخص به اندازه ۴۰ میکرون به پودر (آرد باگاس) (شکل ۱) تبدیل شده‌است.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-09-24]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1397.5.1.5.8]

شکل ۱: آرد باگاس الک شده

پارامترهای متغیر دراین تحقیق در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول۱: 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 ۳درصد 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 زمان۲ 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 خنثی‌سازی 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 (شکل۲) و سپس جهت آرد کردن ذرات باگاس از آسیاب سنگی برنج کوبی استفاده گردید. جهت مش‌بندی باگاس آرد شده از الک با اندازه مش۴۰ استفاده گردید و ذرات عبور داده شده جهت گرانول گیری استفاده شدند.

شکل۲: 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

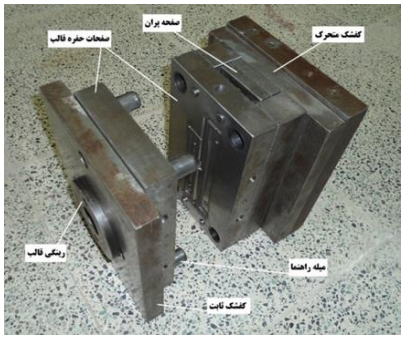
تولید گرانول

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 درابتدا بطور مجزا با یکدیگر مخلوط شده و ترکیب حاصل با استفاده از سیلندر و مارپیچ 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.

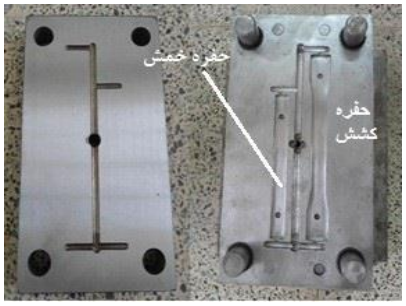
[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-09-24]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1397.5.1.5.8]

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



شکل ۴: قالب تزریق



شکل۵: حفره کشش

قالب

در شکل(۴)و شکل (۵) نمای داخلی قالب و اجزای تشکیل دهنده آن مشاهده می شود. جهت تولید نمونه-های با خط جوش نیازی به ایجاد تغییرات در ساختار مجراهای 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 می شود. 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 می باشد. تصویر نمونه‌ی تولید شده در شکل (۶) نشان داده شده‌است.

شکل۶: نمونه تولید شده از ترکیب باگاس و پلی پروپیلن

آزمون کشش

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

$$\sigma = \frac{P}{A} \qquad (۱)$$

برای انجام آزمایشات کشش از دستگاه مدل SANTAM STM-150 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 (شکل۷) 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 خواهدشد.

شکل۷: 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: ماکزیمم 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.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-09-24]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1397.5.1.5.8]

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.

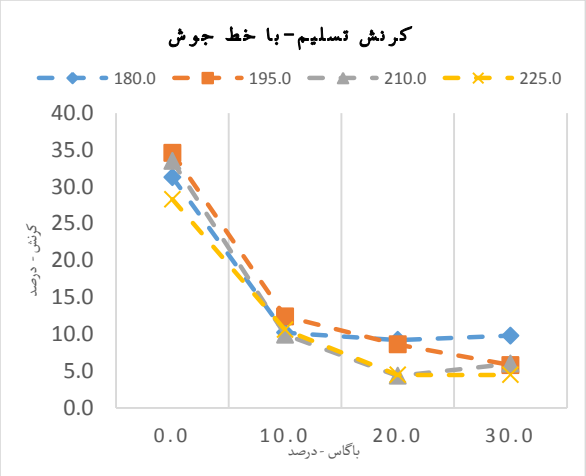
جدول۲: درصد کرنش تسلیم برای نمونه های با خط جوش

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

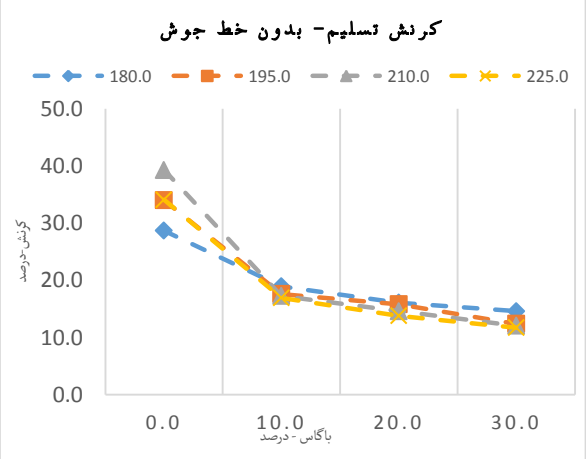
جدول۳: درصد کرنش تسلیم برای نمونه های بدون خط جوش

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

نتایج درصد کرنش تسلیم حاصل از آزمون کشش نمونه‌های با و بدون خط جوش در جداول(۲) و (۳) آورده شده است. درشکل‌های (۸) و (۹) روند تغییرات کرنش تسلیم بر حسب میزان باگاس موجود در نمونه ها در دماهای مذاب مختلف برای نمونه‌های با و بدون خط جوش مشاهده می شود. 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.



شکل۸: تغییرات کرنش تسلیم بر حسب درصد باگاس موجود در نمونه‌های با خط جوش

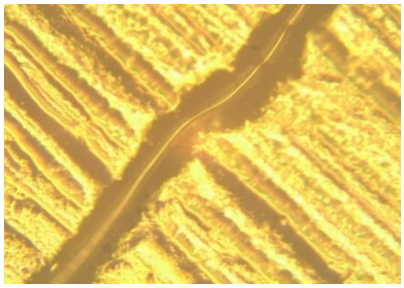


شکل۹: تغییرات کرنش تسلیم بر حسب درصد باگاس موجود در نمونه‌های بدون خط جوش

همانطور که مشاهده می شود، 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 نیزکمتر خواهد بود. در تصویر (۱۰)که مربوط به تصویر برداری میکروسکوپی نوری با بزرگنمایی ۲۰۰ برابر در دو جهت عرض مقطع خط جوش می باشد می‌توان بهم 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.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-09-24]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1397.5.1.5.8]

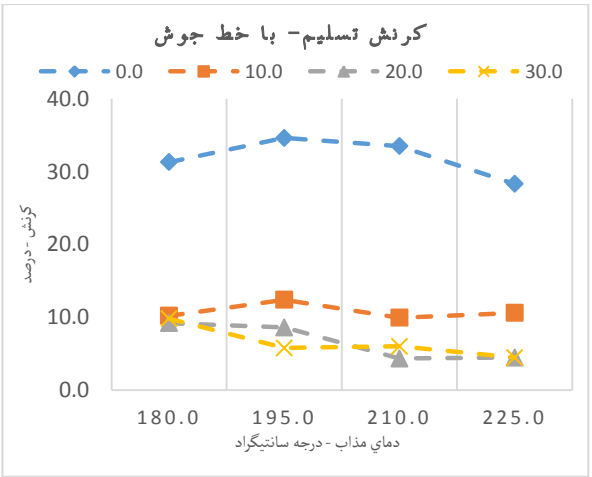


شکل۱۰: تصویر میکروسکوپی نوری با بزرگنمایی ۲۰۰ برابر در جهت عرض مقطع خط جوش

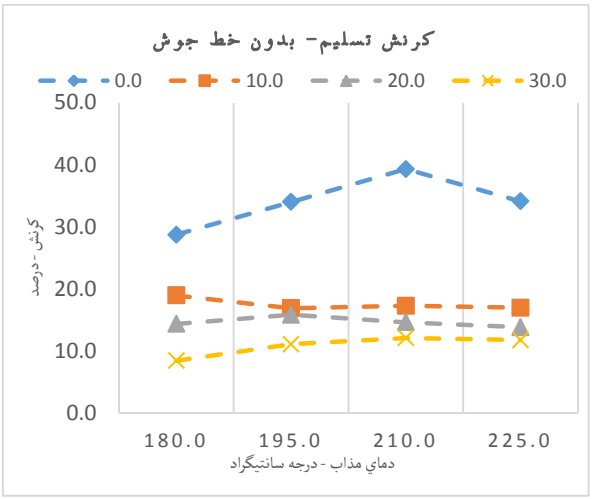
سولیموسی و همکاران [۷]و مالیک و همکاران[۴] نیز در مشاهدات خود و باتوجه به نتایج بیان داشته‌اند که نمونه‌های کامپوزیت الیاف شیشه دارای خط جوش کرنش کمتری دارند و دلیل آن نیز جهت‌گیری نامناسب الیاف در ناحیه خط جوش می‌باشد.

همچنین مشاهده می‌شود که با افزایش درصد باگاس، کرنش تسلیم در هر دو مورد با و بدون خط‌جوش در تمامی دماهای مذاب اندازه گیری شده روند کلی کاهشی را از خود نشان می دهد که نتایج فیسا و رهمانی [۱۰] برای حالت مشابه و نزدیک یعنی پلی پروپیلن تقویت شده با گلاس فایبر نیز نشان دهنده همین روند می باشد. بنابراین می‌توان 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.

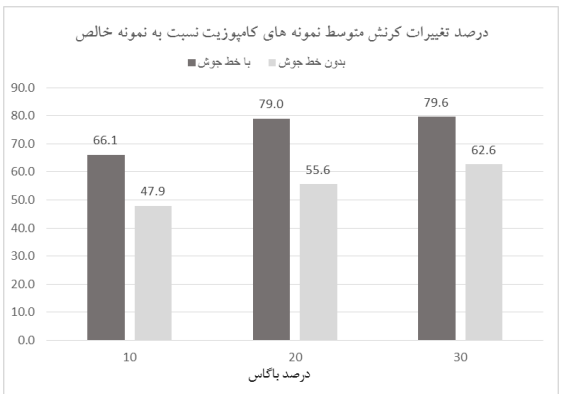


شکل۱۱: تغییرات کرنش تسلیم بر حسب دمای مذاب در نمونه‌های با خط جوش



شکل۱۲: تغییرات کرنش تسلیم بر حسب دمای مذاب در نمونه های بدون خط جوش

همانطور که مشاهده می‌شود کرنش نمونه‌های بدون باگاس (پلی‌پروپیلن 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 در 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 نمونه‌های دارای باگاس همانطور که مشاهده می‌شود، تغییر دمای مذاب اثر محسوسی بر کرنش نمونه‌ها قبل از گسیختگی نداشته و این رفتار در هر دو حالت با و بدون خط جوش یکسان است. این نتیجه‌گیری را می‌توان 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 نمی‌توان 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 می‌شود که منجر به کاهش کرنش تسلیم در قطعه می‌شود. درصد تغییرات کرنش متوسط نمونه‌های دارای باگاس نسبت به نمونه خالص نیز در شکل (۱۳) نشان داده شده‌است.



شکل۱۳: درصد تغییرات کرنش متوسط نمونه‌های کامپوزیت نسبت به نمونه خالص

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-09-24]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1397.5.1.5.8]

۵- نتیجه‌گیری

هدف این تحقیق بررسی کرنش تحمل شده در قطعات قالبگیری تزریقی تولیدشده از ترکیب باگاس نیشکر و پلی‌پروپیلن با و بدون حضور خط جوش بود که به منظورآن باگاس نیشکر پس از اصلاح قلیایی با نسبتهای متفاوت با پلی پروپیلن ترکیب شد وبرای سازگاری پلی‌پروپیلن با باگاس از مالئیک اسیداستفاده شد. سپس مواد توسط دستگاه قالبگیری تزریقی مخلوط و گرانولگیری انجام گرفت وازگرانول‌های 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 می‌گردد.

- 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 گونه‌ای انجام شود که خط‌جوش 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 امکان‌پذیر بوده و پیشنهاد می‌گردند.

فهرست علائم

علائم انگلیسی

A	مساحت، m^2
P	نیرو، N

علائم یونانی

σ	تنش، N/m^2
ε	کرنش

مراجع

[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/پلی‌پروپیلن، 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 .

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-09-24]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1397.5.1.5.8]