



مطالعه شبیه‌سازی و تجربی بالанс جریان در قالب‌های تزریق پلاستیک چند حفره‌ای

مهندی صادقی^۱, عباس ذوالفقاری^{۲*}, حمید باصری^۳

- ۱- کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، بابل
 ۲- استادیار، مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، بابل
 ۳- دانشیار، مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، بابل
 * بابل، صندوق پستی ۴۸۴، zolfaghari@nit.ac.ir

چکیده

مسئله مهم در طراحی قالب‌های چند حفره‌ای، بالанс جریان بین حفره‌ها است. هر انحراف در پر شدن نابالанс حفره‌ها مشکلاتی را در فرآیند تزریق و کیفیت قطعات تزریق پلاستیک ایجاد می‌کند. در این مقاله، بالанс جریان در یک قالب تزریق پلاستیک هوای حفره‌ای با جمجمه نابرابر (به اصطلاح قالب‌های خانوادگی معروف هستند) بررسی شده است. نرم‌افزار مولدفلو برای پیش‌بینی فاز پر شدن قالب به کار گرفته شد. قطعه‌های راهگاه‌هایی مربوط به هر حفره برای دست‌یابی به یک جریان بالанс تقطیم شد. بالанс جریان بوسیله قالب‌گیری تزریقی با شات کوتاه و اندازه‌گیری وزن هر حفره ارزیابی شد. پلی اتیلن سنتیک به عنوان ماده پلاستیک در این تحقیق استفاده شد. نتایج نشان داد که انطباق خوبی بین شبیه‌سازی و تجربی وجود دارد. همچنین، در این مقاله قطر یکی از راهگاه‌ها در حین قالب‌گیری تزریقی می‌تواند به وسیله قرارگیری یک اینسروت در راهگاه موردنظر تغییر یابد. اثر بالанс جریان روی خواص کششی قطعات تزریق شده بررسی شد. نتایج آزمون کششی نشان داد که قطعات بدست آمده از قالب بالанс استحکام کششی و تغییر طول تا نقطه شکست بالاتری به ترتیب ۱۴% و ۱۸% نسبت به قالب نابالанс دارند. اندازه‌های قطعات تزریق شده اندازه‌گیری شد. این نتیجه به دست آمد که اختلافی بین انقباض نمونه‌های بدست آمده از قالب بالанс و نابالанс مشاهده نشد.

اطلاعات مقاله

مقاله پژوهشی کامل	1395 دی 26
پذیرش: 26 اسفند 1395	ارائه در سایت: 03 اردیبهشت 1396
کلید واژگان:	
قالب چند حفره‌ای	راهگاه
بالанс جریان	شات کوتاه
	آزمون کشش

An experimental and simulation study of flow balance in multi-cavity plastic injection molds

Mehdi Sadeghi, Abbas Zolfaghari*, Mehdi Sadeghi

Mechanical Engineering, Babol Noshirvani University of Technology, Babol, Iran
 * P.O.B. 484, Babol, Iran, zolfaghari@nit.ac.ir

ARTICLE INFORMATION

Original Research Paper
 Received 15 January 2017
 Accepted 16 March 2017
 Available Online 23 April 2017

Keywords:
 Multi-cavity mold
 Runner
 Flow balance
 Short shot
 Tensile test

ABSTRACT

The main concern in the design of multi-cavity molds is flow balance between cavities. Any departure in flow balancing of the cavities can result in difficulties in processing and quality of injected parts. In this paper, flow balance in a two-cavity plastic injection mold with different sizes (or family-cavity mold) was investigated. Moldflow software was implemented to predict the filling phase through the cavities. Diameters of runners related to each cavity were adjusted to attain a balanced flow. Evaluation of the flow balance was conducted by injection molding as short-shot and measuring the weight of each cavity. A high density polyethylene (HDPE) was applied as plastic material in this research. Good agreement was observed between experimental and simulation results. Moreover, in this paper one of the runners could be resized while injection molding via an insert located in the mold. The effect of flow balance on the tensile properties of the injection molded specimens was investigated. The results indicated that the parts obtained from the balanced mold exhibit a higher tensile strength and elongation at break up to 14% and 18%, respectively. The dimensions of injected parts were measured. It was found that there are not any differences between the shrinkage of specimens obtained by balanced and unbalanced mold.

مهمترین عاملی که در قالب‌های چند حفره‌ای می‌باشد رعایت شود بالанс^۱ (تعادل) جریان بین حفره‌ها است. بدین معنی که تمامی حفره‌ها می‌باشد در یک زمان مشابه با مذاب پلاستیک پر شوند. یک جریان بالанс شده بین حفره‌ها فشرده‌گری بیش از اندازه در یک حفره را حذف می‌کند. اگر حفره‌ای نسبت به سایر حفره‌ها بیش از اندازه تحت فشار مذاب قرار گیرد امکان ایجاد پلیسیه در خط جدایش، بیشتر شدن تنش‌های پسماند و تغییر اندازه قطعه

طرابی قطعات و قالب‌های تزریق پلاستیک به دلیل برخی ملاحظات مانند هزینه، الزامات کارکردی قطعه و نرخ تولید فرآیندی پیچیده می‌باشد. در صنعت تزریق پلاستیک، از قالب‌های چند حفره‌ای برای افزایش تیرايش تولید و بهره‌وری استفاده فراوانی می‌شود. اما مشکلی که در این نوع قالب‌ها وجود دارد این است که حفره‌های نزدیک‌تر به اسپرو به دلیل این که طول جریان کمتری دارند زودتر پر می‌شود در حالی که حفره‌های دیگر هنوز پر نشده‌اند.

¹ Balance

برای ارجاع به این مقاله از عبارت ذیل استفاده نمایید:

M. Sadeghi, A. Zolfaghari, M. Sadeghi, An experimental and simulation study of flow balance in multi-cavity plastic injection molds, *Modares Mechanical Engineering*, Vol. 17, No. 4, pp. 285-289, 2017 (in Persian)

مشخصات کششی قطعات بررسی شده است.

2- شبیه‌سازی، طراحی و ساخت قالب

یک قالب خانوادگی دو حفره‌ای برای آزمایش‌ها ساخته شد. نمونه‌های کششی و خمی براساس استانداردهای موجود^۶، مانند "شکل 1" در نظر گرفته شدند. اختلاف حجم بین این دو نمونه^۳ ۳۸۷۵۷ mm^۳ است. همان‌طوری که قبل‌تر بیان شد حفره مربوط به نمونه کششی دیرتر پر می‌شود. فازهای مختلفی مانند پر شدن، فشردگی و خنک‌کاری را می‌توان با مولدفلو شبیه‌سازی نمود. اما ارزیابی بالانس جریان در حفره‌ها در فاز پرشدن اهمیت داشته و بنابراین در مقاله حاضر فقط فاز پرشدن بررسی می‌شود.

پیکربندی طراحی قالب شامل اسپرو، راهگاه، دریچه و کانال‌های خنک کاری در "شکل 2" نشان داده شده است.

در این قالب، از دریچه‌لبهای استفاده شده است. طول دریچه ۱ mm، ضخامت و پهنای دریچه به ترتیب از روابط $w = n\sqrt{A}/30$ و $h = nt$ به دست می‌آید. در این روابط t و A به ترتیب ضخامت و مساحت سطح کلی قطعه می‌باشد. n یک عدد ثابت مربوط به نوع ماده است که برای پلی‌اتیلن ۰.۶ در نظر گرفته می‌شود^[۶]. از آن جایی که حفره مربوط به نمونه کشش دارای ضخامت و سطح بزرگتر است، بنابراین دریچه مربوط به آن حفره نیز ابعاد بزرگتری دارد. این ابعاد بزرگتر به بالانس جریان کمک می‌کند اما به اندازه کافی نیست. یک پلی‌اتیلن چگالی بالا با نام تجاری آلاتون^۷ برای مطالعات شبیه‌سازی استفاده شد. شاخن جریان مذاب آن ۱۸ gr/10 min در

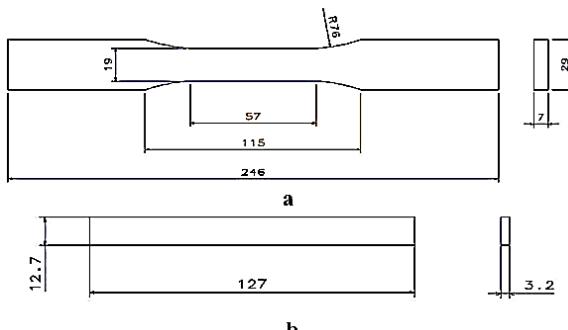


Fig. 1 Dimensions of cavities: a) tensile, b) bending test specimens (all in mm)

شکل 1 اندازه حفره‌ها: نمونه‌های آزمون (a) کشش، (b) خمش (ابعاد به میلی‌متر هستند)

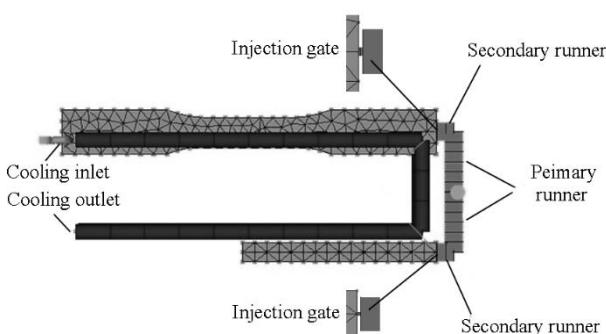


Fig. 2 Layout of the mold

شکل 2 چیدمان قالب

⁶ ASTM D638 (type III) & ASTM D790

⁷ Alathon H5618

نسبت به سایر حفره‌ها وجود دارد [۱]. یک روش بالانس کردن جریان تنظیم نمودن طول جریان برابر برای هر حفره است. قالبی با این نوع آرایش قرارگیری حفره‌ها، قالب بهصورت طبیعی بالانس شده نام‌گذاری شده است. عیب این نوع قالب اتلاف زیاد راهگاه‌ها در مقایسه با قطعات است. همان‌طوری که از نام آن دریافت می‌شود این قالب‌ها بهطور ذاتی بالانس هستند و نوع پلاستیک و شرایط فرآیندی نمی‌بایست بر بالانس آن‌ها تاثیر بگذارد. اما کیم و همکاران [۲] پارامترهای مختلفی مانند سرعت تزریق، اثرات انتقال حرارت و گرمایش ویسکوز^۱ را روی بالانس این دسته از قالب‌ها بررسی کردند. نتایج نشان داد که با تغییر پارامترها حتی قالب طبیعی بالانس شده نیز دچار نابالانسی می‌شود. آنان گرمایش ویسکوز و انتقال حرارت را عاملی بر نابالانس شدن جریان توضیح دادند. علاوه‌بر بالانس جریان در قالب‌های چند حفره‌ای، برای قالب‌های تک حفره‌ای نیز مسئله بالانس وجود دارد. مذاب در این قالب‌ها می‌بایست در یک زمان مشخص به تمامی نقاط انتهایی قالب برسد. سو و لام^۲ [۳] بالانس جریان را در یک قالب تک حفره‌ای با استفاده از هدایت کننده‌های جریان و بهینه‌سازی حرارت دریچه تزریق بررسی کردند.

raiging ترین روش برای بالانس کردن جریان قالب چند حفره‌ای تنظیم کردن قطر راهگاه است. قطر راهگاه حفره‌های دورتر از اسپرو می‌بایست دارای قطر بزرگتری باشند تا مقاومت در برابر جریان مذاب کاهش یابد. به این روش بالانس کردن راهگاه^۳ می‌گویند. قطرهای راهگاه‌ها در صنعت به‌وسیله سعی و خطا تنظیم می‌شوند. با گسترش روش‌های نرم‌افزاری، نحوه پر شدن قالب را می‌توان با استفاده از نرم‌افزار مولدفلو^۴ شبیه‌سازی نمود. کارهای تحقیقاتی زیادی در زمینه بالانس کردن راهگاه انجام شده است. زای و همکاران [۴] از الگوریتم ژنتیک برای تعیین قطر راهگاه‌ها و نحوه چیدمان آن‌ها در قالب استفاده کردند. الام و کمال [۵] از یک الگوریتم ژنتیکی استفاده کردند تا تابع هدف را بهینه نمایند. این تابع، مینیمم کردن تغییرات انقباض را به عنوان تابع هدف در نظر گرفت.

دسته دیگری از قالب‌های چند حفره‌ای به نام قالب خانوادگی^۴ وجود دارد. همه حفره‌ها در این قالب در اندازه و شکل یکسان نیستند. این قالب‌ها در صنایع مختلفی مخصوصاً در ساخت اسباب بازی‌ها به کار برده می‌شود. در این قالب همه قطعات یک محصول با یک قالب و در یک شات تزریق تولید می‌شود. بنابراین، بهره‌وری بالاتر و هزینه پایین‌تر از جمله مزیت‌های قالب خانوادگی است. با توجه به این که حجم هر حفره یکسان نیست، بالانس کردن جریان ضروری می‌باشد. بالانس جریان در این قالب‌ها به کمک تنظیم قطر راهگاه انجام می‌شود. به‌طوری‌که قطر راهگاه‌های متصل به حفره بزرگ‌تر می‌بایست بزرگ‌تر باشد. با استفاده از تحلیل بالانس شده برای قالب‌های چند حفره‌ای نرم‌افزار مولدفلو می‌توان به جریانی بالانس شده برای قالب‌های چند حفره‌ای رسید [۱]. تاکنون هیچ‌کار تحقیقاتی توسط نویسنده‌گان مشاهده نشده است. اکثر قالب‌های چند حفره‌ای برای قطعات یکسان طراحی شده‌اند. بنابراین، در این مقاله یک قالب خانوادگی با دو حفره به منظور بالانس جریان با تنظیم قطرها طراحی، ساخته و سپس تزریق شده است. توسط آزمایش‌های تجربی مقدار تعادل جریان بررسی شده است. همچنین اثر بالانس جریان بر روی

¹ Viscous heating

² Runner balancing

³ Moldflow

⁴ Family mold

⁵ Runner balancing

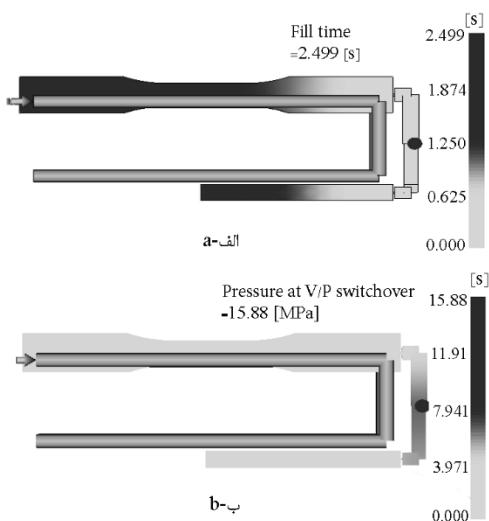


Fig. 4 Representation of contours a) filling and b) pressure in balanced mold

شکل 4 نمایش کانتورهای (الف) پر شدن و (ب) فشار در قالب بالانس

پکسان شود [8,7]. دو اینسرت با قطرهای 10.89 mm و 9.16 mm در این تحقیق استفاده شده که در راهگاه بزرگتر قرار می‌گیرد. با استفاده از اینسرت اول قالب به صورت بالانس شده عمل کرده و در صورتی که قالب نابالانسی مدنظر باشد از اینسرت دومی استفاده می‌شود. "شکل 5" صفحه حفره، دو اینسرت و شماتیکی از نصب اینسرت‌ها را در راهگاه نشان می‌دهد.

3-آزمایش‌ها

یک دستگاه ماشین تزریق پلاستیک با نیروی قفل 86 تن در این تحقیق استفاده شده است. از بین مواد موجود در بازار ایران، پلی اتیلن با چگالی بالا ساخته شده توسط پتروشیمی ارک مورد استفاده قرار گرفت. این پلاستیک دارای شاخص جریان مذاب gr/10 min 20 است که مشابه با پلاستیک استفاده شده در شبیه‌سازی‌ها می‌باشد. از آزمایش‌های ابتدایی، دمای مذاب و قالب به ترتیب 35 MPa و 50 °C، فشار ترق و نگهداری 35 °C و زمان

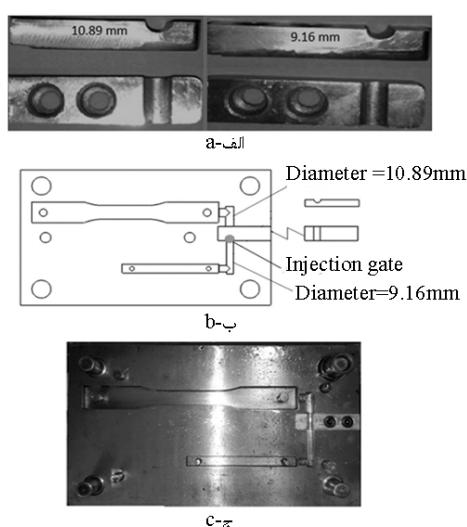


Fig. 5 The manufactured a) inserts b) cavity plate and c) installation method of inserts

شکل 5 (الف) اینسرت‌ها، (ب) صفحه حفره و (ج) روش نصب اینسرت‌ها

³ HDPE5620EA

دمای 190 °C براساس استاندارد¹ می‌باشد. دمای مذاب 220 °C، دمای سطح قالب 30 °C و دبی حجمی 27.6 cm³/s مطابق با پیشنهاد تامین کننده مواد در مولدفلو تنظیم شد. همان‌طوری که در "شکل 2" نشان داده شده است، چیدمان راهگاه قالب از دو بخش اصلی و فرعی تشکیل شده است. در ابتدا، قطرهای هر دو راهگاه 12 mm در نظر گرفته شد. "شکل 3" نتایج پر شدن هر دو حفره را نشان می‌دهد. همان‌طوری که در "شکل 3-a" نشان داده شده است حفره کوچک‌تر پر شده در حالی که حفره بزرگتر در حال پر شدن است. اختلاف در انتهای تزریق نشان داده شده است. اختلاف فشار بین دو حفره 4.4 MPa است. برای دست‌یابی به یک قالب بالانس اختلاف فشار بین دو حفره می‌باشد بسیار ناچیز باشد. روش پیشنهادی برای بالانس جریان اختصاص دادن راهگاه با مقطع بزرگتر برای حفره بزرگتر است. مولدفلو می‌تواند به صورت خودکار قطر مناسب راهگاه برای هر حفره را جستجو نماید. برای استفاده کردن از تحلیل بالانس جریان در مولدفلو یک فشار 18 MPa تنظیم شد. فشار تزریق است می‌باشد مشخص شود. این فشار بین دو حفره می‌تواند قطرهای راهگاه به دست آمده بوسیله مولدفلو برای حفره‌های کوچک و بزرگ به ترتیب 9.16 mm و 10.89 mm باشد. "شکل 4-a" نشان می‌دهد که با این راهگاه‌ها حفره‌ها در یک زمان پر می‌شوند. در "شکل 4-b" مشاهده می‌شود که اختلاف فشار در پایان تزریق 0.1 MPa است.

با استفاده از قطرهای راهگاه به دست آمده، قالب تزریق ساخته شد. به عنوان یک نوآوری در طراحی، قالب طوری ساخته شده است که بتوان جریان نابالانس را با آن به وجود آورد. به این منظور یک اینسرت² در راهگاه بزرگتر قرار گرفته شد تا به صورت موضعی قطر راهگاه را کاهش دهد. شکل پروفیل سرعت در کاتالالوگ قالب تزریق به رئولوژی مذاب پلاستیک وابسته است. بنابراین تغییر دادن مذاب پلاستیک می‌تواند بالانس قالب را بر هم بزند. از طرفی با همین روش می‌توان قالب تزریق را برای محدوده وسیعی از مواد پلاستیکی به کار برد. مکانیزم مشابهی برای قالب‌های اکستروژن پلاستیک نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد تا به صورت موضعی در خروجی دای سرعت مواد

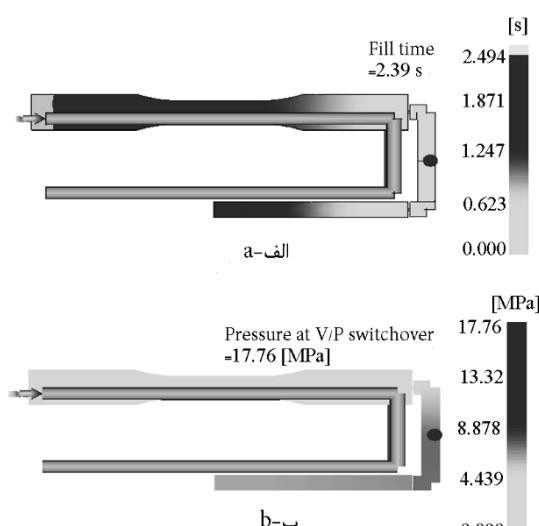


Fig. 3 Representation of contours a) filling and b) pressure in unbalanced mold

شکل 3 نمایش کانتورهای (الف) پر شدن و (ب) فشار در قالب نابالانس

¹ ASTM D1238

² Insert

مقایسه بین نتایج تجربی و شبیه‌سازی در حالت شات کوتاه 56% انجام شده است. "شکل‌های 8 و 9" این مقایسه را برای نتایج تجربی و شبیه‌سازی به ترتیب برای قالب‌های بالانس و نابالانس نشان می‌دهد.

شکل‌ها نشان می‌دهد که تطابق خوبی بین نتایج شبیه‌سازی و تجربی حاصل شده است.

مشخصات کششی نمونه‌های بالانس و نابالانس در جدول 2 نشان داده شده است. یک نمونه از منحنی تنش-کرنش نیز در "شکل 10" نشان داده شده است. نمونه‌های تزریق شده از یک قالب بالانس نسبت به نمونه‌های به دست آمده از یک قالب نابالانس استحکام و چقرمگی بالاتری دارند. استحکام کششی و تغییر طول تا نقطه شکست آن‌ها حدود 14% و 18% بیشتر است. از طرفی مساحت سطح زیر نمودار تنش-کرنش نشان‌دهنده مقدار جذب انرژی قطعه می‌باشد. این مساحت برای قطعه بالانس حدود 40% بالاتر از قطعه نابالانس است.

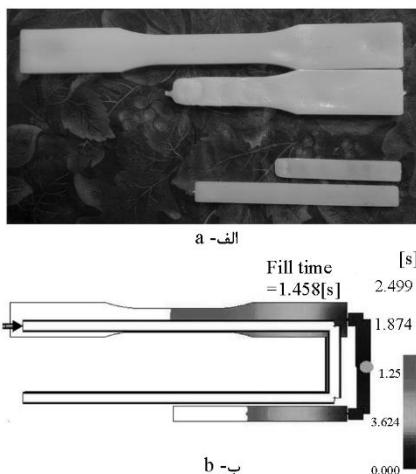


Fig. 8 Comparison between a) experimental and b) simulation results at short-shot 56% in balanced mold

شکل 8 مقایسه بین نتایج (الف) تجربی و (ب) شبیه‌سازی در شات کوتاه 56% در قالب بالانس

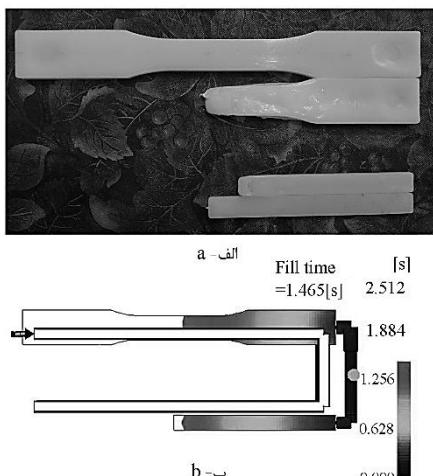


Fig. 9 Comparison between a) experimental and b) simulation results at short-shot 56% in unbalanced mold

شکل 9 مقایسه بین نتایج (الف) تجربی و (ب) شبیه‌سازی در شات کوتاه 56% در قالب نابالانس

اعمال فشار نگهداری 90 ثانیه انتخاب شد. برای ارزیابی بالانس جریان، از آزمون‌های شات کوتاه استفاده شد. سیلندر دستگاه تزریق تا 56% کل حجم آن پر می‌شود. سپس، وزن حفره‌هایی که به طور جزئی پر شده اند اندازه‌گیری می‌شود. در این مقاله وزن قطعه جزئی پر شده به کامل پر شده وزن نسبی نامیده شده است. اگر وزن‌های نسبی حفره‌ها یکسان باشد، بنابراین قالب بالانس است. نمونه‌های غیربالانس از قرار دادن اینسروت 9.16 mm به دست می‌آید. بنابراین دو دسته از آزمایش‌ها با دو اینسروت انجام شده است. در این تحقیق همچنین آزمون‌های کششی روی نمونه کششی بهمنظور بررسی اثر بالانس روی خواص کششی انجام شده است. یک ماشین آزمون کشش سنتام 50 mm/min kg 500 مورد استفاده قرار گرفت. سرعت کشش گرفت. سرعت کشش 50 mm/min تنظیم شده است. از هر آزمایش سه قطعه تولید شد که میانگین و انحراف معیار آن‌ها در نتایج آورده شده است. "شکل 6" یک نمونه شکسته شده تحت آزمون کشش را نشان می‌دهد.

4-نتایج و بحث

نمونه‌های به طور کامل تزریق شده در "شکل 7" نشان داده شده است. وزن نمونه‌های کشش و خمش به ترتیب 36 و 4 گرم اندازه‌گیری شده است. وزن نسبی مربوط به دو دسته از آزمایش‌ها در جدول 1 آمده است. همان‌طوری که مشخص است در حالت بالانس، مقدار درصد وزن نسبی برای هر حفره یکسان و به مقدار 50% اندازه گیری شد. اختلاف شش درصدی بین شات کوتاه و مقدار اندازه‌گیری شده، مربوط به حجم اسپرو و راهگاه می‌باشد. در حالت نابالانس مشخص است که نمونه خمشی زودتر پر می‌شود.



Fig. 6 Tensile test

شکل 6 آزمون کشش



Fig. 7 Full-shot specimens

شکل 7 نمونه‌های به طور کامل پر شده

جدول 1 وزن نسبی نمونه‌ها

Table 1 The relative weights of the specimens

آزمایش	قطر راهگاه ایسرتی	وزن نسبی نمونه	وزن نسبی نمونه
	کششی٪	%	خمشی٪
1 (قالب بالانس)	50	50	10.89
2 (قالب نابالانس)	75	44	9.16

درستی بالانس کند. همچنین مکانیزم عمل اینسرت قرار داده شده در راهگاه بزرگتر نشان داد که می‌تواند روی بالانس جریان تاثیر بگذارد. استحکام کششی، تغییر طول تا نقطه شکست و جذب انرژی با استفاده از بالانس کردن بهبود می‌یابد. این می‌تواند به ساختار داخلی نمونه‌ها بر گردد. به هر حال، تحقیقات بیشتری در این رابطه نیاز است. نتایج این تحقیق به طور واضح نشان می‌دهد که بالانس جریان در قالب‌های چند حفره‌ای بر روی خواص کششی قطعات اثرگذار است. موردی که تاکنون تحقیقی بر روی آن گزارش نشده است.

6- مراجع

- [1] I. W. M. Chan, M. Pinfold, C. K. Kwong, W. H. Szeto, A review of research, commercial software packages and patents on family mould layout design automation and optimisation, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 57, No. 1, pp. 23-47, 2011.
- [2] J. Kim, S. Ahn, S. V. Atre, S. J. Park, T. G. Kang, R. M. German, Imbalance filling of multi-cavity tooling during powder injection molding, *Powder Technology*, Vol. 257, pp. 124-131, 2014.
- [3] L. W. Seow, Y. C. Lam, Optimizing flow in plastic injection molding, *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 72, No. 3, pp. 333-341, 1997.
- [4] M. Zhai, Y. C. Lam, C. K. Au, Runner sizing in multiple cavity injection mould by non-dominated sorting genetic algorithm, *Engineering with Computers*, Vol. 25, No. 3, pp. 237-245, 2009.
- [5] K. Alam, M. R. Kamal, Runner balancing by a direct genetic optimization of shrinkage, *Polymer Engineering & Science*, Vol. 44, No. 10, pp. 1949-1959, 2004.
- [6] R. G. W. Pye, *Injection Mold Design*, New York: Longman Scientific & Technical, pp. 169-170, 1988.
- [7] A. Zolfaghari, A. H. Behravesh, A. Adli, M. T. Sarabi, Continuous glass fiber reinforced wood plastic composite in extrusion process: Feasibility and processing, *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, Vol. 32, No. 1, pp. 52-60, 2013.
- [8] A. Zolfaghari, A. H. Behravesh, E. Shakouri, E. Soury, Flow balancing in die design of wood flour/HDPE composite extrusion profiles with consideration of rheological effect, *Polymer Engineering & Science*, Vol. 50, No. 3, pp. 543-549, 2010.

جدول 2 نتایج آزمون کشش

Table 2 Results of tensile test

آزمایش	استحکام کششی (MPa)	تغییر طول تا نقطه شکست %
1	18±1	24.5±0.5
2	16±0.3	21.5±2.2

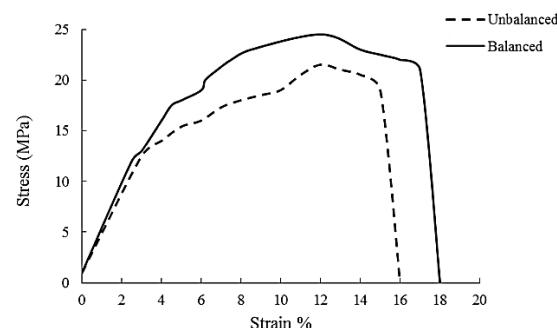


Fig. 10 Stress-strain curve in tensile test

شکل 10 منحنی تنش-کرنش در آزمون کشش

انقباض قطعات نیز بررسی شد. اما تفاوتی بین قطعات در حالت بالانس و نابالانس وجود نداشته است. یکی از دلایل این را می‌توان به نوع پلاستیک مورد استفاده شده در این تحقیق که دارای انعطاف‌پذیری بالایی است، نسبت داد. به عنوان پیشنهاد تحقیق می‌توان آزمایش‌ها با این قالب را برای مواد دیگر مانند پلاستیک‌های پرشده و یا تقویت شده با الیاف توسعه داد.

5- نتیجه‌گیری

یک بررسی شبیه‌سازی و تجربی روی بالانس جریان در یک قالب تزریق خانوادگی با دو حفره انجام شد. بالانس با روش تنظیم کردن قطر راهگاه‌ها توسط نرم‌افزار مولدفلو انجام شد. مقایسه نتایج تجربی و شبیه‌سازی نشان داد که نرم‌افزار مولدفلو می‌تواند قالب‌های چند حفره‌ای با حجم‌های نابرابر را به