Mechanics of Advanced and Smart Materials Journal

http://masm.araku.ac.ir

ISSN: 2783-4220

Investigating the effective parameters on the mechanical properties of composites reinforced by jute fiber in the compression molding process

Moein Taheri [a*], Fereshte Ghane [b]

[a]Associate Professor, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Arak University, Arak, Iran
[b]Bachelor. Student, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Arak University, Arak, Iran

Original Article

Use your device to scan and read the article online

Citation: Taheri M, Ghane F. Investigating the effective parameters on the mechanical properties of composites reinforced by jute fiber in the compression molding process. Mechanics of Advanced and Smart Materials. 2024;3(4):413-431.

https://10.61186/masm.3.4.413.

KEYWORDS

Reinforced composite,
Jute fiber,
Sensitivity analysis,
Compression molding,
Mechanical properties.

ABSTRACT

The development of the use of reinforced composites, as well as the increasing progress of technology in various industries, such as aerospace, biomedicine, and structures, has increased the investigation of production processes. Reinforcement of polypropylene composites with natural jute fibers is a suggested solution to protect the environment and also improve the quality of the composite. On this basis, it is necessary to study the effect of the influencing parameters on the manufacturing process of composites reinforced with jute fibers. In this research, by using existing linear regression equations, the sensitivity analysis of various parameters affecting tensile strength, flexural strength, and impact strength has been investigated. The effect of molding temperature parameters, compression pressure and compression time has been investigated using the E-fast sensitivity analysis method. Molding temperature is determined as the most influential variable in the compression molding process with the greatest impact compared to other variables. Compression pressure parameter and compression time are known as the second and third influential parameters after the mentioned parameter. The importance and influence of defined variables in the compression molding process will be considered in creating the desired quality and mechanical properties.

Extended Abstract

1. Introduction

Technology and expansion of access to all kinds of materials have increased environmental concerns. Using natural and recyclable materials is one of the recommended options for protecting the environment. Focusing on this basis, the reinforcement of composites with natural fibers has been investigated. In addition to that, the optimal manufacturing and production methods of reinforced composites, as well as effective parameters in the process, have been researched. Compression molding is known as one of the composite manufacturing techniques. Finding the optimal conditions of the process will require examining several parameters using statistical analysis methods and deriving the regression equation.

In the research conducted by He et al. [1] the variables of the compression molding process in the manufacture of composites reinforced with basic fibers have been investigated. The main purpose of this study is to solve the

* Corresponding author. Tel.: +98-8632625724
E-mail address: m-taheri@araku.ac.ir
DOI: https://10.61186/masm.3.4.413.
Received: December 27, 2023; Received in revised form: January 28, 2024; Accepted: February 06, 2024
© Author

process problems, improve the mechanical quality and the combined effect of molding and mechanical properties. In this direction, the multi-parameter optimal conditions have been expressed using the surface response method and the contour and surface diagram.

Khalid et al. [2] have investigated the amount of bending and different weight percentages of jute and glass fibers in epoxy composites. Biodegradability, easy access, and low cost of jute fibers have been mentioned as prominent reasons for the design of experiments. The results of the research show that jute fibers will be effective in strengthening the impact strength and glass fibers in composite stress distribution. One of the significant challenges in making composite materials is finding the key parameters as well as optimizing the reliability factor. To realize this issue, Maharshi et al. [3] have investigated the mechanical properties and stress of composites reinforced with jute fibers against cutting with abrasive water jet and manual grinding with a scanning electron microscope. In the research of Das et al. [4], the mechanical, physical and chemical properties of polypropylene composites reinforced with jute fibers have been investigated. In this regard, mechanical and chemical tests have been conducted with different weight percentages of jute fibers to find the most optimal model. Govindaraju et al. [5] have investigated the compression molding process of polypropylene composite reinforced with wool fibers in order to develop the process of making natural composites. In this study, dependent variables such as tensile strength and independent variables of temperature, pressure and time have been tested by surface response analytical method. Also, using the extracted regression equation, the optimal conditions have been identified.

In the research of Sudheendra et al. [6], due to the importance of processing composites in improving quality, thermoplastic composite reinforced with carbon fibers (Polyetheractone reinforced composite) has been investigated. In this study, using the Box Benken method in the surface response analysis and parameter validation test, the practical limitation was extracted and the most optimal mode was determined. Based on the study of Olaniran et al. [7], it is necessary to increase the strength and working temperature of aluminum 7075. Therefore, a thermally stable 7075 aluminum composite reinforced with molybdenum has been tested in research. Mechanical and thermal properties have been investigated using the regression model.

Karaçor et al. [8] have researched the hybrid jute and glass fiber composite. In these experiments, the morphological properties were collected and analyzed by scanning electron microscope, mechanical properties by tensile and Vickers hardness tests, and physical properties by a combustion loss test. In the research of La Rosa et al. [9] focusing on the importance of preserving the environment, the recycling of thermoset composite reinforced with carbon fibers has been examined. In this study, the cost analysis of the life cycle of the composite is also the choice of the best method for the reuse of chemically treated recycled materials. Han et al. [10] investigated composites reinforced with graphene fibers and carbon nanotubes. The main goals of this thesis are to investigate the effect of the different weight percentage of graphene on the mechanical properties of the composite, different synthesis methods of graphene fibers and carbon nanotubes, as well as the synergy of reinforcements. In this finite element analysis, multiscale modeling and molecular dynamics are used as analysis methods. Polymer composites reinforced with fibers have been investigated in the research of Sharma et al. [11]. Investigating the development of the interaction between fiber and matrix as well as the addition of nanoparticles has been explained as one of the main goals of this research. Subsequently, the application of this type of composite in the aerospace, automotive, mechanical and biomedical industries has been discussed.

Considering the wide use of metal matrix composites in many fields, the reinforcement of metal matrix composites with alumina and aluminum nanoparticles has been studied by Tang et al. [12]. In this research, reinforced composites have been investigated using molecular dynamics simulation.

Based on the application of a composite reinforced with E-glass fibers in preventing gas leakage in natural gas carriers, the tensile strength of this type of composite has been researched by Jae Jeong et al. [13].

In the study of Tan et al. [14], the fracture toughness of reinforced polymer composites was investigated according to the effect of the microstructure on the characteristics of the composite manufacturer. The results of this research will play an increasing role in the development of composites with high toughness.

In the research of Ma et al. [15], in order to find the best topological geometry and fiber orientation, composites reinforced with light fibers have been investigated. By using the 3D printing filament, the optimization algorithm has been extracted and the fiber density and angle parameters have been investigated.

Chandrasekhar et al. [16] in order to optimize the composites reinforced with graded fibers, have presented an investigation of matrix topology and fiber distribution. In this review, it is proposed to develop matrix and fiber topology by the method of a neural network. In Shah et al.'s research [17], the mechanical properties of adding

graphene oxide to the nanocomposite produced by 3D printing have been investigated. Graphene oxide dispersion analysis has been done using ultrasonic dispersion. It is also stated that the use of nanocomposite has been developed in the fields of automobiles, biomedicine and sports.

In Raja et al.'s research [18], the addition of graphene oxide and polypropylene to epoxy resin composite has been investigated. The purpose of this research was to develop the mechanical properties and examine the problems of composite reinforcement. The results of this research state that the epoxy resin composite mixed with ten percent by weight of graphene oxide and ten percent by weight of polypropylene will be able to develop mechanical properties so that the use of this composite will be expected in the manufacture of parts.

Focusing on the milling process of composites, Ducobu et al. [19] have extracted the optimal conditions for milling GFRP (glass reinforced polymer) composites. Based on this, tool wear parameters, life span and cost of cutting tools have been investigated. In the research of Demirhan et al. [20], the fire resistance and thermal conductivity of polypropylene composite reinforced with a slag inhibitor system have been studied and tested.

Sun et al. [21] have investigated electrically conductive cement composite in research. The mechanical and electrical behavior of cement composites and the effect of slag and graphite on the composite structure have been tested. In order to optimize the composite structure, the microstructural mechanisms of graphite and slag have been investigated with scanning electron microscopy and sensitivity analysis of available variables.

Polymer composites, another type of composite, have a special place in various industries. Based on this broad application, Dulal et al. [22] have tested the mechanical and thermal properties of polymeric composites with multifunctional smart fibers. In this review, a new approach for the deposition of layers of materials on glass fibers has been explained.

Low strength is known as the main problem of composites reinforced with natural fibers. Based on this, Arul et al. [23] stated the main goals of several experiments to optimize the fracture toughness of epoxy resin composites. The damages of this type of composite has been investigated by fractography and scanning electron microscope.

Bahara et al. [24] developed the mechanical properties and production methods of this type of composite by investigating the epoxy composite reinforced with rattan fiber and acrylic acid. Based on the results obtained from this test, it is suggested to use this type of composite in the structure of the car body. Patel et al. [25] in research, reviewed the physical, thermal and mechanical properties as well as the progress of reinforced epoxy composites. In this research, the factors affecting the mentioned properties have been investigated and explained.

The development of the use of natural fiber composites in the near future has led Venkatesh et al. [26] to investigate the mechanical and physical properties of the reinforced polymer matrix composite. In this research, the effect of layer formation on mechanical properties and type of structure of layers based on reinforcing materials has been investigated. Composites reinforced with hybrid natural fibers with 65% by weight epoxy have been investigated by Boopathi et al. [27]. In the tests of this type of composite, the effect of different types of natural fibers on the properties of the composite has been described and investigated.

According to the many applications of composites, Singh et al. [28] have investigated the friction composite reinforced with natural fibers for use in the car brake system. In this research, the weight percentages and several types of natural fibers have been subjected to sensitivity analysis and validation tests. Rami fiber reinforced composite with a weight percentage of 5 has been explained as the most optimal composite. Based on the use of reinforced composites with a vibration sensor in the prevention and identification of structural damage, Slimani et al. [29] investigated the placement of the vibration sensor in this type of composite. Farmakovskaya et al. [30] have investigated the mechanical behavior of panels made with carbon plastic nanocomposite. Investigating deformation, residual stress and extracting thermoelastic properties of composite layers are the main goals of this research.

In this research, the simultaneous effect of parameters has been investigated using E-fast statistical analysis. Molding temperature, compression pressure and pressure time of the composite are defined as selected parameters of the process and analyzed using the sensitivity analysis method. Investigating the simultaneous effect of parameters on tensile strength, flexural strength and impact strength respectively is explained as the main goal of this research.

2. **Modeling and formulation**

Reinforcement of propylene composites using natural fibers such as jute fibers is a proposed solution in order to improve mechanical properties. Preparation of fibers reinforced with jute fibers takes place in four stages. In the first step, jute fibers are placed in an emulsion solution and amino silicone oil. Next, they are placed in the ultrasonic oscillator for 40 minutes. At the end of the rotation, they are removed from the oscillator and manually pressed and placed in the dryer. In the second step, polypropylene fibers and jute fibers should be mixed. In the third stage of the process, the mixed fibers are placed in the air flow device and a reinforced layer with 33% jute by weight is obtained. In the last step, 4 layers of reinforced fibers are heated in the molding machine to the molding temperature. Finally, pressure molding is done by gradually increasing the pressure up to the maximum pressure

3. **Results**

The graphs in Figure 2 (a-c) show the effect of the mentioned molding temperature parameter on tensile strength, impact and bending strength. Based on the graphs (a-c), the increase in molding temperature will have a direct proportion in the increase in tensile strength, impact strength and flexural strength. The molecular stimulation of the composite is done by increasing the molding temperature, and as a result, the penetration of the resin and the bond between the fibers will be improved. The effect of this on the development of mechanical properties is significant.

In the graphs (a-c) of Figure 3, the effect of another parameter is shown. Based on the results of the tests, with the continuation of the process of increasing the penetration pressure, the melting of jute fibers and composite materials will be better. As can be seen, the increase in compression pressure will increase tensile strength, impact strength and flexural strength.

The effect of the compression time parameter on the tensile strength, impact strength and flexural strength is depicted in the graphs of Figure 4. Based on the results of the previous tests, although the continuation of the process of pressure increases the hardness of the composite, it subsequently causes a decrease in impact strength. Also, higher molding pressure can reduce the penetration of polypropylene and jute fibers during molding. As a result of this, the decrease in tensile strength will be predictable. The flexural strength of the composite at different temperatures will increase first, which is expected to decrease by increasing the temperature in the molding process. It should be noted that compression over a long period of time causes a decrease in production efficiency.

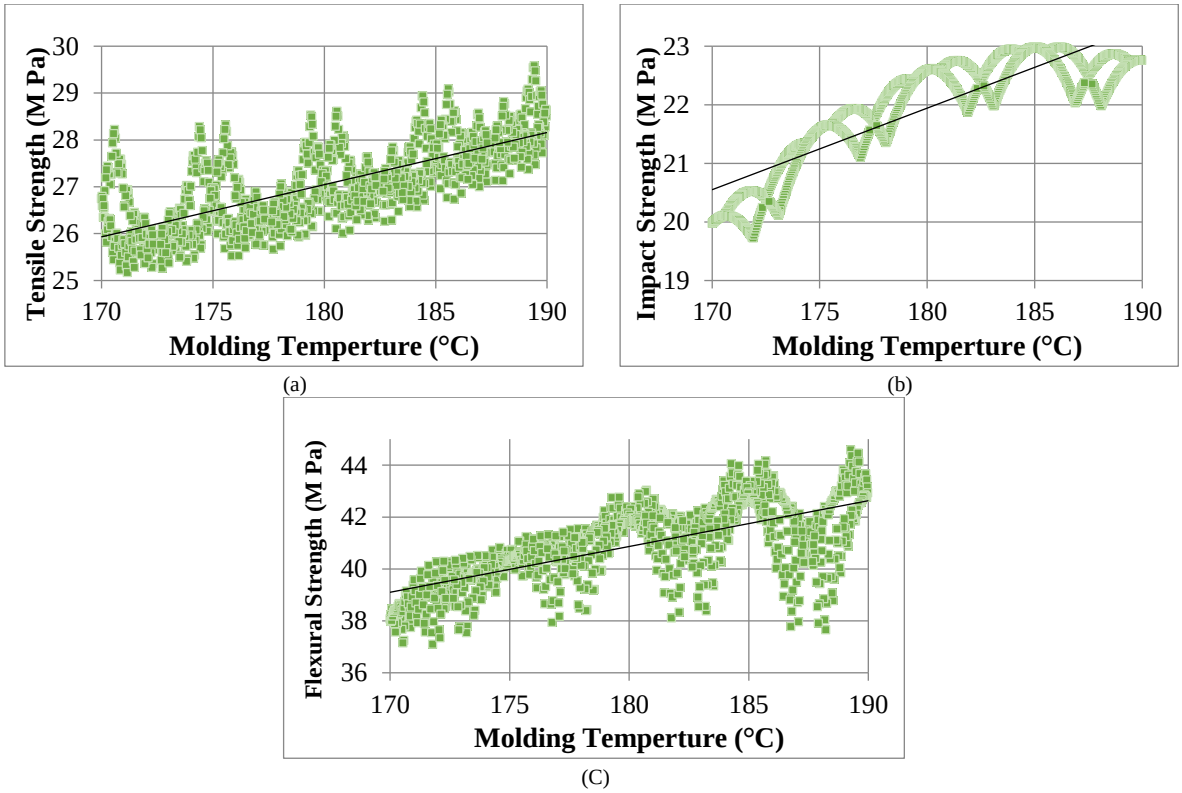


Figure 1. Effect of molding temperature parameter on tensile strength, impact strength and bending strength

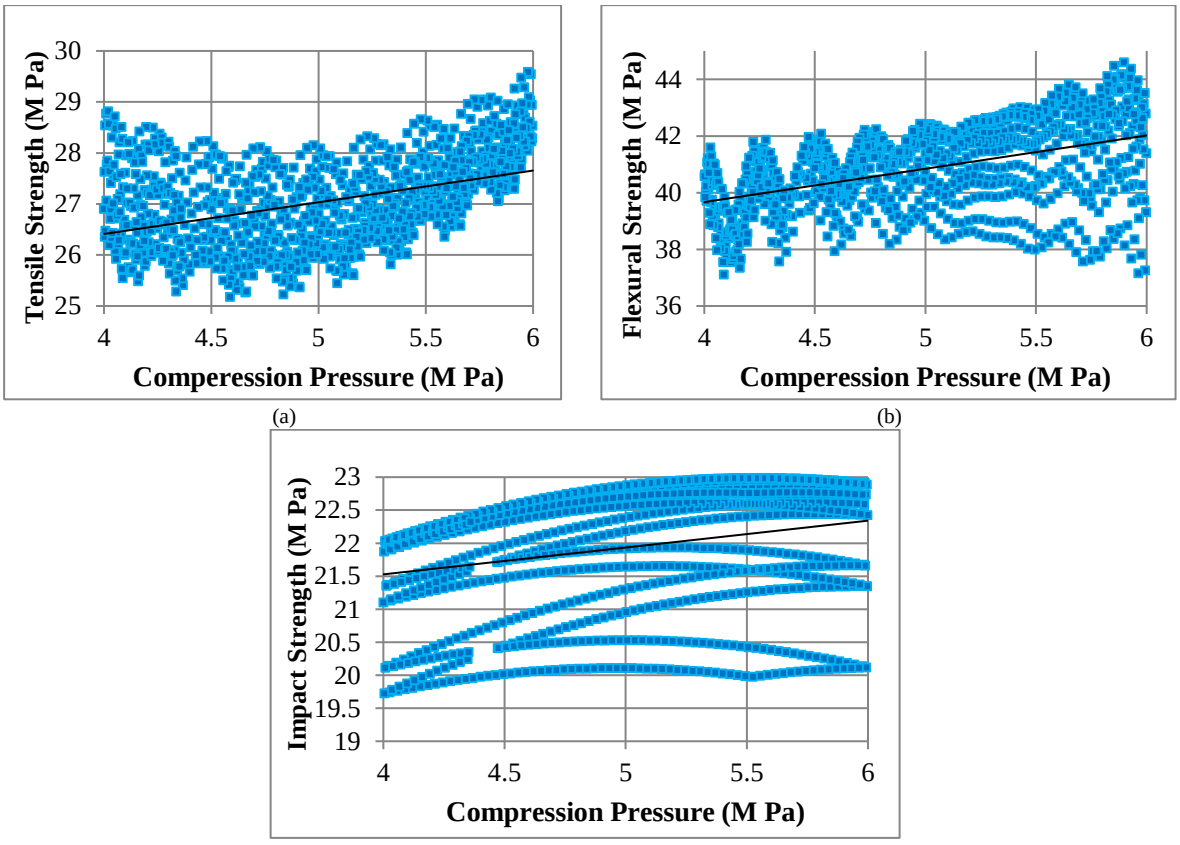


Figure 2. Effect of Compression Pressure parameter on tensile strength, impact strength and bending strength

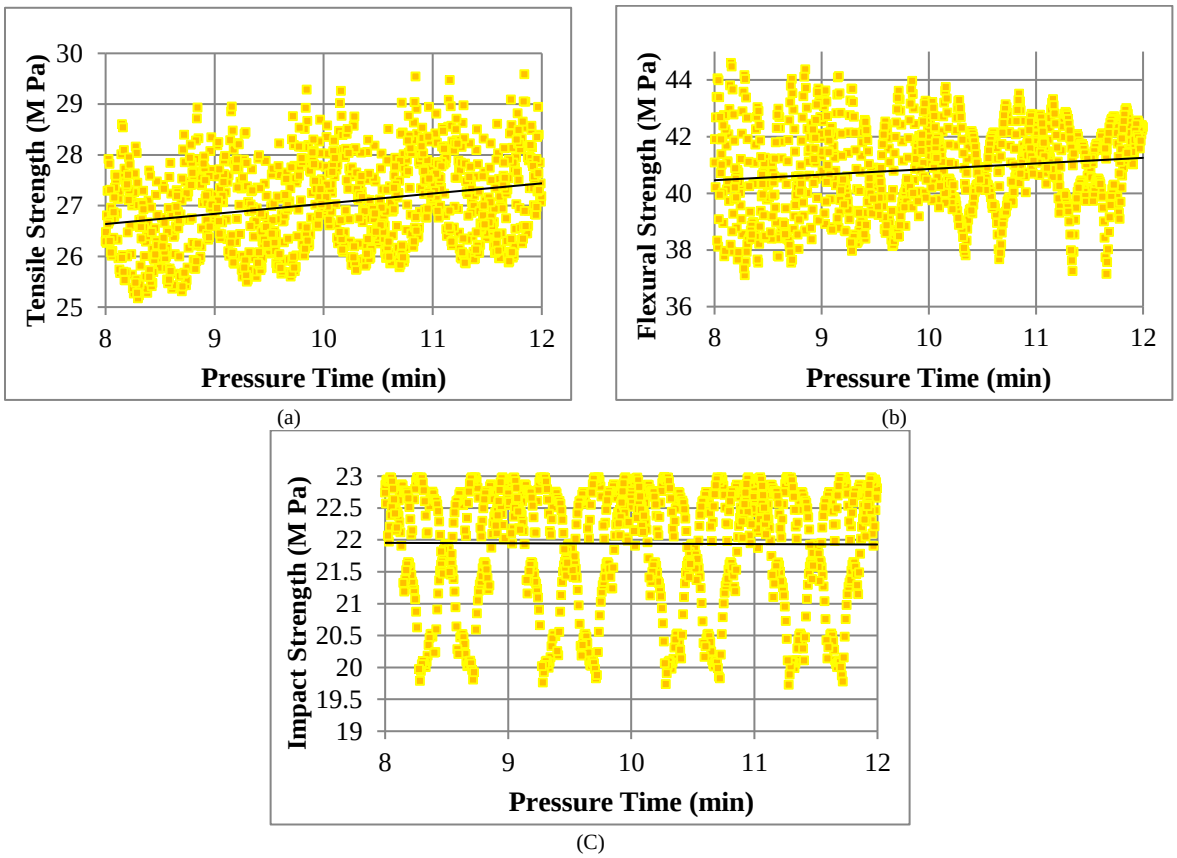


Figure 3. Effect of Pressure Time parameter on tensile strength, impact strength and bending strength

4. Conclusion

Achieving the right quality while finding the optimal conditions is one of the most important issues in the process of producing composites reinforced with natural fibers. In this article, the effect of parameters affecting the process on the mechanical properties of the composite has been investigated using the extracted regression equations and E-fast statistical analysis with MATLAB software. The obtained results are as follows:

1. Molding temperature is the most important and influential parameter in the manufacturing process of composites reinforced with jute fibers. This parameter will have the greatest effect on the mechanical properties of the reinforced composites, including impact resistance, flexural strength and tensile strength. Therefore, the appropriate choice of molding temperature is important in creating optimal conditions.

2. The second effective variable in the mechanical properties of the composite is the compression pressure during molding. It should be noted that the effect of this effective variable is from the temperature variable, so by choosing the appropriate value of the molding temperature, the pressure parameter can be used with a better penetration of the melted fibers. Develop composite quality.

3. Compression time variable with the lowest impact on mechanical properties is explained as the last influencing parameter. It is necessary to state that the low effect of this parameter compared to the two parameters of temperature and compression pressure will not cause the effect of this parameter to be ignored in the molding process and the final quality.

In future research, in addition to investigating the effect of molding temperature parameters, compression time and compression pressure, the effect of other parameters in the compression molding process of composites reinforced with jute fibers can be investigated.

Based on the research, the basic purpose of examining composites reinforced with natural fibers is to preserve the environment for future generations.

On this basis, with the aim of developing the use of composites reinforced with natural fibers in various aerospace industries, biomedical structures and other fields, it is possible to examine and suggest the construction and production of various types of composites with natural fibers.

Subsequently, it is suggested to examine the production process in economic and environmental terms, improve the manufacturing methods and use new methods in the manufacturing and production of this type of composite.

مکانیک مواد پیشرفته و هوشمند

مجله علمی مکانیک مواد پیشرفته و هوشمند

بررسی پارامترهای مؤثر بر خواص مکانیکی کامپوزیت‌های تقویت‌شده به‌وسیله‌ی کنف در فرآیند قالب‌گیری فشاری

معین طاهری[الف*]، فرشته قانع[ب]

[الف] دانشیار، گروه مهندسی مکانیک، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اراک، اراک، ایران، m-taheri@araku.ac.ir

[ب] دانشجوی کارشناسی، گروه مهندسی مکانیک، دانشکده فنی و مهندسی ، دانشگاه اراک، اراک، ایران، fereshtehghane13@gmail.com

واژگان کلیدی

کامپوزیت تقویت‌شده، الیاف کنف، آنالیز حساسیت، قالب‌گیری فشاری، خواص مکانیکی.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۰۶

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۱/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۷

چکیده

توسعه استفاده از کامپوزیت‌های تقویت‌شده همچنین پیشرفت روزافزون تکنولوژی در صنایع مختلف ازجمله هوافضا، زیست پزشکی و سازه‌ها موجب افزایش بررسی فرآیندهای تولید گردیده است. تقویت کامپوزیت‌های پلی‌پروپیلن با الیاف طبیعی کنف یک راهکار پیشنهادی در جهت حفظ محیط‌زیست همچنین بهبود کیفیت کامپوزیت خواهد بود. بر این مبنا لازم است تأثیر پارامترهای اثرگذار بر فرآیند ساخت و تولید کامپوزیت‌های تقویت‌شده با الیاف کنف مورد مطالعه قرار گیرند. در این پژوهش با استفاده از معادلات رگرسیون خطی موجود به بررسی آنالیز حساسیت پارامترهای مختلف اثرگذار بر استحکام کششی، مقاومت خمشی و مقاومت ضربه‌ای پرداخته‌شده است. اثر پارامترهای دمای قالب‌گیری، فشار فشرده‌سازی و زمان فشرده‌سازی با بهره‌گیری از روش آنالیز حساسیت ای-فست بررسی گردیده است. دمای قالب‌گیری با بیشترین میزان تأثیر نسبت به سایر متغیرها به‌عنوان تأثیرگذارترین متغیر بر فرآیند قالب‌گیری فشاری تعیین می‌گردد. پارامتر فشار فشرده‌سازی و زمان فشرده‌سازی پس از پارامتر ذکرشده به ترتیب دومین و سومین پارامتر تأثیرگذار شناخته می‌شوند. اهمیت و تأثیر متغیرهای تعریف‌شده در فرآیند قالب‌گیری فشاری، در ایجاد کیفیت و خواص مکانیکی مطلوب مورد توجه خواهد بود.

۱- مقدمه

تکنولوژی و گسترش دستیابی به انواع مواد موجب افزایش نگرانی‌های زیست‌محیطی گردیده است. استفاده از مواد طبیعی و قابل بازیافت یکی از گزینه‌های پیشنهادی در حفظ محیط‌زیست به شمار می‌رود. با تمرکز بر این اساس تقویت کامپوزیت‌ها با الیاف طبیعی موردبررسی قرارگرفته است. علاوه بر آن روش‌های ساخت و تولید بهینه کامپوزیت‌های تقویت‌شده همچنین پارامترهای مؤثر در فرآیند مورد تحقیق قرارگرفته است. قالب‌گیری فشاری به‌عنوان یکی از تکنیک تولیدی کامپوزیت شناخته‌شده است. یافتن شرایط بهینه فرآیند مستلزم بررسی توأم چند پارامتر با استفاده از روش‌های تحلیل آماری و استخراج معادله رگرسیون[1] خواهد بود.

در پژوهش انجام‌شده توسط هه و همکاران [۱] متغیرهای فرآیند قالب‌گیری فشاری ۲ در ساخت کامپوزیت‌های تقویت‌شده با

[1] Regression Equation
[2] Compression molding

* نویسنده مسئول؛ تلفن: ۰۸۶۳۲۶۲۵۷۲۴

آدرس پست الکترونیک: m-taheri@araku.ac.ir

الیاف پایه موردبررسی قرارگرفته است. هدف اصلی این بررسی برطرف سازی مشکلات فرآیند، ارتقای کیفیت مکانیکی و تأثیر توأم قالب‌گیری و خواص مکانیکی عنوان‌شده است. در این جهت با استفاده از روش پاسخ سطح[۱] و نمودار کانتور و سطح[۲] شرایط بهینه چند پارامتری بیان گردیده است. خالد و همکاران [۲] در آزمایش‌های متعدد مقدار خمش و درصدهای وزنی متفاوت مقدار الیاف کنف [۳] و شیشه در کامپوزیت‌های اپوکسی[۴] را موردبررسی قرار داده‌اند. زیست‌تخریب‌پذیری، دسترسی آسان و هزینه کم الیاف کنف از دلایل برجسته طراحی آزمایش‌ها بیان گردیده است. نتایج حاصل از تحقیق نشان می‌دهد الیاف کنف در تقویت مقاومت ضربه‌ای و الیاف شیشه در توزیع تنش کامپوزیت مؤثر خواهند بود. یکی از چالش‌های قابل‌توجه در ساخت مواد مرکب یافتن پارامتر کلیدی همچنین بهینه‌سازی ضریب اطمینان است. برای تحقق این موضوع ماهارشی و همکاران [۳] خواص مکانیکی و تنش کامپوزیت‌های تقویت‌شده با الیاف کنف در برابر برش با جت آب ساینده و آسیاب دستی[۵] را با میکروسکوپ الکترونی روبشی موردبررسی قرار داده‌اند. در تحقیق داس و همکاران [۴] خواص مکانیکی ، فیزیکی و شیمیایی کامپوزیت‌های پلی‌پروپیلن تقویت‌شده با الیاف کنف بررسی‌شده است. در این راستا آزمایش‌های مکانیکی و شیمیایی با درصد وزنی متفاوت از الیاف جوت[۶] برای یافتن بهینه‌ترین مدل صورت گرفته است. گویندار راجو و همکاران [۵] باهدف توسعه فرآیند ساخت کامپوزیت‌های طبیعی، فرآیند قالب‌گیری فشاری کامپوزیت پلی‌پروپیلن تقویت‌شده با الیاف پشم را موردبررسی قرار داده‌اند. در این بررسی متغیرهای وابسته همانند مقاومت کششی و متغیرهای مستقل دما، فشار و زمان توسط روش تحلیلی پاسخ سطح آزمایش گردیده است. همچنین با استفاده از معادله رگرسیون استخراج‌شده شرایط بهینه شناسایی شده است.

در پژوهش سودهندرا و همکاران [۶] با توجه به اهمیت پردازش کامپوزیت‌ها در بهبود کیفیت، کامپوزیت ترموپلاستیک تقویت‌شده با الیاف کربن (کامپوزیت تقویت‌شده پلی اترکتون)[۷] بررسی‌شده است. در این بررسی با استفاده از روش باکس بنکن[۸] در تحلیل پاسخ سطح و آزمایش اعتبار سنجی پارامترها محدودیت عملی استخراج گردیده و بهینه‌ترین حالت تعیین‌شده است. بر مبنای بررسی اولانیران و همکاران [۷] لازم است استحکام و دمای کاری آلومینیوم ۷۰۷۵ [۹] افزایش یابد. بنابراین در پژوهشی کامپوزیت آلومینیوم ۷۰۷۵ تقویت‌شده با مالیدن پایدار حرارتی مورد آزمایش قرارگرفته است. با استفاده از مدل رگرسیون خواص مکانیکی و حرارتی بررسی گردیده است. کاراچور و همکاران [۸] کامپوزیت الیاف شیشه و کنف هیبرید[۱۰] را موردتحقیق قرار داده‌اند. در این آزمایش‌ها به ترتیب خواص مورفولوژی با میکروسکوپ الکترونی روبشی، خواص مکانیکی با آزمایش کشش و سختی ویکرز[۱۱] و خواص فیزیکی با آزمایش تست افت احتراق[۱۲] جمع‌آوری و بررسی‌شده است.

در پژوهش لاروزا و همکاران [۹] با تمرکز بر اهمیت حفظ محیط‌زیست بازیافت کامپوزیت ترموست تقویت‌شده با الیاف کربن[۱۳] موردبررسی قرارگرفته است. در این مطالعه تحلیل هزینه‌های چرخه عمر کامپوزیت همچنین انتخاب بهترین روش برای استفاده مجدد مواد بازیافتی تصفیه شیمیایی شده موردتوجه است.

هان و همکاران [۱۰] به بررسی کامپوزیت‌های تقویت‌شده با الیاف گرافن و نانولوله‌های کربنی پرداخته است. اهداف اصلی این پژوهش بررسی اثر درصد وزنی متفاوت گرافن بر خواص مکانیکی کامپوزیت، روش‌های مختلف سنتز الیاف گرافن و نانولوله‌های کربنی همچنین نحوهٔ هم‌افزایی تقویت‌کننده‌ها است. در این بررسی المان محدود، مدل‌سازی چند مقیاسی و دینامیک مولکولی به‌عنوان روش‌های تجزیه‌وتحلیل مورداستفاده قرارگرفته است.

کامپوزیت‌های پلیمری تقویت‌شده با الیاف[۱۴] در پژوهش شارما و همکاران [۱۱] موردبررسی قرارگرفته است. بررسی توسعه

[1] Response surface equations
[2] Contour and surface plots
[3] jute fiber
[4] epoxy composites
[5] conventional Hand Grinder
[6] jute fibers
[7] carbon fiber (CF)- reinforced polyetherketone (PEK) thermoplastic composites
[8] Box-Behnken Design
[9] Al 7075
[10] Jute/Glass Fiber Reinforced Hybrid Composites
[11] Vickers hardness
[12] Ignition loss test
[13] Carbon fiber (CF) reinforced thermoset composite
[14] Fiber-reinforced Polymer Composites (FRPCs)

تعامل فیبر و ماتریس همچنین افزودن نانو ذرات از اهداف اصلی این پژوهش تبیین گردیده است. متعاقباً کاربرد این نوع کامپوزیت در صنایع هوافضا، خودرو، مکانیک و زیست پزشکی موردبحث قرارگرفته است.

با توجه به استفاده گسترده از کامپوزیت‌های زمینه فلزی در زمینه‌های متعدد، تقویت کامپوزیت زمینه فلزی با نانو ذرات آلومینا و آلومینیوم توسط تانگ و همکاران [۱۲] موردمطالعه قرارگرفته است. در این پژوهش کامپوزیت‌های تقویت‌شده با بهره‌گیری از شبیه‌سازی دینامیک مولکولی بررسی گردیده است. بر مبنای کاربرد کامپوزیت تقویت‌شده با الیاف ای-گلس[1] در جلوگیری از نشت گاز در حامل‌های گاز طبیعی، استحکام کششی این نوع کامپوزیت توسط جاجئونگ و همکاران [۱۳] مورد تحقیق قرارگرفته است. در پژوهش تان و همکاران [۱۴] بررسی چقرمگی شکست کامپوزیت‌های پلیمری تقویت‌شده با توجه به اثر ریزساختار ویژگی‌های سازنده کامپوزیت صورت گرفته است. نتایج حاصل از این تحقیق در توسعه کامپوزیت با چقرمگی بالا نقش فزاینده‌ای خواهد داشت. در پژوهش ما و همکاران [۱۵] در راستای یافتن بهترین هندسه توپولوژیکی[2] و نحوه جهت‌گیری الیاف، کامپوزیت‌های تقویت‌شده با الیاف سبک[3] بررسی گردیده است. با بهره‌گیری از فیلامنت[4] چاپ سه‌بعدی الگوریتم بهینه‌سازی استخراج‌شده است و پارامترهای چگالی و زاویه فیبر بررسی گردیده است. چاندراسخار و همکاران [۱۶] در راستای بهینه‌سازی کامپوزیت‌های تقویت‌شده با الیاف درجه‌بندی‌شده[5]، بررسی توپولوژی ماتریکس و توزیع فیبر را ارائه کرده‌اند. در این بررسی پیشنهاد گردیده است که توپولوژی ماتریکس و فیبر به روش یک شبکه عصبی[6] توسعه یابد. در پژوهش شاه و همکاران [۱۷] خواص مکانیکی افزودن اکسید گرافن بر نانو کامپوزیت تولیدشده به روش چاپ سه‌بعدی بررسی گردیده است. تحلیل پراکندگی اکسید گرافن با استفاده از پراکندگی فراصوت[7] صورت گرفته است. همچنین بیان می‌شود که استفاده از نانو کامپوزیت در زمینه‌های خودرو، زیست پزشکی و ورزش توسعه‌یافته است.

در تحقیق راجا و همکاران [۱۸] افزودن اکسید گرافن و پلی‌پروپیلن به کامپوزیت رزین اپوکسی بررسی گردیده است. هدف از این تحقیق توسعه خواص مکانیکی و بررسی مشکلات تقویت کامپوزیت بوده است. نتایج حاصل از این تحقیق بیان می‌کنند که کامپوزیت رزین اپوکسی مخلوط شده با ده درصد وزنی اکسید گرافن و ده درصد وزنی پلی‌پروپیلن قادر به توسعه خواص مکانیکی خواهد بود که استفاده از این کامپوزیت در ساخت قطعات مورد انتظار خواهد بود. دوکوبو و همکاران [۱۹] با تمرکز بر فرآیند فرزکاری کامپوزیت‌ها، شرایط بهینه برای فرزکاری کامپوزیت‌های جی-اف-آر- پی(پلیمر تقویت‌شده با شیشه)[8] را استخراج نموده‌اند. بر این مبنا پارامترهای سایش ابزار، طول عمر و هزینه ابزار برشی بررسی گردیده است. در پژوهش دمیرهان و همکاران [۲۰] مقاومت در برابر آتش و قابلیت هدایت حرارتی کامپوزیت پلی‌پروپیلن تقویت‌شده با یک سیستم بازدارنده شعله[9] موردمطالعه و آزمایش قرارگرفته است. سان و همکاران [۲۱] در پژوهشی کامپوزیت سیمانی رسانای الکتریکی را موردبررسی قرار داده‌اند. رفتار مکانیکی و الکتریکی کامپوزیت‌های سیمانی و تأثیر سرباره و گرافیت در ساختار کامپوزیت آزمایش گردیده است. در راستای بهینه‌سازی ساختار کامپوزیت مکانیسم‌های ریزساختاری گرافیت و سرباره با میکروسکوپ الکترونی روبشی و آنالیز حساسیت متغیرهای موجود بررسی‌شده است.

کامپوزیت‌های پلیمری یکی دیگر از انواع کامپوزیت‌ها جایگاه ویژه‌ای در صنایع مختلف دارد. بر اساس این کاربرد گسترده دولال و همکاران [۲۲] خواص مکانیکی و حرارتی کامپوزیت‌های پلیمری با الیاف هوشمند چندمنظوره [10] را مورد آزمایش قراردادند. در این بررسی رویکرد جدیدی برای رسوب لایه‌لایه مواد بر روی الیاف شیشه تبیین گردیده است.

استحکام پایین تحت عنوان اصلی‌ترین مشکل کامپوزیت‌های تقویت‌شده با الیاف طبیعی شناخته می‌شود. بر این اساس آرول

[1] E-glass fiber-reinforced composite
[2] Topological optimized geometries
[3] Lightweight fiber-reinforced composite
[4] Filament
[5] Functionally graded continuous fiber-reinforced composites (FRC)
[6] Neural network (NN)
[7] Sonication dispersion
[8] GFRP (Glass Fiber Reinforced Polymer) composites
[9] Intumescent flame retardant (IFR)
[10] Smart and multifunctional fiber reinforced polymer (FRP) composites

و همکاران [۲۳] اهداف اصلی آزمایش‌های متعدد را اقدام به بهینه‌سازی چقرمگی شکست کامپوزیت‌های رزین اپوکسی بیان کردند. آسیب‌های این نوع کامپوزیت با فراکتوگرافی[1] و میکروسکوپ الکترونی روبشی بررسی گردیده است. بهارا و همکاران [۲۴] با بررسی کامپوزیت اپوکسی تقویت‌شده با فیبر حصیری و اسید اکریلیک[2] توسعه خواص مکانیکی و روش‌های تولید این نوع کامپوزیت را توسعه دهند. بر مبنای نتایج حصول یافته از این آزمایش بهره‌گیری از این نوع کامپوزیت در ساختار بدنه خودرو پیشنهاد گردیده است. پاتل و همکاران [۲۵] در پژوهشی ویژگی‌های فیزیکی، حرارتی و مکانیکی همچنین پیشرفت‌های کامپوزیت‌های اپوکسی تقویت‌شده را مرور کردند. در این پژوهش عوامل مؤثر بر خواص ذکرشده بررسی و تبیین گردیده است. توسعه استفاده از کامپوزیت‌های الیاف طبیعی در آینده‌ای نزدیک موجب گردیده تا ونکاتش و همکاران [۲۶] خواص مکانیکی و فیزیکی کامپوزیت ماتریس پلیمری تقویت‌شده را بررسی کنند. در این تحقیق تأثیر تشکیل لایه بر خواص مکانیکی و نوع ساختار لایه‌ها بر اساس مواد تقویت‌کننده موردبررسی قرارگرفته است.

کامپوزیت‌های تقویت‌شده با الیاف طبیعی هیبریدی با اپوکسی ۶۵ درصد وزنی توسط بوپاتی و همکاران [۲۷] بررسی گردیده است. در آزمایش‌های این نوع کامپوزیت تأثیر انواع مختلف الیاف طبیعی بر خواص کامپوزیت تشریح و بررسی گردیده است.

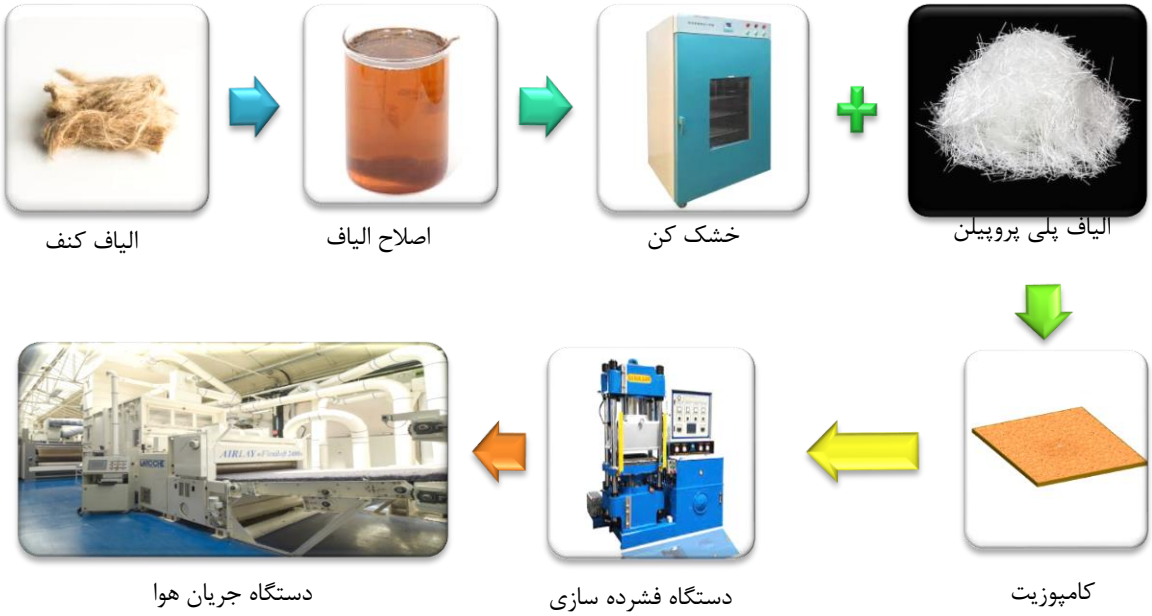
با توجه به کاربرد متعدد کامپوزیت‌ها سینگ و همکاران [۲۸] کامپوزیت اصطکاکی تقویت‌شده با الیاف طبیعی[3] جهت استفاده در سیستم ترمز خودرو مورد بررسی قرار داده‌اند. در این پژوهش درصدهای وزنی و چند نوع الیاف طبیعی مورد تحلیل حساسیت و آزمایش‌های اعتبار سنجی قرارگرفته است. کامپوزیت تقویت‌شده فیبر رامی[4] با درصد وزنی ۵ به‌عنوان بهینه‌ترین کامپوزیت تبیین گردیده است. بر مبنای استفاده از کامپوزیت‌های تقویت‌شده دارای سنسور ارتعاشی[5] در پیشگیری و شناسایی آسیب سازه‌ها، سلیمانی و همکاران [۲۹] به بررسی نحوه قرارگیری سنسور ارتعاشی در این نوع کامپوزیت پرداخته‌اند. فارماکوفسکایا و همکاران [۳۰] رفتار مکانیکی پنل‌های ساخته‌شده با نانو کامپوزیت پلاستیک کربنی را بررسی کرده‌اند. بررسی تغییر شکل، تنش پسماند و استخراج ویژگی‌های ترموالاستیک[6] لایه‌های کامپوزیت از اهداف اصلی این تحقیق عنوان‌شده است.

در این تحقیق تأثیر هم‌زمان پارامترها با استفاده از تحلیل آماری ای-فست[7] موردبررسی قرارگرفته است. دمای قالب‌گیری، فشار و زمان فشرده‌سازی کامپوزیت به‌عنوان پارامترهای منتخب فرآیند تعریف گردیده و با استفاده از روش آنالیز حساسیت ای-فست تحلیل و بررسی‌شده است. بررسی تأثیر هم‌زمان پارامترها به ترتیب بر استحکام کششی، مقاومت خمشی و مقاومت ضربه‌ای به‌عنوان هدف اصلی این تحقیق تبیین می‌گردد.

۲- مدل‌سازی

تقویت کامپوزیت‌های پلی‌پروپیلن با بهره‌گیری از الیاف طبیعی همانند الیاف کنف یک راهکار پیشنهادی در راستای ارتقای خواص مکانیکی است. تهیه الیاف تقویت‌شده با فیبرهای کنف در چهار مرحله صورت می‌گیرد. در مرحله اول فیبرهای کنف در یک محلول امولسیون[8] و روغن آمینو سیلیکون[9] قرار داده می‌شوند. در ادامه به مدت ۴۰ دقیقه در نوسانگر اولتراسونیک[10] قرار می‌گیرند. با اتمام چرخش از نوسانگر خارج می‌گردند و به‌صورت دستی فشار داده‌شده و در خشک‌کن قرار داده می‌شوند. در مرحله دوم می‌بایست الیاف پلی‌پروپیلن و فیبرهای کنف مخلوط شوند. در مرحله سوم فرآیند الیاف مخلوط شده در دستگاه جریان هوا قرار می‌گیرد و یک‌لایه تقویت‌شده با ۳۳ درصد وزنی کنف حاصل می‌گردد. در آخرین مرحله ۴ لایه از الیاف تقویت‌شده در دستگاه قالب‌گیری تا دمای قالب‌گیری گرم می‌شوند. درنهایت با افزایش پله‌ای فشار تا فشار حداکثر قالب‌گیری فشاری صورت می‌گیرد.

[1] Fractography
[2] Acrylic acid treated rattan fiber reinforced epoxy (RF/Epoxy) composite
[3] fiber-reinforced friction composite
[4] Ramie fiber
[5] Vibrational sensor
[6] Thermoelastic characteristics
[7] E- Fast
[8] Emulsion Solution
[9] Amino Silicone Oil
[10] ultrasonic



شکل ۱ مراحل تولید کامپوزیت تقویت‌شده پروپیلن به‌وسیله کنف

۲-۱- آنالیز حساسیت

تحلیل حساسیت به‌عنوان یک راهکار منطقی در راستای شناسایی نقاط بحرانی، تائید یک مدل پیشنهادی و نحوه جمع‌آوری داده‌ها به شمار می‌رود. از دیگر مزیت‌های این روش می‌توان به یافتن پارامتر کلیدی فرآیند، بررسی اثرگذاری پارامترها بر مدل همچنین نحوهٔ پاسخ مدل اشاره نمود. بر مبنای روش و کاربرد تحلیل حساسیت روش‌های گرافیکی، ریاضی و آماری می‌توانند مورد استفاده واقع شوند. بر این اساس روش‌های مختلفی برای بهره‌گیری از هر نوع تحلیل حساسیت استخراج شده است. لازم به ذکر است که هرکدام از روش‌های تحلیل علاوه برداشتن مزایا نسبت به سایر روش‌ها دارای نقاط ضعف نیز می‌باشند که بر مبنای اهداف پژوهش و نوع تحلیل مدل مدنظر از سوی محققان تعیین می‌گردد.

بررسی تأثیر محدوده پارامترهای ورودی بر پارامتر خروجی از اصلی‌ترین اهداف آنالیز حساسیت به روش ریاضی است. با استفاده از این روش دامنه تأثیر پارامترهای ورودی تأثیرگذار بر مدل متعاقباً اهم پارامتر ورودی مشخص می‌گردد. تحلیل حساسیت به روش آماری شامل تحلیل واریانس، معادله رگرسیون، روش‌های پاسخ سطح و معادلات سری فوریه است. با بهره‌گیری از این نوع آنالیز حساسیت می‌توان تأثیر پارامترهای ورودی و خروجی را به‌صورت هم‌زمان بررسی نمود همچنین میزان اثرگذاری پارامترهای ورودی بر ورودی و یا پارامترهای خروجی بر خروجی مدل شبیه‌سازی‌شده را می‌توان دریافت نمود. استخراج نمودار و جدول در بررسی به روش گرافیکی صورت می‌گیرد. این روش به‌طورمعمول برای نشان دادن تأثیر پارامترهای ورودی و خروجی مورد استفاده قرار می‌گیرد. لازم به ذکر است پس این انجام این روش تحلیل گسترده مورد نیاز خواهد بود.

تحلیل معادله رگرسیون و واریانس ازجمله روش‌هایی برای تحلیل آماری داده‌ها شناخته می‌شوند. در این پژوهش تحلیل معادله رگرسیون به‌عنوان روش منتخب تحلیلی تبیین شده است. در راستای تجزیه‌وتحلیل معادل رگرسیون دو روش سوبل[1] و ای-فست به‌صورت گسترده مورداستفاده واقع می‌شوند. انتخاب یکی از این دو نوع تحلیل با توجه به میزان اهمیت نحوهٔ بررسی پارامترها ارتباط دارد.

روش سوبل یک روش آماری مناسب در جهت بررسی اثرگذاری هم‌زمان پارامترهای خروجی و ورودی است. برتری این روش باعث سرعت بخشیدن درروند آنالیز پارامترها خواهد بود.

[1] Sobol Method

تحلیل ای- فست یک روش برای تحلیل و تجزیه عدم قطعیت همچنین آنالیز حساسیت به‌کاربرده می‌شود. ای- این قابلیت را دارد تا بدون در نظر گرفتن فرضیات مدل و در نظر گرفتن یکنواختی یا غیریکنواختی مدل آن را مورد بررسی قرار دهد. با بهره‌مندی از این روش می‌توان تأثیر یک یا چند پارامتر ورودی بر خروجی را ارزیابی کرد.

۲-۲- معادلات رگرسیون

در این پژوهش باهدف بررسی تأثیر توأم پارامترهای ورودی فرآیند بر پارامتر خروجی و تعیین اهم پارامتر در فرآیند قالب‌گیری فشاری کامپوزیت روش تحلیل آماری ای-فست تبیین گردیده است.

در این بررسی با استفاده از آنالیز حساسیت ای- فست پارامترهای تعریف‌شده در فرآیند قالب‌گیری فشاری کامپوزیت تقویت‌شده با الیاف کنف موردبررسی قرارگرفته است. هدف اصلی در این تحلیل بررسی تأثیر پارامترها بر خواص مکانیکی کامپوزیت تقویت‌شده بیان می‌گردد.

مدل آماری مورد استفاده برای آنالیز حساسیت در این پژوهش معادلات رگرسیون استخراج‌شده در مرجع [۱] است. برای دستیابی به نتایج مؤثر و منطقی، اثر هم‌زمان سه پارامتر مشخص شده دمای قالب‌گیری، فشار و زمان فشرده‌سازی بر خواص مکانیکی کامپوزیت بیان شده است. تأثیر پارامترهای مورد بررسی به‌طور جداگانه و به ترتیب بر استحکام کششی، مقاومت خمشی و مقاومت ضربه‌ای در معادلات ۱-۳ تبیین گردیده است.

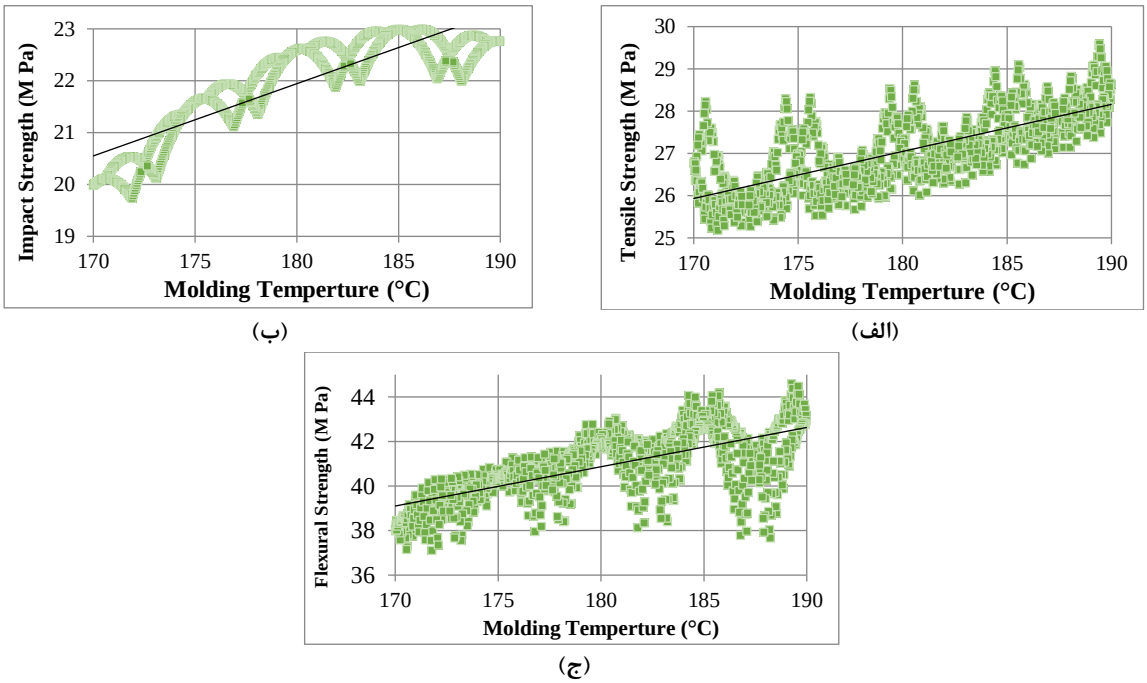
$$y_1 = 26.56 + 1.13A + 0.62B + 0.41C - 0.40AB - 0.83A^2 - 1.23B^2 - 0.20C^2 \quad (۱)$$

$$y_2 = 41.47 + 1.70A + 1.25B + 0.46C + 1.50AB - 1.49BC - 1.36A^2 - 0.58B^2 \quad (۲)$$

$$y_3 = 22.48 + 1.39A + 0.43B - 1.23A^2 - 0.40 \quad (۳)$$

۳- نتایج

در این بخش نرم‌افزارهای متلب[1] و اکسل[2] برای آنالیز حساسیت به کار گرفته شده است. تحلیل آماری با استفاده از متلب استنباط گردیده و درنهایت با نرم‌افزار اکسل تحلیل گرافیکی استخراج گردیده است. سه پارامتر مؤثر دمای قالب‌گیری، فشار فشرده‌سازی و زمان فشار به روش ای- فست بررسی گردیده است.

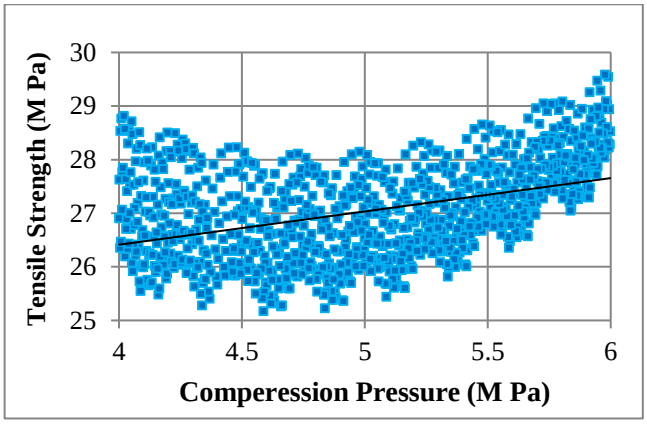


شکل ۲ تأثیر پارامتر دمای قالب‌گیری بر استحکام کششی، مقاومت ضربه‌ای و خمشی

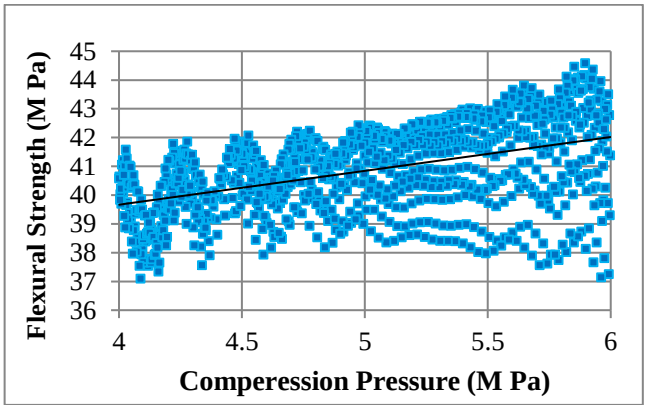
[1] Matlab
[2] Excel

نمودارهای شکل ۲ (الف-ج) تأثیر پارامتر دمای قالب‌گیری ذکر شده بر استحکام کششی، مقاومت ضربه‌ای و خمشی تصویر گردیده است. بر مبنای نمودارهای (الف- ت) افزایش دمای قالب‌گیری نسبتی مستقیم در افزایش استحکام کششی، مقاومت ضربه‌ای و خمشی خواهد داشت. تحریک مولکولی کامپوزیت به‌وسیله افزایش دمای قالب‌گیری صورت می‌گیرد و درنتیجه موجب نفوذ رزین همچنین پیوند بین الیاف بهبود خواهد یافت. تأثیر این امر در توسعه خواص مکانیکی قابل‌توجه است.

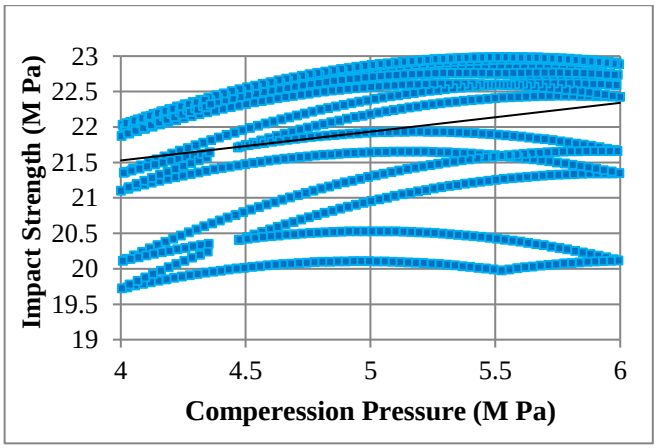
در نمودارهای (الف- ج) شکل ۳ تأثیر یکی دیگر از پارامترها نمایش داده شده است. بر مبنای نتایج آزمایش‌ها با ادامه یافتن فرآیند افزایش فشار، ذوب الیاف کنف و مواد کامپوزیت بهتر خواهد شد. همان‌طور که مشاهده می‌گردد افزایش فشار فشرده‌سازی افزایش استحکام کششی، مقاومت ضربه‌ای و خمشی را در پی خواهد داشت.



(الف)



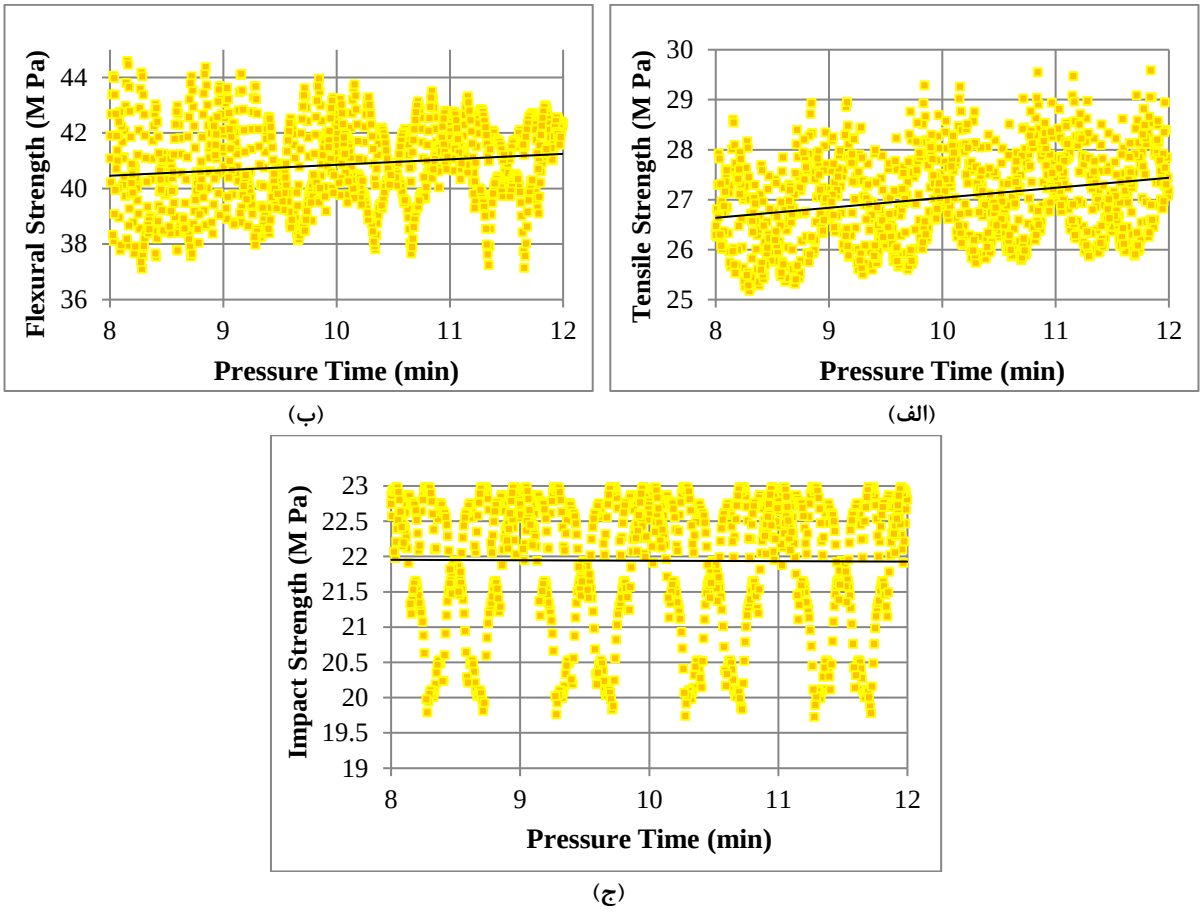
(ب)



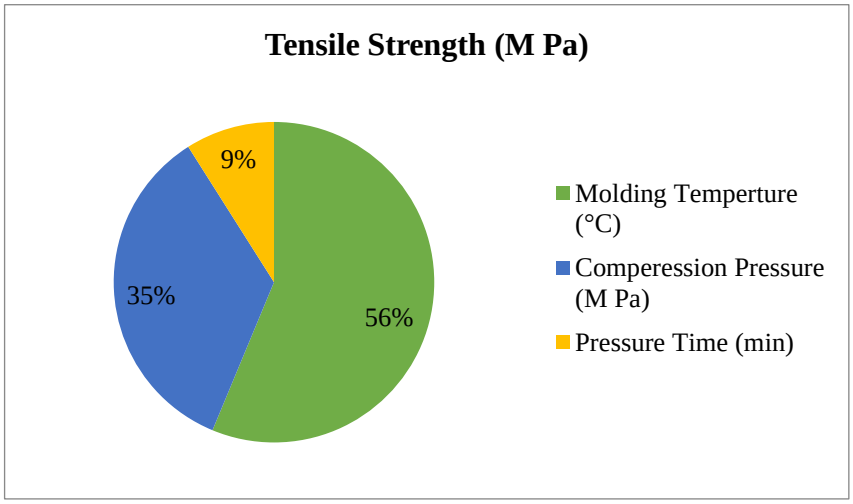
(ج)

شکل ۳ تأثیر پارامتر فشار قالب‌گیری بر استحکام کششی، مقاومت ضربه‌ای و خمشی

تأثیر پارامتر زمان فشرده‌سازی بر استحکام کششی، مقاومت ضربه‌ای و خمشی در نمودارهای شکل ۴ تصویر گردیده است. بر مبنای نتایج آزمایش‌های پیشین اگرچه ادامه یافتن فرآیند افزایش فشار سختی کامپوزیت را در پی دارد، متعاقباً موجب کاهش مقاومت ضربه‌ای می‌شود. همچنین فشار قالب‌گیری بیشتر می‌تواند منجر به کاهش نفوذ پلی‌پروپیلن و الیاف کنف در هنگام قالب‌گیری شود. درنتیجه این امر کاهش استحکام کششی قابل پیش‌بینی خواهد بود. استحکام خمشی کامپوزیت در دماهای متفاوت ابتدا روندی افزایشی خواهد داشت که با افزایش دما در فرآیند قالب‌گیری پیش‌بینی می‌شود که میزان این خاصیت کاهش یابد. لازم به ذکر است فشرده‌سازی در مدت‌زمان طولانی کاهش راندمان تولید را موجب می‌گردد.

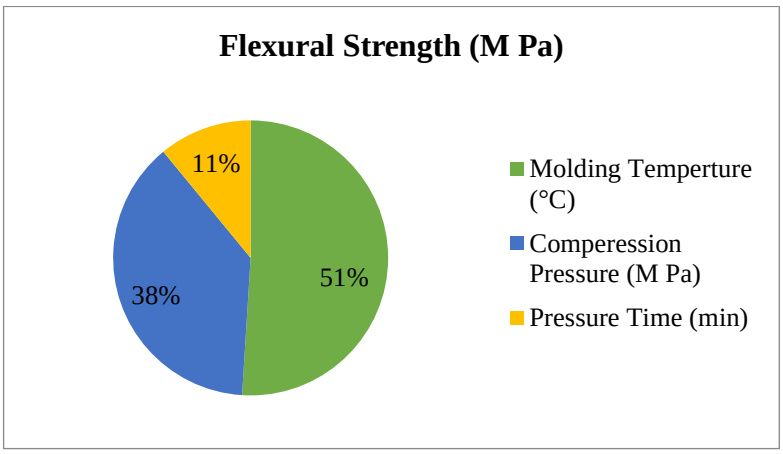


شکل ۴ تأثیر پارامتر زمان فشرده‌سازی بر استحکام کششی، مقاومت ضربه‌ای و خمشی



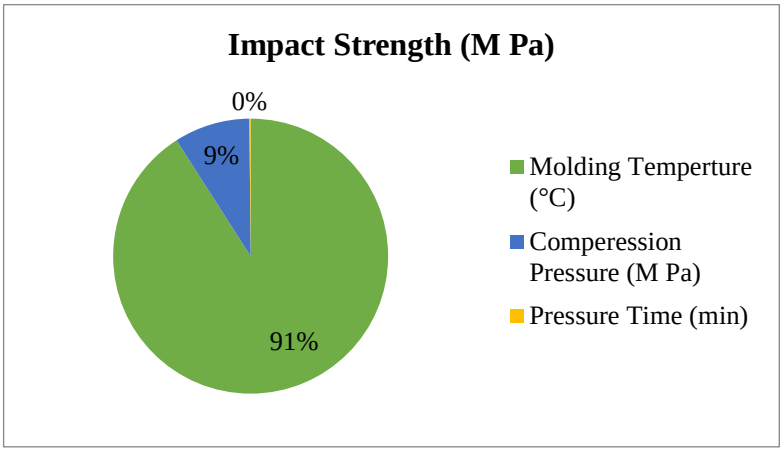
شکل ۵ تأثیر دمای قالب‌گیری، فشار فشرده‌سازی و زمان فشرده‌سازی بر استحکام کششی

نتایج کلی حصول یافته از بررسی‌های آماری تأثیرگذارترین پارامترهای فرآیند تولید کامپوزیت بر خواص مکانیکی آن در شکل‌های (۵-۷) قابل‌مشاهده است. نمودارهای نمایش داده‌شده در این بخش توسط نرم‌افزار اکسل استخراج گردیده است. با توجه به نمودار شکل ۵ این‌چنین دریافت گردیده است که دمای قالب‌گیری با میزان تأثیر ۵۶ درصد به‌عنوان قابل‌توجه‌ترین پارامتر بر استحکام کششی خواهد بود. افزون بر این پارامتر فشار فشرده‌سازی با ۳۵ درصد دومین پارامتر مؤثر بر استحکام کششی خواهد بود. زمان فشرده‌سازی با حدود ۹ درصد در قیاس با سایر پارامترها کمترین میزان تأثیر را خواهد داشت.



شکل ۶ تأثیر دمای قالب‌گیری، فشار فشرده‌سازی و زمان فشرده‌سازی بر مقاومت خمشی

تأثیر دمای قالب‌گیری، فشار فشرده‌سازی و زمان فشرده‌سازی بر مقاومت خمشی در شکل ۶ تصویر گردیده است. بر مبنای نمودار به‌دست‌آمده می‌توان این‌چنین اظهار داشت که دمای قالب‌گیری با بیش از ۵۰ درصد از کل مجموعه پارامترها مؤثرترین پارامتر تبیین می‌گردد. فشار فشرده‌سازی با ۳۸ درصد و زمان فشرده‌سازی با ۱۱ درصد به ترتیب دومین و سومین پارامترهای اثرگذار خواهند بود.



شکل ۷ تأثیر دمای قالب‌گیری، فشار فشرده‌سازی و زمان فشرده‌سازی بر مقاومت ضربه‌ای

با توجه به شکل ۷ تأثیر دمای قالب‌گیری، فشار فشرده‌سازی و زمان فشرده‌سازی بر مقاومت ضربه‌ای این‌چنین بیان می‌گردد قابل‌توجه‌ترین پارامتر مؤثر بر مقاومت ضربه‌ای دمای قالب‌گیری خواهد بود که بیشترین مقدار از کل مجموعه به این پارامتر تخصیص‌یافته است. فشار فشرده‌سازی با اختلافی چشمگیر به‌عنوان دومین پارامتر در حدود ۹ درصد است. اثر پارامتر زمان فشرده‌سازی بر مقاومت ضربه‌ای ناچیز و قابل‌چشم‌پوشی است.

بر مبنای دیدگاه مقایسه‌ای بین نمودارهای گرافیکی شکل‌های (۵-۷) و شیب خطوط در نمودارهای شکل‌های (۲-۴) می‌توان بیان نمود که آنالیز حساسیت آماری صورت گرفته بر پارامترهای فرآیند ساخت کامپوزیت تقویت‌شده با الیاف کنف دارای صحت و دقت کافی بوده است.

۴- نتیجه‌گیری

دستیابی به کیفیت مناسب هم‌زمان با یافتن شرایط بهینه یکی از مهم‌ترین مسائل در فرآیند تولید کامپوزیت‌های تقویت‌شده با الیاف طبیعی به شمار می‌رود. در این مقاله با استفاده از معادلات رگرسیون استخراج‌شده و تحلیل آماری ای-فست با نرم‌افزار متلب اثر پارامترهای تأثیرگذار در فرآیند بر خواص مکانیکی کامپوزیت موردبررسی قرارگرفته است. نتایج حصول یافته به شرح زیر است:

۱. دمای قالب‌گیری مهم‌ترین و تأثیرگذارترین پارامتر در فرآیند ساخت کامپوزیت تقویت‌شده با الیاف کنف می‌باشد. این پارامتر بیشترین مقدار اثرگذاری بر خواص مکانیکی کامپوزیت تقویت‌شده اعم از مقاومت ضربه‌ای، مقاومت خمشی و استحکام کششی خواهد بود. بنابراین انتخاب مناسب دمای قالب‌گیری در ایجاد شرایط بهینه حائز اهمیت است.

۲. دومین متغیر مؤثر بر خواص مکانیکی کامپوزیت فشار فشرده‌سازی در زمان قالب‌گیری است.لازم به ذکر است تأثیر این متغیر مؤثر از متغیر دما است بدین‌صورت که با انتخاب مقدار مناسب دمای قالب‌گیری پارامتر فشار می‌تواند بانفوذ بهتر الیاف ذوب‌شده کیفیت کامپوزیت را توسعه دهد.

۳. متغیر زمان فشرده‌سازی با کمترین مقدار تأثیر بر خواص مکانیکی به‌عنوان آخرین پارامتر تأثیرگذار تبیین می‌گردد. لازم به بیان است که میزان تأثیر کم این پارامتر در قیاس با دو پارامتر دما و فشار فشرده‌سازی موجب نخواهد شد تا از اثر این پارامتر در فرآیند قالب‌گیری و کیفیت نهایی قابل‌چشم‌پوشی باشد.

در تحقیقات آتی می‌توان علاوه بر بررسی تأثیر پارامترهای دمای قالب‌گیری، زمان فشرده‌سازی و فشار فشرده‌سازی، اثرگذاری سایر پارامترهای موجود در فرآیند قالب‌گیری فشاری کامپوزیت تقویت‌شده با الیاف کنف را موردبررسی قرارداد. بر مبنای تحقیقات هدف اساسی از بررسی کامپوزیت‌های تقویت‌شده با الیاف طبیعی حفظ محیط‌زیست برای آیندگان بیان گردیده است. بر این مبنا باهدف توسعه استفاده از کامپوزیت‌های تقویت‌شده با الیاف طبیعی در صنایع مختلف هوافضا، سازه‌ها، زیست پزشکی و سایر زمینه‌ها می‌توان ساخت و تولید انواع کامپوزیت با الیاف طبیعی را بررسی و پیشنهاد نمود. متعاقباً بررسی فرآیند تولید درزمینه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی، بهبود روش‌های ساخت و بهره‌گیری از روش‌های نوین در ساخت و تولید این نوع کامپوزیت پیشنهاد می‌گردد.

۵- فهرست علائم

عنوان	علائم اختصاری
دمای قالب‌گیری (℃)	A
فشار قالب‌گیری(Mpa)	B
زمان قالب‌گیری(min)	C
استحکام کششی (Mpa)	y_1
مقاومت خمشی (Mpa)	y_2
مقاومت ضربه‌ای(Mpa)	y_3

Authorship Contribution Statement

Dr. Moein Taheri

Biography: Moein Taheri received a BS degree in mechanical engineering from Amirkabir University of Technology, Iran, in 2008, an MS degree in mechanical engineering from Iran University of Science and Technology, Iran, in 2010, and a PhD degree in mechanical engineering from the Iran University of Science and Technology in 2014. He is a faculty member in the Mechanical Engineering Department of Arak University, Iran. His research interests include manufacturing, Sensitivity Analysis, nanotechnology especially the Nanomanipulation. He published several research papers in these fields.

Contribution Statement: Conceptualization, Methodology, Formal analysis, Validation, Project administration, Supervision, Resources.

Fereshte Ghane

Biography: Fereshte Ghane is currently a Bachelor student at Arak university and her main research interests are composites, sensitivity analysis, modern machinery methods and manufacturing.

Contribution Statement: Original draft preparation, Writing, Reviewing and Editing, Investigation, Visualization, Formal analysis, Validation.

۶- مراجع

[1] He L, Xia F, Chen D, Peng S, Hou S, Zheng J. Optimization of molding process parameters for enhancing mechanical properties of jute fiber reinforced composites. Journal of Reinforced Plastics and Composites. 2023;42:446-54.

[2] Khalid MY, Arif ZU, Sheikh MF, Nasir MA. Mechanical characterization of glass and jute fiber-based hybrid composites fabricated through compression molding technique. International Journal of Material Forming. 2021;14:1085-95.

[3] Maharshi K, Patel S. Experimental Statistical Analysis of Tensile and Shear Properties of the Jute Fabric Epoxy Composites. Journal of Natural Fibers. 2022;19:8714-26.

[4] Das SC, Paul D, Fahad MM, Das MK, Rahman GMS, Khan MA. Effect of Fiber Loading on the Dynamic Mechanical Properties of Jute Fiber Reinforced Polypropylene Composites. Advances in Chemical Engineering and Science. 2018;08:215-24.

[5] Govindaraju R, Jagannathan S, Chinnasamy M, Kandhavadivu P. Optimization of Process Parameters for Fabrication of Wool Fiber-Reinforced Polypropylene Composites with Respect to Mechanical Properties. Journal of Engineered Fibers and Fabrics. 2014;9:155892501400900.

[6] Sudheendra K, Vinodhini J, Govindaraju M, Bhowmik S. Application of Box Behnken experimental design to analyze the influence mechanism of process parameters on mechanical properties of high-performance thermoplastic composites. Journal of Thermoplastic Composite Materials. 2023;36:4482-505.

[7] Olaniran O, Adewale Akinwande A, Adesoji Adediran A, Jen T-C. Process maps and regression models for the physio-thermo-mechanical properties of sintered Al7075-Molybdenum composite. Materials Letters. 2023;332:133527.

[8] Karacor B, Özcanli M. Different Curing Temperature Effects on Mechanical Properties of Jute/Glass Fiber Reinforced Hybrid Composites. International Journal of Automotive Science and Technology. 2021;5:358-71.

[9] La Rosa AD, Greco S, Tosto C, Cicala G. LCA and LCC of a chemical recycling process of waste CF-thermoset composites for the production of novel CF-thermoplastic composites. Open loop and closed loop scenarios. Journal of Cleaner Production. 2021;304:127158.

[10] Han W, Zhou J, Shi Q. Research progress on enhancement mechanism and mechanical properties of FRP composites reinforced with graphene and carbon nanotubes. Alexandria Engineering Journal. 2023;64:541-79.

[11] Sharma H, Kumar A, Rana S, Sahoo NG, Jamil M, Kumar R, et al. Critical review on advancements on the fiber-reinforced composites: Role of fiber/matrix modification on the performance of the fibrous composites. Journal of Materials Research and Technology. 2023;26:2975-3002.

[12] Tang J, Ahmadi A, Alizadeh Aa, Abedinzadeh R, Abed AM, Smaisim GF, et al. Investigation of the mechanical properties of different amorphous composites using the molecular dynamics simulation. Journal of Materials Research and Technology. 2023;24:1390-400.

[13] Jeong Y-J, Kim H-T, Kim J-D, Kim J-H, Kim S-K, Lee J-M. Evaluation of mechanical properties of glass fiber-reinforced composites depending on length and structural anisotropy. Results in Engineering. 2023;17:101000.

[14] Tan W, Martínez-Pañeda E. Phase field predictions of microscopic fracture and R-curve behaviour of fibre-reinforced composites. Composites Science and Technology. 2021;202:108539.

[15] Ma G, Yang W, Wang L. Strength-constrained simultaneous optimization of topology and fiber orientation of fiber-reinforced composite structures for additive manufacturing. Advances in Structural Engineering. 2022;25:1636-51.

[16] Chandrasekhar A, Mirzendehdel A, Behandish M, Suresh K. FRC-TOuNN: Topology Optimization of Continuous Fiber Reinforced Composites using Neural Network. Computer-Aided Design. 2023;156:103449.

[17] Shah M, Ullah A, Azher K, Ur Rehman A, Akturk N, Juan W, et al. The Influence of Nanoparticle Dispersions on Mechanical and Thermal Properties of Polymer Nanocomposites Using SLA 3D Printing. Crystals. 2023;13:285.

[18] Raja GM, Vasanthanathan A, Jeyasubramanian K. Novel Ternary Epoxy Resin Composites Obtained by Blending Graphene Oxide and Polypropylene Fillers: An Avenue for the Enhancement of Mechanical Characteristics. Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials. 2023;33:383-97.

[19] Ducobu F, Mélice E, Rivière-Lorphèvre E, Beuscart T, Aizpuru O, Granjon A, et al. Sensitivity Analysis of Various Geometries of PCD and Cemented Tungsten Carbide Cutting Tools during the Milling of GFRP Composite. Polymers. 2022;14:1524.

[20] Demirhan Y, Yurtseven R, Usta N. The effect of boric acid on flame retardancy of intumescent flame retardant polypropylene composites including nanoclay. Journal of Thermoplastic Composite Materials. 2023;36:1187-214.

[21] Sun J, Lin S, Zhang G, Sun Y, Zhang J, Chen C, et al. The effect of graphite and slag on electrical and mechanical properties of electrically conductive cementitious composites. Construction and Building Materials. 2021;281:122606.

[22] Dulal M, Islam MR, Maiti S, Islam MH, Ali I, Abdelkader AM, et al. Smart and Multifunctional Fiber-Reinforced Composites of 2D Heterostructure-Based Textiles. Advanced Functional Materials. 2023;33:2305901.

[23] Arul M, Sasikumar KSK, Sambathkumar M, Dineshkumar K. Enhancement of Fracture Toughness Characteristics of Woven Jute Fabric Mat Reinforced Epoxy Composites with SiC Fillers. Journal of Natural Fibers. 2023;20:2144979.

[24] Behera S, Mohanty JR, Nath G, Mahanta TK. Exploring Properties of Short Randomly Oriented Rattan Fiber Reinforced Epoxy Composite for Automotive Application. Journal of Natural Fibers. 2023;20:2163024.

[25] Patel RV, Yadav A, Winczek J. Physical, Mechanical, and Thermal Properties of Natural Fiber-Reinforced Epoxy Composites for Construction and Automotive Applications. Applied Sciences. 2023;13:5126.

[26] Venkatesh R, Ballal S, Krishnan AM, Prabagaran S, Mohankumar S, Ramaraj E. Effect of fiber layer formation on mechanical and wear properties of natural fiber filled epoxy hybrid composites. Heliyon. 2023;9:e15934.

[27] Boopathi S, Balasubramani V, Sanjeev Kumar R. Influences of various natural fibers on the mechanical and drilling characteristics of coir-fiber-based hybrid epoxy composites. Engineering Research Express. 2023;5:015002.

[28] Singh T, Singh V, Ranakoti L, Kumar S. Optimization on tribological properties of natural fiber reinforced brake friction composite materials: Effect of objective and subjective weighting methods. Polymer Testing. 2023;117:107873.

[29] Slimani M, Khatir T, TIACHACHT S, BOUTCHICHA D, Benaissa B. Experimental sensitivity analysis of sensor placement based on virtual springs and damage quantification in CFRP composite. Journal of Materials and Engineering Structures «JMES». 2022;9:207-20.

[30] Farmakovskaya AA, Okorokova NS, Perchenok AV. Investigation of mechanical properties of composite materials reinforced with carbon fibers. E3S Web of Conferences. 2023;389:01085.