



University of Tehran
Aras International Campus

المؤتمر الدولي الثالث لتكنولوجيا و علوم النانو 3rd International Conference on Researches in Nanotechnology & Nanoscience

جامعه طهران، ایران
University of Tehran, Iran

بررسی جذب انرژی سازه لانه زنبوری مدرج پلیمری با استفاده از روش تجربی در مهندسی پزشکی

محمد هادی مظاهری تهرانی^۱، بهزاد کریم خانی^۲، سید علی گله داری^{۳*}، مریم ماهوری بنی^۴

- ۱- گروه مهندسی مکانیک، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، اصفهان، ایران.
 - ۲- گروه مهندسی مکانیک، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، اصفهان، ایران.
 - ۳- گروه مهندسی مکانیک، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، اصفهان، ایران.*
 - ۴- گروه مهندسی مکانیک، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، اصفهان، ایران.
- *نویسنده مسئول: ali.galehdari@pmc.iaun.ac.ir

چکیده

امروزه در زمینه‌های مختلف صنعتی، ارگونومی و مهندسی پزشکی مثل ساخت کلاه ایمنی جاذب-های انرژی نقش بسیار تاثیرگذاری دارند. از همین روی، قرار دادن یک پروفیل با شکل و جنس مناسب و ایجاد جاذب های سبک از جمله ساختار لانه زنبوری برای این زمینه‌ها میتواند این نیاز را تا حد زیادی مرتفع کند، بخصوص در مهندسی پزشکی که در آن هدف ساخت وسایل است که در مبحث بیومکانیک بتواند از ضربات جلوگیری کند و از نظر بایومتریشال نیز با جنس مناسب بتوان از ضربه ها یا فشارهای نامناسب و حتی بارهایی که به بدن وارد می شود جلوگیری کرد. با معرفی سازه‌های لانه زنبوری میتوان به جاذب انرژی بودن آن اشاره کرد تا کنون این سازه‌ها با ابعاد متفاوت با موادی مختلف و در کاربردهای مختلف مورد بررسی و تحقیق و ساخت و آزمایش قرار گرفته اند تا بتوان میزان استهلاک انرژی را در هر یک از این سازه ها مورد بررسی قرار داد. در این پژوهش، ساخت سازه بوسیله ی پرینتر سه بعدی انجام گرفته و مواد انتخاب شده طی انجام دو آزمون استاندارد کشش روی دو نمونه پلیمری که از جنس ABS بوده و دیگری نیز PLA بوده انجام گرفته و با بررسی نتایج حاصل از تست ها و مقایسه نمودارهای تنش و کرنش، ماده PLA انتخاب شده و ساخت و پرینت سازه لانه زنبوری مورد نظر با ماده گرمانرم PLA انجام گرفته است و نتایج حاصل از آزمون فشار در نمودار و جداول ارایه شده است و میزان جذب انرژی توسط این سازه محاسبه شده است.

کلمات کلیدی: لانه زنبوری، PLA، ABS، اینوتور.

مقدمه

تاکنون روش ها و چاره اندیشی های زیادی در زمینه کنترل ضربه های شدید و مخرب انجام شده است. ضربه هایی که در زندگی روزمره جان انسان ها را به خطر می اندازد نظیر، ضربه ناشی از سقوط کابین آسانسور، ضربه وارد به سر موتور سوار در تصادفات، ضربه انتقال یافته از بدنه اتومبیل به سرنشینان در تصادفات و ...

راه هایی که تا کنون جهت کنترل ضربه هایی از این قبیل صورت گرفته را جهت درک بهتر موضوع در مثالی از سقوط کابین آسانسور مرور می کنیم که عبارت اند از: استفاده از گاورنر(کنترل کننده های مکانیکی سرعت)و پاراشوت(ترمز اضطراری)و در صورت سقوط استفاده از



University of Tehran
Aras International Campus

المؤتمر الدولي الثالث لتكنولوجيا وعلوم النانو

3rd International Conference on Researches in Nanotechnology & Nanoscience

جامعه طهران، ایران

University of Tehran, Iran

بافرهایی چون ضربه گیر های فنری و یا هیدرولیکی حاوی روغن و یا ضربه گیر پلی اورتان است. یکی دیگر از راه های کنترل این ضربه ها استفاده از سازه های لانه زنبوری است که با مکانیزم خاص خود نقش یک مستهلک کننده را ایفا می کند و ضربه و انرژی جنبشی ناشی از آن را به صورت های دیگر انرژی تبدیل کرده و آن را تعدیل می کند. مزیت استفاده از این سازه های لانه زنبوری در ظرفیت بالای جذب انرژی و صرفه اقتصادی آن ها است. جهت ساخت این سازه ها ابتدا نمونه های آن در ابعاد کوچک ساخته می شود تا آزمون ها و تست های مقاومت مصالح روی آن انجام شود و نتایج بررسی شود. جهت ساخت این نمونه ها می توان از مواد فلزی یا غیر فلزی استفاده کرد، مواد غیر فلزی مناسب برای این نمونه ها مواد گرمانرم هستند .

سازه های لانه زنبوری به دلیل شکل هندسی که دارا می باشند از ابتدا به این نام شناخته شده است و انسان ها با الگوبرداری از طبیعت به ساخت آن ها اقدام کردند. مقدار مواد اولیه به کار گرفته شده در این سازه ها کم است و بنابراین بسیار مقرون به صرفه هستند، در گذشته این سازه ها بیشتر با مواد فلزی ساخته می شدند که اکنون با جایگزین کردن گرمانرم ها وزن این سازه ها بسیار کاهش یافته است. این سلول های تو خالی در این سازه ها با آرایش خاص خود سبب می شود تا مقاومت در برابر تنش در این مواد با این ساختار بالا روند. از دیگر ویژگی های سازه های لانه زنبوری این است که با تغییر پارامترهای هندسی سازه از قبیل ارتفاع، ضخامت، اندازه ی سلول و زاویه ی داخلی آن می توان به خواص مکانیکی متفاوتی دست پیدا نمود.

از این سازه ها همچنین برای جداسازی دو پوسته در ساختارهای ساندویچی استفاده می شود که باعث توزیع بارهای اعمالی که تنش وارد شده به سطح را کاهش می دهد، بنابراین باعث بالا رفتن مقاومت ساختارهای ساندویچی در برابر خمش، پیچش و فشار می شود. مدت ها قبل از آنکه بشر دست به ساخت سازه ها، ساختمان ها و ماشین ها بزند، مفهوم ساندویچ و ساختار لانه زنبوری توسط طبیعت توسعه و ایجاد شده بود. مثلا در ساختارهای گیاهان مانند بخشی از برگ های یک گیاه زنبق یا سوسن و یا در ساختار اسکلتی پرندگان در بخشی از بال های یک پرنده یا در ساختار اسکلتی پستانداران در بخشی از جمجمه یک انسان رویت شده است. لانه طبیعی زنبور عسل یک نمونه مطلوب کار آمد است زیرا در ساخت آن از دو پدیده فیزیکی استفاده شده (۱) سیلندر شش ضلعی مسدود یا بسته شده، (۲) حداقل انرژی سطح [۱].

این سازه ها از دیرباز مورد توجه بشر بوده است شواهدی در کتب تاریخی باستانی در این زمینه وجود دارد از جمله پل های رومی ساخته بر روی راین و دانوب این پل به اندازه ی هزار متر توسط آپولودوریس^۱ ساخته شده که یک نمونه قابل توجه از کاربردهای عملی، تجربه و درک رومیان است. رابرت هوک^۲ کشف می کند که ساختار سلولی چوب پنبه بسیار شبیه به ساختار شش ضلعی لانه زنبوری است. ایزمباردبرونل^۳ کشتی های بخار را با استفاده دو برابری از لایه آهنی در قسمت پایین ساخت، در وسط این لایه های آهنی از بافت سلولی ترکیب شده استفاده شده بود و در نهایت درون یک فرم میله ای شکل قرار گرفته بود. هانس هیلبرون^۴ کاغذی برای کارهای تزئینی با ساختار لانه زنبوری و فرآیند تولید آن را در کارخانه کاغذ سازی Heilbronn and Pinner اختراع کرد. بعد از آن فرآیند تولید یک پشته از کاغذهای رولی شکل لانه زنبوری توسط همین کارخانه به ثبت رسید. تئودورون کارمن و پل استوک^۵ نخستین ساندویچ پانل با هسته بالسا و روکش های کامپوزیت پلیمر را برای سازه های هواپیما ثبت کردند. نورمن دی بروین^۶ یک فرآیند دستی تولید دستی چسب برای لانه های زنبوری را با استفاده از صمغ بارور شده سبک بافت برای سازه های ساندویچ شکل هواپیما به ثبت رسانید. دیوید و همکارانش اکستروژن لوله های تک، پیوند دادن لوله ها به یک بلوک بزرگ و برش دادن به شکل لانه زنبوری انجام دادند. پفلاک و همکارانش لانه زنبوری چند لایه از ورقه

¹ Thermoplastic

² Apollodorus

³ Robert Hooke

⁴ Izembar Brunel

⁵ Hans Hilbrohn

⁶ Theodorn Carmen and Poul Stoke

⁷ Norman Deebron



University of Tehran
Aras International Campus

المؤتمر الدولي الثالث لتكنولوجيا وعلوم النانو

3rd International Conference on Researches in Nanotechnology & Nanoscience

جامعه طهران، ایران

University of Tehran, Iran

های تولید شده توسط فرآیند های تسریع در خط و سپس ساخت لانه زنبوری چند لایه از محصولات گرمانرم به وسیله فرآیند تولید تسریع در خط را بررسی نمودند [۱].

رادرفورد و همکارانش [۲]، عملکرد تیرهای ساندویچی را تحت بارهای ضربه ای به صورت تجربی و عددی مورد بررسی قرار داد و در آن سازه ی لانه زنبوری با سلول های مربعی از جنس فولاد ضد زنگ تحت ضربه های یکسان مقایسه شده است. فعلی و نامداری [۳]، سازه ی ساندویچی با هسته لانه زنبوری را که در معرض ضربه ی عمودی با سرعت بالا قرار داشت را بررسی کردند و یک مدل در اهداف لانه زنبوری بصورت تئوری و تجربی بررسی کردند. روان و همکارانش [۴]، تخریب درون صفحه ای سازه های لانه زنبوری را مطالعه نمودند، آن ها اثر ضخامت دیواره سلول و سرعت بار ضربه ای را بر مود تغییر شکل و تنش مسطح با استفاده از نرم افزار آباکوس^۱ بررسی و یک فرمول تحلیلی برای محاسبه تنش مسطح در سرعت های بالا ارائه نمودند. لیاقت و همکارانش [۵]، بهینه سازی لانه زنبوری را تحت بازگذاری فشاری انجام دادند و حل تحلیلی به همراه بهینه سازی هندسه های مختلف سلول سازه بررسی شد. پاپکا و همکاران [۶]، رفتار سازه ی لانه زنبوری تحت بارگذاری تک محوره و دو محوره درون صفحه ای را توسط آزمایشات بررسی و سپس نتایج عددی را با نتایج تجربی صحت سنجی نمودند.

پیرمحمدی و همکاران [۷]، سازه های ساندویچی با هسته لانه زنبوری و رویه کامپوزیتی را به صورت تحلیلی، تجربی و عددی، تحت ضربه پرتابه بررسی کردند. یاماشیتا و گوتو [۸]، به صورت تجربی و عددی اثر شکل سلول و ضخامت آن را بر رفتار تخریبی سازه لانه زنبوری بررسی و در شبیه سازی عددی از مدل ستون با سطح مقطع Y شکل استفاده کردند. مران^۲ و همکاران [۹]، پارامترهای ضربه پذیری ساختار لانه زنبوری را به صورت تجربی و عددی و روش المان محدود بررسی کردند. هو^۳ و همکاران [۱۰]، بهینه سازی ستون های جدار نازک شش وجهی را با مقاطع متفاوت و قیود انرژی ویژه تابع هدف و نیروی بیشینه ارائه کردند. لی و همکاران [۱۱]، ساختار لانه زنبوری فلزی برای استفاده به عنوان جاذب انرژی یک نمونه ماه نشین طراحی و با استفاده از روابط استخراج شده به روش سطوح پاسخ، بهینه سازی نسبت به حجم و جرم برای آن انجام دادند.

سادوفسکی و همکارانش [۱۲]، با استفاده از مدل سازی عددی و تکنیک یکپارچه سازی سه لایه ای مشخصه های الاستیک هسته ی لانه زنبوری خالی و پر شده با فوم را به دست آوردند. با بکارگیری تکنیک یکپارچه سازی محاسبات را کاهش دادند سپس از فوم پی وی سی به عنوان ماده ی پرکننده لانه زنبوری در مدل اجزا محدود استفاده کردند و بار بحرانی کماتش و توزیع تنش را مورد بررسی قرار دادند آنها دریافته اند که پر کردن لانه زنبوری با فوم تاثیر قابل توجهی در مقدار بار بحرانی کماتش ندارد اما توزیع تنش را دچار تغییر می کند. در ادامه با استفاده از مدل اجزا محدود پاسخ های ارتعاشی لانه زنبوری خالی و پر شده با فوم را مورد ارزیابی قرار دادند، این بار به دلیل اهمیت ثبت تغییر شکل های محلی در مدهای ارتعاشی پانل، مدل دقیق هندسی را ایجاد کردند. سپس از دو نوع فوم پلیمری به عنوان فاز پر کننده ی لانه زنبوری در مدل عددی استفاده کردند و نتایج حاکی از آن بود که پر کردن لانه زنبوری با فوم موجب کاهش تغییر شکل های محلی در مدهای ارتعاشی پانل شده و همچنین سفتی پانل در صورت وجود فوم به میزان قابل توجهی افزایش می یابد. پس از این تحقیقات تاثیر فوم بعنوان پر کننده بر خواص الاستیک و ارتعاشی پانل مشخص شد.

کپلر^۴ [۱۳]، به صورت تجربی و تحلیلی نفوذ در صفحات با هسته فوم پی وی سی را مورد بررسی قرار داد و سه مدل تغییر شکل را معین نموده و فرمولی تحلیلی برای آن ها ارائه کرد. خدارحمی و همکاران [۱۴]، نفوذ پرتابه صلب سر تخت در اهداف ساندویچی آلومینیومی - فوم را به صورت تجربی بررسی کردند. نتیجه حاصله از آزمایشات و شبیه سازی صورت گرفته توسط آن ها این بود که، با افزایش چگالی و ضخامت فوم و سرعت های اولیه پرتابه، جذب انرژی سازه ساندویچی نیز افزایش می یابد. زمانی و همکاران [۱۵]، مطالعه تجربی سازه های لانه

¹ ABAQUS

² Yamashita and Gotoh

³ Meran

⁴ Hou

⁵ Kepler



University of Tehran
Aras International Campus

المؤتمر الدولي الثالث لتكنولوجيا وعلوم النانو

3rd International
Conference on
Researches in
Nanotechnology
& Nanoscience

جامعه طهران، ایران

University of Tehran, Iran

زنبروی تحت بارگذاری انفجاری را انجام دادند. در این مقاله میزان جذب انرژی انفجاری توسط این سازه ها بررسی شدند. عابدی و همکاران [۱۶]، با استفاده از روش تحلیلی و تجربی، رفتار ستون پر شده با فوم با مقاطع دایره و مستطیلی تحت بارگذاری فشار محوری را بررسی نمودند، در این مقاله میزان جذب انرژی و نمودار تنش - کرنش برای جنس های مختلف سازه ارائه شده است. لی و همکاران [۱۷]، رفتار دینامیکی یک سازه لانه زنبوری با هندسه ی سلول نامنظم و ضخامت متغییر تحت بارگذاری ضربه ای را بررسی نموده اند. در این مقاله میزان تنش مسطح، انرژی کرنش ناحیه تراکم و کرنش قفل شدگی با استفاده از روش اجزا محدود بدست آمده است. همچنین مدهای مختلف تغییر شکل برای سرعت های مختلف ضربه ارائه شده است. منا و همکاران [۱۸]، رفتار سازه ساندویچی کامپوزیتی با هسته لانه زنبوری تحت بارگذاری ضربه ای را با استفاده از آزمایش تجربی و شبیه سازی عددی در محیط نرم افزار ال اس داینا بررسی نمودند. در شبیه سازی عددی برای شبکه بندی صفحات و سازه ی لانه زنبوری به ترتیب از اجزا مکعبی و پوسته استفاده شده است. پس از مقایسه نمودار نیرو - تغییر شکل و شکل تغییر شکل یافته سازه، نتایج عددی و تجربی انطباق مناسبی با یکدیگر داشته اند.

عبدالسید و همکاران [۱۹]، مدول یانگ و ضریب پواسون این سازه را با استفاده از تحلیل تغییر شکل، تحت خمش و بارگذاری دو بعدی، محاسبه نمودند. گله داری [۲۰]، با شبیه سازی عددی در محیط نرم افزار آباکوس و رابطه تحلیلی تنش مسطح و کرنش قفل شدگی مقایسه ای بین میزان جذب انرژی برای سازه هایی با انواع مختلف آلومینیوم برای رفتار ماده با سخت شوندگی توانی و مدل کشسان - کاملاً مومسان انجام داد که نتایج عددی و تحلیلی برای مدل با ماده سخت شوندگی توانی انطباق مناسب تری را نمایش داده و به منظور صحت سنجی روش شبیه سازی عددی در نرم افزار آباکوس، آزمون تجربی سقوط وزنه با سرعت پایین بر روی سازه لانه زنبوری مدرج انجام شد و نمودار نیرو - تغییر مکان سازه تحت بار ضربه ای با سرعت کم استخراج شد که در این بررسی نتایج عددی انطباق مناسبی با نتایج تجربی داشته است.

در این تحقیق نحوه بارگذاری نیز مورد بررسی قرار گرفته است که نتایج حاصل بیانگر این است که بارگذاری درون صفحه ای نسبت به بارگذاری برون صفحه ای دارای مدت زمان بیشتری برای رسیدن نیروی انتقال به مقدار بیشینه است و همچنین مقدار نیروی بیشینه برای بارگذاری درون صفحه ای به مراتب کمتر از مقدار نیروی بارگذاری برون صفحه ای است بنابراین در تحقیق خود هدف را بر کاهش نیروی انتقالی در بارگذاری درون صفحه ای قرار دادند که نتایج حاصل نشان دهنده انتقال نیرو به صورت تدریجی و با تاخیر زمانی است و بنابراین خسارات را کاهش می دهد و همچنین جهت بیشینه کردن انرژی ویژه سازه، هندسه و جنس سازه بهینه شده است. وانگ و همکاران [۲۱-۲۲] بر روی کلاه ایمنی کار کردند و بر روی مواد قابل ضربه تحقیق کردند و بر اساس مدل واقعی تست استاندارد ضربه و شوک را برای ارزیابی پاسخ های دینامیکی شبیه سازی کردند. وینسنت و همکاران [۲۳]، بر روی کلاه ایمنی پژوهش خود را انجام دادند و آن را تحت بارگذاری برون صفحه ای قرار داده و به بهینه سازی این پارامتر ها پرداختند.

تفاوت ABS و PLA ۳

از بین مواد مختلف در دسته ترموپلاستیک دو ماده گرما نرم PLA و ABS انتخاب شده اند. پلاستیک PLA و ABS از متداول ترین مواد پرینت سه بعدی با تکنولوژی FDM هستند. هر دوی این مواد جزء ترموپلاستیک ها هستند یعنی وقتی تا دمای معین گرم شوند به یک حالت شکل پذیر و نرم می رسند و وقتی خنک شوند حالت جامد به خود می گیرند. در پروسه پرینت سه بعدی FDM هر دو ابتدا ذوب می شوند، بعد توسط یک نازل به روی سطح تزریق می شوند تا لایه هایی را بسازند که قطعه نهایی را تشکیل می دهند. جدول شماره ۱، ویژگی های فیزیکی اصلی این دو ماده را با هم مقایسه می کند [۲۴-۲۸].

¹ Menna

² Polyactic Acid

³ Acrylonitrile Butadiene Styrene



University of Tehran
Aras International Campus

المؤتمر الدولي الثالث لتكنولوجيا و علوم النانو

3rd International Conference on Researches in Nanotechnology & Nanoscience

جامعه طهران، ایران
University of Tehran, Iran

جدول ۱- ویژگی های فیزیکی PLA و ABS

PLA	ABS	ویژگی
37	27	مقاومت کششی
6%	3.5-50 %	تحمل کشش
4	2.1-7.6	مدول الاستیک E(GPa)
1.3	1.0-1.4	چگالی $\rho(\text{gr}/\text{cm}^3)$
150-170	نامشخص (آمورفوس)	دمای ذوب (C)
در شرایط مناسب هست	نیست	زیست تخریب پذیر
60	105	دمای انتقال شیشه (C)
لیوان، کیسه های پلاستیکی، کاردوچنگال	اسباب بازی، وسایل خانگی و الکترونیکی	محصول معمول

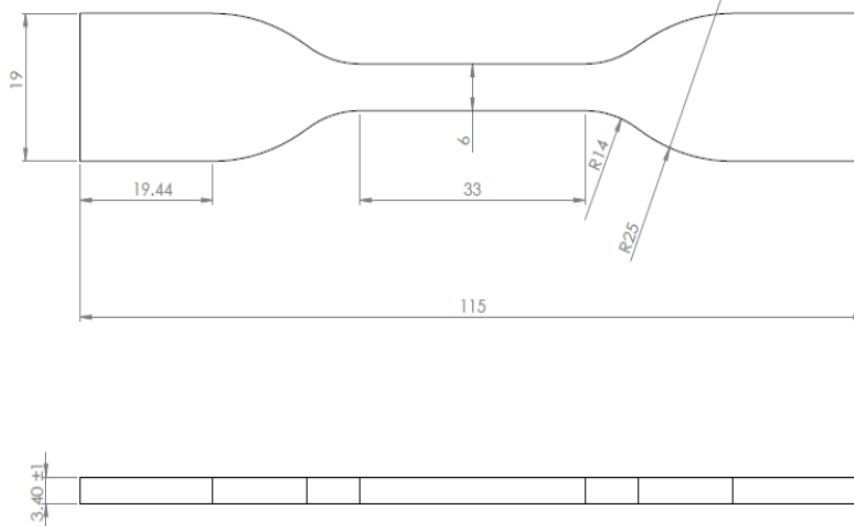
مواد و روش ها

آزمون استاندارد کشش و مدول الاستیسیت

این آزمون جزء اساسی ترین آزمون های مکانیکی مواد است با کشش ماده می توان سریعا واکنش آن در برابر نیروهای اعمالی را تعیین نمود . هنگامی که ماده کشیده می شود، به استحکام کششی و ازدیاد طول آن ماده می توان دست یافت، این کشش تا شکست قطعه ادامه پیدا می کند منحنی حاصل از این آزمون که نمودار تنش- کرنش نامیده می شود نمایانگر چگونگی واکنش ماده در برابر نیروهای اعمالی خواهد بود، در اکثر آزمون های کشش مواد می توان مشاهده کرد که در مراحل اولیه ی آزمون ارتباط بین نیروی اعمالی یا بار وارده و ازدیاد طول نمونه ی تحت تست، بصورت خطی است در این ناحیه نمودار از قانون هوک پیروی می کند که در آن نسبت تنش به کرنش مقدار ثابت است که E معرف شیب خط در این ناحیه است و مدول الاستیسیت یا یانگ نامیده می شود واحد آن با واحد تنش یکسان است زیرا کرنش پارامتری بدون بعد است. مدول الاستیسیت مقیاسی از سفتی ماده است.

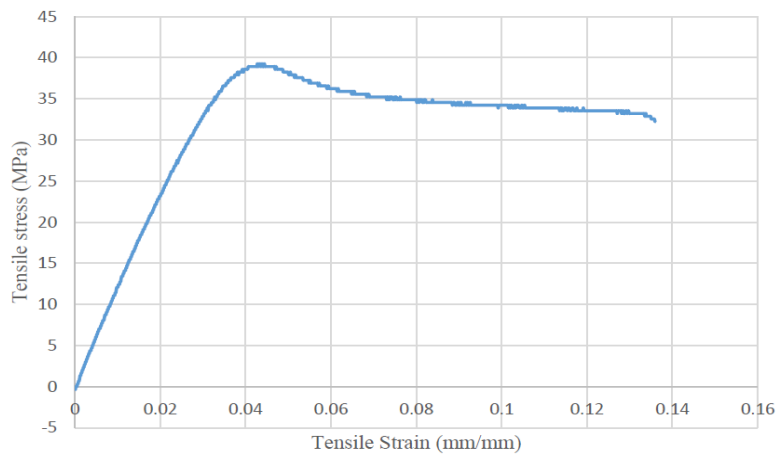
طراحی و ساخت نمونه

نحوه ساخت نمونه های مورد آزمون کشش و همچنین سازه لانه زنبوری مدرج بوسیله پرینتر سه بعدی FDM مدل کواتوم شرکت پرشیا 3D پرینتر با ابعاد 200*200*250 صورت گرفت. فیلامنت های PLA و ABS از شرکت PDS که جزء گرمانرم های مناسب جهت پرینت با این نوع دستگاه است در نظر گرفته شد و برای بررسی رفتار و اطمینان از تکرار این رفتار از هر نوع ماده PLA و ABS سه نمونه با استاندارد (ASTM – D638 – TYPE IV) که در شکل شماره ۱، این استاندارد قابل مشاهده است طراحی شد و پرینت گرفته شد . نمونه های پرینت گرفته شده برای انجام آزمون کشش در آزمایشگاه مقاومت مصالح آماده شد تا رفتار این نمونه ها با دو ماده مختلف مورد بررسی قرار گیرند که آیا یک رفتار مشخص و تکرار شونده در این سه نمونه از هر ماده رویت می شود یا خیر که در صورت رسیدن به داده های متفاوت و خیلی غیر واقعی و بسیار متفاوت پروژه در همین مرحله به پایان می رسید ولی در غیر این صورت یعنی حاصل شدن داده هایی در یک رنج و نزدیک بهم، ماده ای که استحکام بهتری از خود نشان داده مورد انتخاب قرار گرفت.



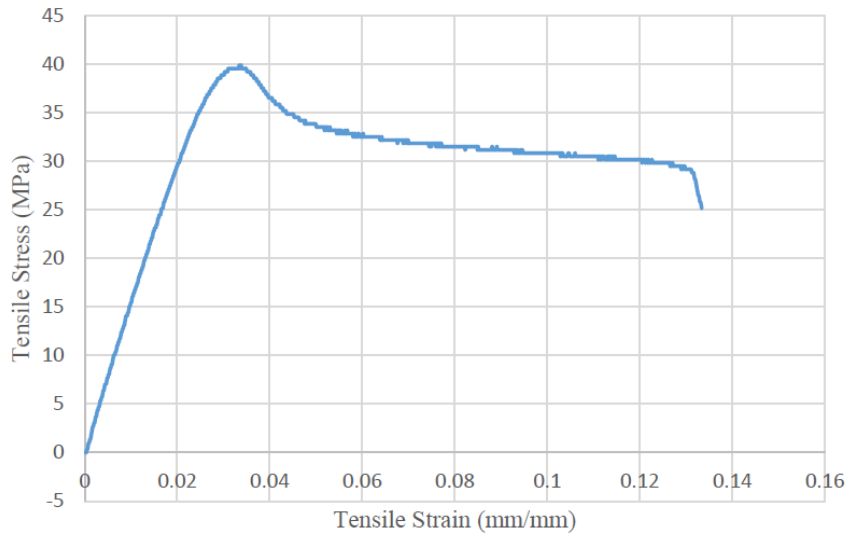
شکل ۱- استاندارد ASTM-D638-TYPE IV

در نمونه ABS، نیروی اعمالی در تست کشش از صفر شروع شد و مقدار حداکثر برای آن برابر 942.25 نیوتن و کل زمان تست از شروع اعمال نیرو تا شکست برابر 54.1 ثانیه ثبت شد. نمودار تنش-کرنش حاصل از این تست را در نمودار شکل ۲، مشاهده می کنید.



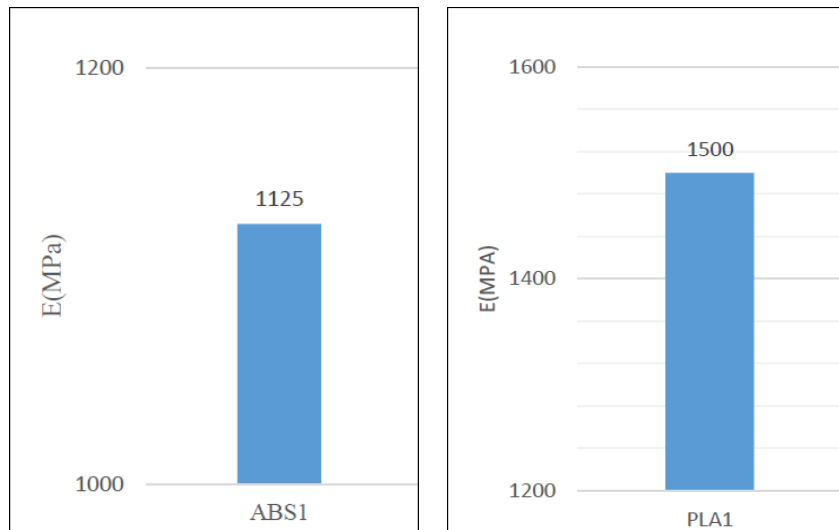
شکل ۲- تنش-کرنش ABS

نمونه PLA این نمونه تحت کشش قرار گرفت نیرو از صفر نیوتن شروع به افزایش کرد و ماکسیمم نیرو وارده به این قطعه 950.3 نیوتن بود مدت زمان انجام این آزمون 53.25 ثانیه اندازه گیری شد. نمودار تنش-کرنش این قطعه در نمودار شکل ۳، نمایش داده شده است.



شکل ۳- نمودار تنش - کرنش PLA

حال با مقایسه ای بین مدول یانگ های بدست آمده و نمایش این مقایسه در نمودارهای میله ای در شکل ۴، یکی از این دو ماده انتخاب می شود جهت پرینت نمونه اصلی مورد استفاده قرار میگیرد.



شکل ۴- مقایسه مدول یانگ ABS و PLA

بنابراین ماده PLA به عنوان ماده برگزیده جهت ساخت نمونه اصلی لانه زنبوری مدرج در این تحقیق انتخاب شد. بنابراین نمونه لانه زنبوری که هر سلول آن مشابه شکل شماره ۵ آمده است که با ابعاد هندسی در نرم افزار اینونتور مورد طراحی قرار گرفت.



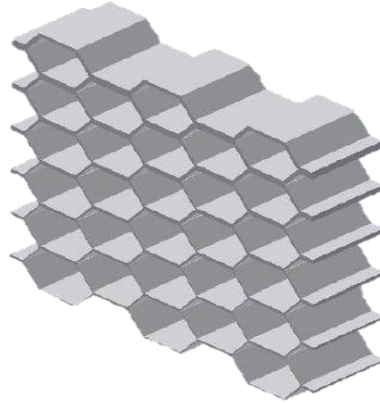
University of Tehran
Aras International Campus

المؤتمر الدولي الثالث
لتكنولوجيا و علوم النانو

3rd International
Conference on
Researches in
Nanotechnology
& Nanoscience

جامعه طهران، ایران

University of Tehran, Iran



شکل ۵- ساخت نمونه اصلی لانه زنبوری مدرج

پس از طراحی نمونه اصلی لانه زنبوری با استفاده از دستگاه پرینتر نمونه تولید شده است که در شکل ۶، آمده است.



شکل ۶- پرینت نمونه اصلی لانه زنبوری

پس از تولید نیز آزمون انجام شد و با محاسبه مساحت زیر نمودار نیرو-تغییرشکل مقدار انرژی جذب شده توسط این سازه بدست می آید. این مساحت با استفاده از نرم افزار اکسل بدست آورده شده به گونه ای که سطح زیر نمودار را به تعدادی دوزنقه تقسیم می کنیم که هر چه داده های ما بیشتر باشد سطح به تعداد بیشتری دوزنقه تقسیم می شود و مساحت حاصله با دقت بیشتری بدست می آید، سپس توسط همان نرم افزار با وارد کردن فرمول مساحت دوزنقه که برابر حاصل جمع دو ارتفاع ضرب در قاعده تقسیم بر دو است، مساحت هر یک از این دوزنقه ها بدست آمده سپس تمامی این مساحت ها را با هم جمع می کنیم تا مساحت کل حاصل شود. مساحت بدست آورده شده از این روش برای این نمودار برابر 45.92677 ژول می باشد.

بررسی نتایج نرم افزار اینونتور برای مدل ABS

برای بررسی صحت ماده استفاده شده یک بار با استفاده از نرم افزار اینونتور آن چک شده است. ابتدا قطعه شکل ۷، در نرم افزار اینونتور نیز تحلیل شده است.



University of Tehran
Aras International Campus

المؤتمر الدولي الثالث
لتكنولوجيا وعلوم النانو

3rd International
Conference on
Researches in
Nanotechnology
& Nanoscience

جامعه طهران، ایران

University of Tehran, Iran



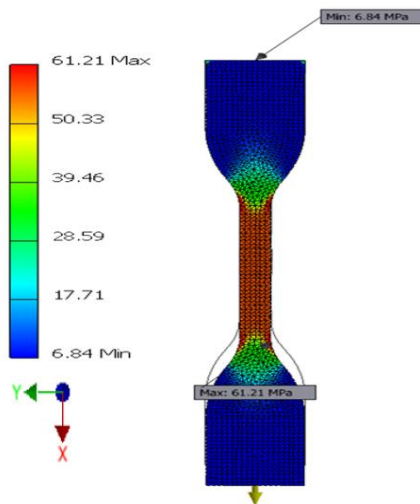
شکل ۷- قطعه طراحی شده در نرم افزار اینوتور

سپس با استفاده از کتابخانه نرم افزار اینوتور و نرم افزار سالیدورک نیز خواص مواد ABS استفاده شده است. این خواص در جدول ۲، آمده است.

جدول ۲- خواص مکانیکی مواد

ABS Plastic		
نام		
عمومی	Mass Density	1.06 g/cm ³
	Yield Strength	20 MPa
	Ultimate Tensile Strength	29.6 MPa
استرس	Young's Modulus	2.24 GPa
	Poisson's Ratio	0.38 ul
	Shear Modulus	0.811594 GPa

با استفاده از جدول فوق تحلیل مورد نظر یک بار با نرم افزار اینوتور انجام شد و صحت سنجی نیز صورت گرفت. تحلیل انجام شده در شکل ۹، آمده است.



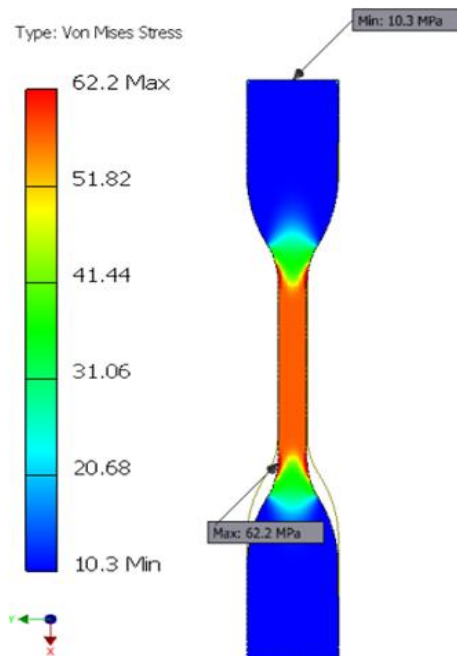
شکل ۹- تحلیل نرم افزار اینوتور با قطعه ABS.

پس از بررسی ماده مد نظر اکنون نوبت به PLA میرسد که با استفاده از نرم افزار اینونتور و خولص مواد با استفاده از کتابخانه این نرم افزار انتخاب گردید. خواص مکانیکی در جدول ۳، آمده است.

جدول ۲- خواص مکانیکی مواد

ماده	PLA
چگالی	0.13 g/cm ³
جرم	0.000782073 kg
حدود	4100.51 mm ²
حجم	6015.94 mm ³
Center of Gravity	x=57.5 mm
	y=9.5 mm
	z=2 mm

با استفاده از جدول فوق تحلیل مورد نظر یک بار با نرم افزار اینونتور انجام شد و صحت سنجی نیز صورت گرفت. تحلیل انجام شده در شکل ۱۰، آمده است.



شکل ۱۰- تحلیل نرم افزار اینونتور با قطعه PLA



University of Tehran
Aras International Campus

المؤتمر الدولي الثالث لتكنولوجيا وعلوم النانو

3rd International
Conference on
Researches in
Nanotechnology
& Nanoscience

جامعه طهران، ایران

University of Tehran, Iran

پس از انجام بررسی های فوق، میتوان دریافت که PLA نسبت به ABS مقاومت بهتری دارد و برای ساخت لانه های زنبوری مناسب می باشد.

نتیجه گیری

با توجه به آنچه که باتست در نرم افزار اینونتور به دست آمده است و آنچه که با استفاده از تست های مکانیکی به دست آمده است، تست فشار بر روی سازه و بدست آوردن نمودار نیرو جابه جایی حاصل از این تست با محاسبه مساحت زیر نمودار میزان جذب انرژی تا شکست قطعه محاسبه شده است. در تحقیق انجام شده برای سازه لانه زنبوری مدرج ساخته شده با پلیمر PLA توسط پرینتر سه بعدی این مقدار برابر 45.9 ژول است که این میزان با مقایسه با سازه لانه زنبوری آلومینیومی ساخته شده توسط سایر پژوهش های انجام شده توسط سمبه-ماتریس که در آن میزان جذب انرژی برابر 92 ژول ثبت شده است میزان قابل قبول و بسیار مطلوبی است.

منابع و مراجع

- [1] www.kabirpanel.com
- [2] Radford, D.,Deshpande, V.S , Fleck,N.A., " The response of clamped sandwich plates with iattice cores subjected to shock loading"
- [3] Feli, S., Namdari Pour, M.H., " An analytical model for composite sandwich panels with honeycomb to high-velocity impact", composites part B: Engineering, Vol. 43, pp.2439-2447,2012.
- [4] Ruan, D.,Lu, G., Wang, B.,Yu, T.X.,"In-plane dynamic crushing of honeycomb a finite element study", International journal of Impact Engineering, Vol.28,pp.161-182.2003.
- [5] LIAGHAT, G., Sarailou, H.,"Optimum design of honeycomb core under compression load", Technical and Engineering Journal of Modarres, Vol.37,pp.73-81,2010(in persian).
- [6] Papka, S.D., Kyriakides, S.,"Experiments and full-scale numerical simulations of In-plane crushing of a honeycombs",Acta Materiaia, Vol.46,pp.2765-2776, 1998.
- [7] Pirmohamadi N., Liaghat, G.H., Pol, M.H., Sabouri, H." Analytical, experimental and numerical investigation of sandwich panels made of honeycomb core subjected projectile impact" , Modarres Mechanical Engineering, Vol. 14, pp.153-164,2014. (in persian)
- [8] Yamashita, M., Gotoh, M., "Impact behavior of honeycomb structures with various cell specifications numerical simulation and experiment", Internatinal Journal Impact Engineering, Vol.32, pp.618-630, 2005.
- [9] Meran, A.P., Toprak, T., Muan, A., "Numerical and experimental study of craworthiness parameters of honeycomb structures ", Thin Walled Structures, Vol.78, pp.87-94,2014.
- [10] Hou, S., Li, Q.,Long, S.,Yang, X.,Li,W.,"Design optimization of regular hexagonal thin-walled columns with crashworthiness criteria", Finite Elements in Analysis and Design, Vol.43,pp.555-565,2007.
- [11] Li,M,M Deng, Z.,Liu, R., GOU, h., "Crashworthiness design optimization of metal honeycomb energy absorber used in luner lander",International Journal of Crashworthiness, Vol. 16,pp.411-419, 2011.
- [12] Vyacheslav, N., Sadowski, T., "Analysis of structural performance of sandwich plates with foam-filled aluminum hexagonal honeycomb core",computational Materials Science, Vol 45,pp.658-662, 2009.
- [13] Kepler, J.,"Impact penetration of sandwich panels at different velocities-an experimental parameter study :part 11- interpretation of results and modeling ",Journal of sandwich structures and Materials, Vol.6,pp.379-397.2004.
- [14] Ziya, M.S., Khoda Rahmi, H., Vahedi, K., Pol,M.H., "Experimental and Numerical Investigation of Blunt Rigid projectile penetrating into sandwich panel Having Aluminum Foam core", Journal of Modarres Mechanical Engineering, Vol.13,pp.1-13,2013.(in Persian)
- [15] [زمانی، ج. لیاقت، غ، حشمتی، م، باقری، م، م، آنالیز تجربی سازه های لانه زنبوری تحت بارگذاری انفجاری،مجله علمی پژوهشی مواد پراانرژی، سال سوم، شماره 2، ص ص 49 - 41، 1388.
- [16] Abedi, M, M., Niknejad,A., Liaght, G.H., Zamani Nejad, M.,"Theoretical and experimental study on empty and foam-filled columns wit square and rectangular cross section under axial compression ",International Journal of Mechanical Science, Vol.65,pp.134-146,2012.
- [17] Li, K., Geo, X.L., Wang, J., "Dynamic crushing behavior of honeycomb structure with irregular cell shapes and none-uniform cell wall thickness",International Journal of Solids and Structure, Vol.44,pp.5003-2026,2007.



University of Tehran
Aras International Campus

المؤتمر الدولي الثالث
لتكنولوجيا وعلوم النانو

3rd International
Conference on
Researches in
Nanotechnology
& Nanoscience

جامعه طهران، ایران

University of Tehran, Iran

[18] Menna, C., Zinno, A., Asprone, D., Prota, A., Numerical assessment of the impact behavior of honeycomb sandwich structure”, composite structure, Vol.106, pp.326-339, 2013.

[19] Seyed, A.E., Jones, F.K., and BURGESS I.W., “A theoretical approach to the deformation of honeycomb based composite materials”, Composites, Vol.10, pp.209-214, 1979.

[۲۰] گله داری، ع، کدخدایان، م، حدیدی مود، س، بررسی تحلیلی، عددی و تجربی جذب انرژی سازه لانه زنبوری مدرج تحت بارگذاری صفحه ای ضربه ای با سرعت کم، مجله مهندسی مکانیک مدرس، دوره 14، شماره 16، ص ص 271 - 261، اسفند 1393

[21] Wang, Z., Tian, H., Lu, Z. and Zhou, W. (۲۰۱۴), “High-speed axial impact of aluminum honeycomb – Experiments and simulations,” Composites Part B, ۵۶, pp ۱–۸.

[22]. Chang, L. T., Chang, C. H. and Chang, G. L. (۲۰۰۳), “Finite element analysis of the effect of motorcycle helmet materials against impact velocity,” Journal of the Chinese institute of engineers, Vol. ۲۶, No. ۶, pp ۸۳۵-۸۴۳.

[23]. Caccese, V., Ferguson, J. and Edgecomb, M. (۲۰۱۳), “Optimal design of honeycomb material used to mitigate head impact,” National Institutes of Health , ۴۰۴-۴۱۲.

[24] Okwuosa, Tochukwu C, Stefaniak Dominika, Arafat Basel, Isreb Abdullah, Wan Ka-Wai, Alhnan Mohamed A. A lower temperature FDM 3D printing for the manufacture of patient-specific immediate release tablets. Pharmaceutical research. 2016;33(11):2704-12.

[25] Wei, Xiaojun, Li Dong, Jiang Wei, Gu Zheming, Wang Xiaojuan, Zhang Zengxing, et al. 3D printable graphene composite. Scientific reports. 2015; 5:11181.

[26] Tian, Xiaoyong, Liu Tengfei, Yang Chuncheng, Wang Qingrui, Li Dichen. Interface and performance of 3D printed continuous carbon fiber reinforced PLA composites. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing. 2016; 88:198-205.

[27] Senatov, Fedor S, Niaza Kirill V, Zadorozhnyy M Yu, Maksimkin AV, Kaloshkin SD, Estrin YZ. Mechanical properties and shape memory effect of 3D-printed PLA-based porous scaffolds. Journal of the mechanical behavior of biomedical materials. 2016; 57:139-48

[28] Rankouhi, Behzad, Javadpour Sina, Delfanian Fereidoon, Letcher Todd. Failure analysis and mechanical characterization of 3D printed ABS with respect to layer thickness and orientation. Journal of Failure Analysis and Prevention. 2016;16(3):467-81.



University of Tehran
Aras International Campus



المؤتمر الدولي الثالث
لتكنولوجيا وعلوم النانو
3rd International
Conference on
Researches in
Nanotechnology
& Nanoscience

جامعة طهران، إيران
University of Tehran, Iran

Investigating the energy absorption of polymer graded honeycomb structures using experimental methods in biomedical engineering

Mohammad Hadi Mazaheri Tehrani, Behzad Karimkhani, Seyed Ali Galehdari, Maryam Mahouri Beni

- 1) Msc student in Biomechanical Engineering, Department of Mechanical Engineering, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran.
- 2) Phd student in Biomechanical Engineering, Faculty of Engineering, Najafabad branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran.
- 3) Assistant Professor, Faculty of Engineering, Najafabad branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran*.
- 4) Bachelor in Biomechanical Engineering, Faculty of Engineering, Najafabad branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran.

*ali.galehdari@pmc.iaun.ac.ir

Abstract

Today, energy absorbers play a very influential role in various industrial fields, ergonomics and medical engineering, such as making helmets. Therefore, placing a profile with a suitable shape and material and creating lightweight absorbers such as a honeycomb structure for these fields can solve this need to a great extent, especially in medical engineering where the goal is to make devices that in terms of biomechanics, it can prevent shocks, and in terms of biomaterials, with the right material, it can prevent shocks or inappropriate pressures and even loads that are applied to the body. With the introduction of honeycomb structures, it can be pointed out that it is an energy absorber. So far, these structures with different dimensions and different materials have been investigated, researched, built and tested in order to be able to determine the amount of energy consumption in each One of these structures was examined. In this research, the construction of the structure was done by a 3D printer, and the selected materials were tested by performing two standard tensile tests on two polymer samples, one of which was ABS and the other was PLA, and by examining the results of the tests and comparing the stress diagrams. and strain, PLA material has been selected and the construction and printing of the desired honeycomb structure has been done with PLA thermoplastic material and the results of the pressure test are presented in graphs and tables and the amount of energy absorption by this structure has been calculated.