

გრაფენის ოქსიდით განმტკიცებული პოლიმერული ნანოკომპოზიტების სინთეზი

სოფიო მიქაბერიძე¹

¹საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, კოსტავას 77, საქართველო, თბილისი

აბსტრაქტი

ახალი ათასწლეულის დასაწყისიდან „3D“ კონცეფცია მტკიცედ შემოვიდა ჩვენს ყოველდღიურ ცხოვრებაში. 3D ბეჭდვის ტექნოლოგიები გვიხსნის ახალ შესაძლებლობებს შემოქმედებით, მეცნიერებაში, ტექნოლოგიაში და ყოველდღიურ ცხოვრებაში. 3D პრინტერი, ან სამგანზომილებიანი საბეჭდი მანქანა, უნიკალური თანამედროვე ხელსაწყოა, რომლითაც შეგვიძლია დავბეჭდოთ, როგორც მცირე, ასევე დიდი ზომის ობიექტები. 3D ბეჭდვის ტექნოლოგიაში თავდაპირველად კომპიუტერში იქმნება ობიექტის სტრუქტურის ციფრული მოდელი, რომელიც ურთიერთქმედებს პრინტერთან და შესაბამისი ბრძანების შედეგად იწყებს ფენა-ფენა პროდუქტის ფორმირებას. 3D ბეჭდვის უპირატესობა ჩვეულებრივ ბეჭდვასთან შედარებით არის მაღალი სიჩქარე, სიმარტივე და შედარებით დაბალი ღირებულება [1-2]. სწორედ ამიტომ, ეს სამუშაო ეხება გრაფენის ოქსიდით განმტკიცებული პოლიმერული ნანოკომპოზიტების სინთეზი, სადაც მატრიცად გამოყენებულია პოლიდიმეთილსილოქსანი. თავდაპირველად განხორციელდა გრაფენის ოქსიდის სინთეზი ჰამმერსის მოდიფიცირებული მეთოდით და სხვადასხვა პროცენტული კონცენტრაციით შერეული იქნა პოლიდიმეთილსილოქსანში. გრაფენის ოქსიდის ფირფიტების ერთგვაროვანი დისპერსიის მიზნით პოლიდიმეთილსილოქსანი გავხსენით ქლოროფორმში და შერევა განვახორციელეთ ულტრასონირების მეთოდით. მიღებული ნარევი გავაშრეთ და ექსტრუდერის გამოყენებით დავამზადეთ 1მმ სისქის პოლიმერული ძაფები შემდგომი კვლევებისთვის.

საკვანძო სიტყვები: გრაფენის ოქსიდი, პოლიდიმეთილსილოქსანი, ექსტრუდერი, ძაფი.

შესავალი

XXI საუკუნეს ხშირად უწოდებენ პოლიმერის საუკუნეს, ვინაიდან თუ მიმოვიხედოთ ირგვლივ: სახლში, ტრანსპორტში, სამუშაო ადგილებში ყველგან გარს გვაკრავს პოლიმერები.

მრავალ ნაკეთობაში შეიძლება შევხვდეთ პოლიმერებს, უფრო ზუსტად პოლიმერულ მასალებს.

პოლიმერული კომპოზიციური მასალები პირველ რიგში გამოირჩევიან მექანიკური თვისებებით და სითბოს მოქმედების მიმართ მდგრადობით ბევრად აღემატებიან სუფთა პოლიმერებს. კომპოზიტების ღირსება არის კიდევ ის, რომ მათ შეიძლება ნებისმიერი ფორმა მიიღონ. ნაწარმის ფორმირება ჯდება შედარებით იაფი და გამოირჩევა მაღალი ხარისხით, რაც ნაკლებ შრომას მოითხოვს. ასევე პოლიმერული კომპოზიციური მასალები ხასიათდებიან გამძლეობით, თერმოსტაბილურობით, შედარებით დაბალი ფასი აქვთ, ვიდრე მეტალურ შენადნობებს [3].

პოლიმერული კომპოზიტების მომზადების ერთერთი მეთოდია დნობით შერევა. პოლიმერული მასალების მომზადების დნობის შერევის მეთოდი მოიცავს პოლიმერის დნობას, რასაც მოჰყვება ნაწარმის ნაწილ-ნაწილ დამატება. დნობის შერევის პროცესზე გავლენას ახდენს შემდეგი ფაქტორები, გამოყენებული პოლიმერის და ნაწარმის ტიპი, პროცესის ტემპერატურა და პროცესის ხანგრძლივობა. პოლიმერული მასალების დნობით შერევა შესაძლოა მოხდეს შემრეველებით ან ექსტრუდერებით. ეს პროცესი იძლევა ნედლეულის უწყვეტ, სწრაფ და მარტივ ტრანსფორმაციას სასურველ პროდუქტად. თუმცა, დნობით შერევის პროცესში მაღალმა ტემპერატურამ შეიძლება გამოიწვიოს გამოყენებული პოლიმერების თერმული დეგრადაცია. აქედან გამომდინარე, მნიშვნელოვანია ტემპერატურული რეჟიმის შერჩევა პოლიმერული ნაწარმის მომზადების წარმოებისთვის, სასურველი თვისებების მქონე საბოლოო პროდუქტების მისაღებად [23].

გრაფენით განმტკიცებულ 3D ბეჭდვის პოლიმერულ ძაფებს აქვთ ძლიერი, გამტარ კომპოზიტების წარმოების პროცესის განვითარების პოტენციალი. არსებობს ამ ნახშირბადის ნაწარმის ნაწარმის დანამატების მრავალი გამოყენება 3D პრინტერის ძაფებში, მათ შორის სენსორებში, ელექტრომაგნიტური და რადიოსიხშირული გამოსხივებისაგან დამცავ მოწყობილობებში.



სურ. 1 პოლიმერული ძაფების საწარმოებელი ექსტრუდერი

ნახშირბადის ნაწარმის ნაწარმის აერთიანებს სხვა ქიმიურ ელემენტებს და გვიჩვენებს მათი გამოყენების პოტენციალს მრავალფეროვან სფეროებში. ნახშირბადის ნაწარმის ნაწარმის გამოყენება ადსორბენტებში, ენერჯის დაგროვების და შენახვის სისტემებში (ბატარეები, წყალბადის შესანახი სისტემები და სუპერკონდენსატორები), კატალიზატორებში ან

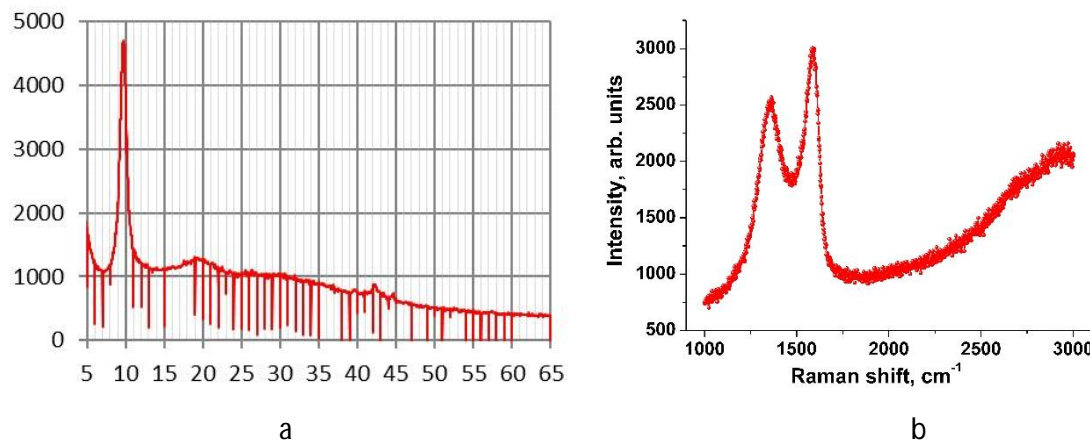
საყრდენები კატალიზატორებისთვის, სენსორებში ან სუბსტრატები სენსორებისთვის, დანამატებად პოლიმერებში, კერამიკაში, ლითონებსა და ლითონის შენადნობებში და ა.შ. ამჟამად, ნახშირბადის ნანონაწილაკები, როგორც ნანომემავსებლები, ფართოდ გვხვდება თანამედროვე ტექნოლოგიების კომერციულ პროდუქტებში

გრაფენის ოქსიდი, როგორც წესი, წარმოიქმნება გრაფიტის ქიმიური ექსფოლიაციის გზით. მისი მიღების ცნობილი ტექნიკაა გაუმჯობესებული ჰამმერსის მეთოდი.

გრაფენის ოქსიდის გავრცელებული სტრუქტურული მოდელი აჩვენებს, რომ მისი ფურცლის კიდები ძირითადად შედგება იონიზირებადი კარბოქსილის მჟავის ჯგუფებისგან, რომლებიც ჰიდროფილურია. იმავდროულად, ბაზალური სიბრტყე შედგება როგორც ჰიდროფილური ჟანგბადის შემცველი ფუნქციური ჯგუფებისგან, ასევე ჰიდროფობიური არომატული დომენებისგან.

შედგები და განხილვა

გრაფენი - მთელ მსოფლიოში ყველაზე თხელი მასალა, წარმოადგენს ორგანოზომილებიან მესერს, რომელიც წვეროებზე ნახშირბადატომების მქონე ექვსკუთხედებისაგან შედგება. აღმოჩენის მომენტიდან, მრავალი კვლევა ამ მასალის მისაღები ახალი გზების, მისი ფიზიკური და ქიმიური თვისებების შესწავლასა და გრაფენის ფუძეზე ახალი ნანომასალების შექმნის მიზნით ეფუძნება. დაგეგმილი ამოცანებიდან გამომდინარე თავდაპირველად ჩატარდა გრაფენის ოქსიდის სინთეზი და კვლევა.

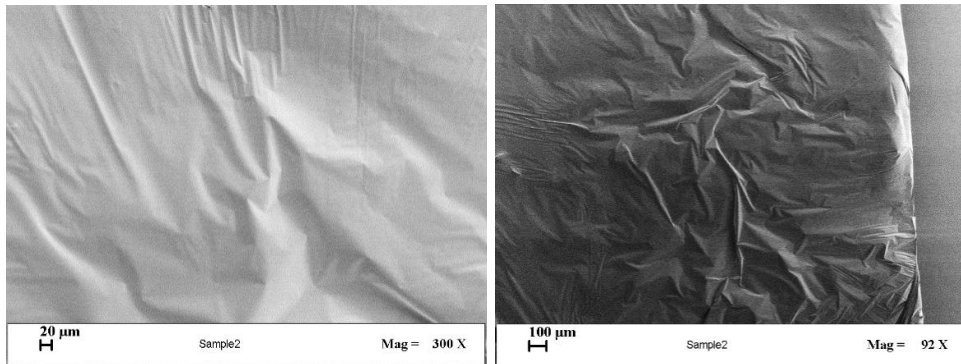


ნახაზი 1. გრაფენის ოქსიდის რენდგენი და რამან სპექტრი

სინთეზის მეთოდებად გამოყენებული იქნა ლიტერატურაში აპრობირებული ჰამმერსის მოდიფიცირებული მეთოდი და მიღებული იქნა გრაფენის ოქსიდი ფენების სისქით >30-ზე. მიღებული გრაფენის ოქსიდის კვლევა მოხდა რენტგენო სტრუქტურული (ნახაზი 1a) და რამან სპექტრული (ნახაზი 1b) მეთოდებით. რენტგენოსტრუქტურული ანალიზი ეს არის ტექნიკა, რომელიც გამოიყენება კრისტალური მასალების დასახასიათებლად. ამ მეთოდით შესაძლებელია კრისტალის ან მარცვლის ორიენტაციის ან ზომის დადგენა. XRD-ში (სურათი 1a) ჩვენ დავაფიქსირეთ პიკი 200-ზე, რომელიც ეკუთვნის GO-ს. რამანის სპექტროსკოპიის

შედეგები ნახაზზე 1b აჩვენებს "D" პიკს 1590 სმ-1-ზე და "G" პიკს 1350 სმ-1-ზე, რამაც დაადასტურა დეფორმაცია.

შემდგომ ეტაპზე გრაფენის ოქსიდი სხვადასხვა კონცენტრაციით დამატებულ იქნა პოლიდიმეთილსილოქსანში. გრაფენის ოქსიდის ფირფიტების მატრიცაში ერთგვაროვანი დისპერსიის მიზნით, პდმს ჯერ გავხსენით ქლოროფორმში დავამატეთ გრაფენის ოქსიდის ფირფიტები და მოვურიეთ 1 სთ-ის განმავლობაში. შემდეგ ნარევს მოვაშორეთ გამხსნელი და მივიღეთ პოლიმერული ნანოკომპოზიტის ფირფიტები, რომლებიც დავაქუცმაცეთ და ექსტრუდერის გამოყენებით დავამზადეთ 1 მმ-სისქის ძაფები



სურათი 2. პოლიმერული ნანოკომპოზიტის მიკროფოტოგრაფია

პოლიმერული ნანოკომპოზიტის მორფოლოგია შესწავლილ იქნა ელექტრონული მიკროსკოპის საშუალებით (სურათი 2), სადაც ჩანს რომ გრაფენის ოქსიდის ფირფიტები საკმაოდ თანაბრად არის განაწილებული პოლიმერში და არ შეინიშნება აგლომერატები.

დასკვნა

ჩატარდა გრაფენის ოქსიდით განმტკიცებული პოლიმერული ნანოკომპოზიტების სინთეზი, სადაც მატრიცად გამოყენებულია პოლიდიმეთილსილოქსანი. თავდაპირველად განხორციელდა გრაფენის ოქსიდის სინთეზი ჰამმერსის მოდიფიცირებული მეთოდით და სხვადასხვა პროცენტული კონცენტრაციით შერეული იქნა პოლიდიმეთილსილოქსანში. გრაფენის ოქსიდის ფირფიტების ერთგვაროვანი დისპერსიის მიზნით პოლიდიმეთილსილოქსანი გავხსენით ქლოროფორმში და შერევა განვახორციელეთ ულტრასონირების გზით. მიღებული ნარევი გავაშრეთ და ექსტრუდერის გამოყენებით დავამზადეთ 1მმ სისქის პოლიმერული ძაფები შემდგომი კვლევებისთვის.

სამუშაო ჩატარდა შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მხარდაჭერით. (გრანტის ნომერი: PHDF-22-575).

1. C. W. Hull, U.S. Patent 4575330, (1986);
2. J. W. Stansbury, M. J. Idacavage. New 3D printable polymeric materials for fused filament fabrication (FFF) *Dent. Mater.* 32, 54, (2016);
E. MacDonald, R. Wicker, *Science*. Multiprocess 3D printing for increasing component functionality, 353, aaf2093, (2016);
3. Kashihara K., Uto Y., Nakajima T. Rapid in situ synthesis of polymer-metal nanocomposite films in several seconds using a CO₂ laser. *Sci. Rep.* 2018;8:14719. doi: 10.1038/s41598-018-33006-9.

Synthesis of Polymer Nanocomposites Reinforced with Graphene Oxide

Sophie Mikaberidze

Abstract

Since the beginning of the new millennium, the concept of "3D" has firmly entered our daily life. 3D printing technologies open up new possibilities in creativity, science, technology and everyday life. A 3D printer, or three-dimensional printing machine, is a unique modern tool with which we can print both small and large objects. In 3D printing technology, a digital model of the structure of the object is initially created in the computer, which interacts with the printer and starts forming the product layer by layer as a result of the corresponding command. The advantages of 3D printing compared to conventional printing are high speed, simplicity and relatively low cost. That is why this work deals with the synthesis of polymer nanocomposites reinforced with graphene oxide, where polydimethylsiloxane is used as a matrix. First, graphene oxide was synthesized by the modified Hammers' method and mixed with polydimethylsiloxane at different percentage concentrations. Polydimethylsiloxane was dissolved in chloroform and mixed by ultrasonication for homogenous dispersion of graphene oxide plates. We removed solvent from the resulting mixture and made 1 mm thick polymer filaments using an extruder. Here is important to select the temperature regime and relevant solvent for the production of polymer nanocomposites in order to obtain final products with desired properties

Key words – Graphene oxide, Polydimethylsiloxane, Extruder, Filament