

პოლიმერები და პლასტმასები

**ბოჭკოვანი პოლიმერული კომპოზიტების პროექტირების
ზოგიერთი ასპექტები**

თამარ მოსეშვილი

tamar.moseshvili@atsu.edu.ge

აპაპი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
ქუთაისი, საქართველო

ბოჭკოვანი პოლიმერული კომპოზიტები თანამედროვე მასალების მნიშვნელოვან კლასს მიეკუთვნებიან, რომლებიც ტრადიციული მასალებისაგან მკვეთრად განსხვავდებიან თავინათი თვისობრივი შესაძლებლობებით. შემადგენელი კომპონენტების სხვადასხვა კომბინაციებით შესაძლებელია წინასწარ მოცემული თვისებების მქონე სხვადასხვა ფუნქციური დანიშნულების მასალების მიღება. ნაშრომში განხილულია საფეიქრო მასალების 4 იერარქიული დონე, რომელიც განსაზღვრულია მხოლოდ იმ ტექსტილური სტრუქტურებისათვის, რომლებშიც ბოჭკოვანი მასალები ერთმანეთთან შეკავშირებულია მხოლოდ ხახუნის ძალით. მაგრამ არსებობს არატრადიციული ტექნოლოგიით მიღებული საფეიქრო ტილოები - დაუგრეხავი (შეწებილი) ნართისაგან ფორმირებული საფეიქრო ტილოები, რომლებიც მიკრო კომპოზიტებია. ამიტომ იერარქიის მე-4 დონე უნდა ჩამოყალიბდეს შემდეგნაირად: საფეიქრო მასალების ჯგუფი არის ის ბოჭკოვანი მასალა, რომელშიც ბოჭკოები/მაფები დაკავშირებული არიან ხახუნის ან ადჰეზიური ძალებით.

საკვანძო სიტყვები: ბოჭკოვანი პოლიმერული კომპოზიტები, საფეიქრო მასალები, ტექსტილური სტრუქტურები, დაუგრეხავი ნართი.

ტექნიკისა და ტექნოლოგიების სწრაფმა ზრდამ სრულიად ახალი გამოწვევების წინაშე დააყენა საფეიქრო მრეწველობა. საყოფაცხოვრებო და ტექნიკური ტექსტილის გამოყენების სფეროები გაცდა ტრადიციულ საზღვრებს და მტკიცედ დაიმკვიდრა თავი ინდუსტრიის ისეთ დარგებში, როგორიცაა მანქანათმშენებლობა, აერონავტიკა და კოსმოსი, ბიოსამედიცინო ინჟინერია, მშენებლობა, სამხედრო ტექნიკა და სხვ.

ქიმიური მრეწველობის განვითარების გიგანტურმა შესაძლებლობებმა განაპირობა ახალი თაობის ტექსტილური მასალების ფორმირება მაღალმოდულური ქიმიური და ნანოტექნოლოგიებით მიღებული ბოჭკოებისაგან. შექმნილია მაღალი სიმტკიცის, მაღალმოდულური, მაღალელასტიური, თერმომდგრადი, არაწვადი, შუქმედეგი და სხვა სახის ბოჭკოები. მათ

შორის განსაკუთრებული ადგილი ე.წ. high-tech (მაღალტექნოლოგიურ) ბოჭკოებს ეკუთვნით, რომლებიც უნიკალური თვისებებით გამოირჩევიან.

თანამედროვე პოლიმერული კომპოზიციური მასალებისაგან უამრავი ტექნიკური, საყოფაცხოვრებო, სამედიცინო და სხვა დანიშნულების ნაკეთობა მზადდება. მათგან განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია არმირებული პოლიმერული მასალები (ბოჭკოვანი პოლიმერული კომპოზიტები), რომლებიც გამოირჩევიან მაღალი ტექნიკური, საექსპლუატაციო თვისებებით და გაზრდილი საიმედოობით. ბოჭკოვანი პოლიმერული კომპოზიტები თბო და ელექტროსაიზოლაციო, საკონსტრუქციო, ქიმიურად მდგრადი და სხვა თვისებების მქონე მასალებია. მათი გამოყენების სფეროებია ტექნიკისა და ტექნოლოგიების სხვადასხვა მიმართულებები, კერძოდ: სატრანსპორტო მანქანათმშენებლობა (ავტომობილებისა და საფრენი აპარატების დეტალები), მანქანათმშენებლობა, რადიოტექნიკა, ელექტრონიკა, მშენებლობა, მედიცინა, სოფლის მეურნეობა, ხელსაწყოთმშენებლობა, სპორტი და ტურიზმი.

ტექსტილური კონსტრუქციული კომპოზიტების პროექტირებისას საჭიროა შერჩეული იქნას კომპონენტების ისეთი ოპტიმალური თანაფარდობა, დამზადების მეთოდები და ფორმები, რომ მინიმალური დანახარჯებით უზრუნველყოფილი იქნას ნაკეთობის საუკეთესო საექსპლუატაციო თვისებები. ფორმისა და აგებულების თანაფარდობის სწორი შერჩევა მნიშვნელოვანი ფაქტორია როგორც გამოყენებული მასალის ოპტიმიზაციისა და სტრუქტურის ფორმირების ტექნოლოგიურ პროცესებთან ადაპტაციისათვის, ასევე ღირებულებითი და საჭირო საექსპლუატაციო მაჩვენებლების მიღწევისათვის. ამრიგად, ძლიერ მნიშვნელოვანია შეთანხმებული იქნას საფეიქრო მასალის ფორმა და თვისებები კომპოზიტის დამზადების მეთოდებთან. ეს განსაკუთრებით ეხება ჩვეულებრივ და გაუმჯობესებულ საფეიქრო სისტემებს, რომლებთაც აქვთ საუკეთესო პერსპექტივები გამოყენებულ იქნან მზიდი კონსტრუქციების კარკასულ მასალებად.

ბოჭკოვანი პოლიმერული კომპოზიტები თანამედროვე მასალების მნიშვნელოვან კლასს მიეკუთვნებიან, რომლებიც ტრადიციული მასალებისაგან მკვეთრად განსხვავდებიან თავინათი თვისობრივი შესაძლებლობებით. კერძოდ, შემადგენელი კომპონენტების სხვადასხვა კომბინაციებით შესაძლებელია წინასწარ მოცემული თვისებების მქონე სხვადასხვა ფუნქციური დანიშნულების მასალების მიღება. 1-ელ ცხრილში მოცემულია საფეიქრო კომპოზიციური სისტემების კლასიფიკაცია (Перепелкин K.E. 2009: 11-20).

თ. მოსეშვილი

ცხრილი 1. საფეიქრო კომპოზიციური სისტემები

ტიპი	არმირების სისტემა	საფეიქრო კონ- სტრუქცია	ბოჭკოს სიგრძე	ბოჭკო- ვის ორი- ენტაცია	ბოჭკოების ურთიერთ- კავშირი
I	ქაოტური	დაჭრილი (შტაპელური) ბოჭკო	მოკლე ბოჭკოები	ქაოტური	არ არის
II	ხაზობრივი	ძაფი	განუსაზ- ღვრელი სიგრძის	ხაზობრი- ვი	
III	ფენოვანი	ტრადიციული საფეიქრო მა- სალა	განუსაზ- ღვრელი სიგრძის	ბრტყელი	სიბრტყითი
IV	ინტეგრირ- ებული მრავალგა- ნჯომილე- ბიანი	თანამედროვე საფეიქრო მა- სალა	განუსაზ- ღვრელი სიგრძის	სივრცუ- ლი	სივრცული

I ტიპი - მოკლე ბოჭკოებზე დაფუძნებული სისტემა, როგორც წესი, არ გამოიყენება კონსტრუქციული დანიშნულების ნაწარმის დასამზადებლად ბოჭკოთა მცირე სიგრძის, მათ ორიენტაციაზე კონტროლის სიმძნელისა და ბოჭკოების მცირე ურთიერთკავშირის გამო.

II ტიპი - მონოძაფებისაგან მიღებული ხაზობრივი სისტემები, შეიძლება გამოყენებული იქნას იმ კონსტრუქციული ელემენტების დასამზადებლად, რომლებიც ექსპლუატაციის პროცესში განიცდიან გამჭიმ დატვირთვებს. უფრო მრავალმხრივი კონსტრუქციული დანიშნულების მოთხოვნების დასაკმაყოფილებლად საჭიროა მრავალმხრივი მიმართულების ძაფთა სისტემა, მაგრამ დახვევისა და ძაფების ჩაწყობის ყველაზე რთული მეთოდების გამოყენებითაც კი II ტიპის სისტემების შესაძლებლობები შეზღუდულია. იმის გამო, რომ არასაკმარისია არმატურის ძაფთა შორის ურთიერთკავშირი, (რაც განპირობებულია კომპოზიტის დაშლისაკენ მიდრეკილებით ფენების გამყოფ ზედაპირსა და ფენების შიგნითაც), ზოგადი ხასიათის დატვირთვების მიმართ გამძლე კონსტრუქციული ელემენტების შესაქმნელად მათი გამოყენება შეზღუდულია.

III ტიპი - მარტივი საფეიქრო ბრტყელი სისტემები (ქსოვილი, ტრიკოტაჟი, დაწნული მასალა, უქსოვი მასალა), ყველაზე მეტად გამოსადეგია

ბრტყელი მზიდი პანელეზისა და ძელეზისათვის, რომლეზიც შეიძლება დამზადნენ დახვევის ტექნოლოგიით. ამ მასალების ძირითადი ნიშნე-ზია: ძაფეზის უწყვეტობა, ბოჭკოეზის ორიენტაცია სიბრტყეში და ბოჭკო-ეზის ურთიერთკავშირისა და ინტეგრირეზის სიბრტყული სისტემა. ასე-თი მასალების შრეეზიან სისტემაეზ ყველაზე მეტად აქვთ მიდრეკილება ფენეზად დაშლისაკენ. ეს უარყოფითი მხარე უფრო მეტად თავს იჩენს ბრტყელი პანელეზის ტიპის ნაწარმში, ვიდრე პროფილურ (მილისებრი ან მრავალწახნაგა) ნაწარმში.

IV ტიპი - სრულად ინტეგრირებული თანამედროვე საფეიქრო სის-ტემაეზი შეიძლება ჩაითვალოს ყველაზე მეტად საიმედო მასალად იმ კონ-სტრუქციული ელემენტეზის დასამზადებლად, რომლეზიც განიცდიან ზოგადი ხასიათის დატვირთეზს. ამას განაპირობეზს ბოჭკოთა უწყვეტი სისტემაეზი, საჭირო სივრცული განლაგება და ბოჭკოეზის ურთიერთქმე-დება. აქედან გამომდინარე, მინიმუმამდე არის შემცირებული ფენეზად დაშლა, ნაპრალეზის წარმოქმნა. IV ტიპის სისტემაეზი მიიღეზიან ქსოვის, დაწვნის ან დაფენის მეთოდით.

ამგვარად, ბოჭკოეზის და ბოჭკოვანი მასალების თვისეზეზის და სტრუქტურის ურთიერთკავშირი შეიძლება იყოს წარმოდგენილი შემდე-გი სახით (Перепелкин 2009: 11-20):

$$X = \Psi(M; E; D); (T; \tau; F),$$

სადაც X – განსახილვებელი თვისეზა;

M – აგეზულებიზს გეომეტრიული (მორფოლოგიური) მახასიათებლე-ზი, რომლეზიც შეიცავენ სტრუქტურული ელემენტეზის ზომას, ფორმას და განლაგებას;

E – სტრუქტურული ელემენტეზის ენერგეტიკული (ძალოვანი) აგეზუ-ლებიზს (ურთიერთქმედება) მახასიათებლები;

D – ლოკალური დეფექტურობა და /ან აგეზულებიზს ჰეტეროგენურობა, რომელიც განსაზღვრავს პოლიმერის ან პოლიმერული მასალის სტრუქ-ტურაში „საშიშ“ ადგილებს;

$T; \tau; F$ – ტემპერატურა, დრო და მექანიკური და /ან ფიზიკური ველე-ზის (მექანიკური დაჭიმვის, გამოსხივეზის და ა.შ.), გარემოს სხვა ფაქტორე-ზის, რეაგენტეზის და ა.შ. ზემოქმედება.

პოლიმერული კომპოზიციური მასალების თვისეზეზი დამოკიდებუ-ლია შემადგენელი კომპონენტეზის - მარმირებელი მასალის (კარკასი) და მატრიცის (პოლიმერული შემავსებელი) თვისეზეზზე, მათ ურთიერ-თგანლაგებაზე, მათ ფაზათაშორის გამყოფ ზედაპირეზის მდგომარეობა-ზე. ბოჭკოვანი პოლიმერული კომპოზიტეზის პროექტირეზის დროს, მათი ფუნქციონალური დანიშნულებიდან გამომდინარე, მნიშვნელოვანია სწო-

თ. მოსეშვილი

რად შეირჩეს მაარმირებელი ბოჭკოვანი მასალები, განისაზღვროს მათი თვისებები და სტრუქტურა.

ბოჭკოვანი პოლიმერული მასალები წარმოადგენენ ფართო ნაირსახეობის მასალებს, ძირითადად ესენია - ტექსტილი, ქაღალდი და პოლიმერული ბოჭკოვანი კომპოზიტები. ისინი განსხვავდებიან ბოჭკოვანი შემადგენლობით, ბოჭკოების განლაგებით და მათი ურთიერთქმედებით და, შესაბამისად, თვისებებით, რაც მოყვანილია მე-2 ცხრილში.

ცხრილი 2. ბოჭკოების და ბოჭკოვანი მასალების მორფოლოგიური სტრუქტურის მახასიათებლების განზოგადებული მონაცემები

მასალის სახე	დამახასიათებელი თვისებებები
ტექსტილი	ფოროვანი მასალები, მიღებული მოძრავი ბოჭკოებიდან/მაფებისაგან გადახლართვით, რომლებიც შეერთებული არიან შეჭიდულობის - ხახუნის ძალებით;
უქსოვადი ტექსტილური მასალები	ფოროვანი მასალები, მიღებული ბოჭკოების/მაფების ფენების გაკერვით ან ერთმანეთთან შეწევილი ბოჭკოების ფენებისაგან;
ქაღალდი, მუყაო	ფენოვანი სახის ფოროვანი მასალები ქაოსურად განლაგებული მოკლე ბოჭკოებისაგან, რომლებიც შეერთებული არიან ადჰეზიურად ან კოჰეზიურად;
ბოჭკოვანი კომპოზიტები	მონოლიტური პოლიმერული მასალები (თერმოპლასტები, რეაქტოპლასტები, ელასტომერები), რომლებიც არმირებული არიან ბოჭკოებით, ძაფებით ან ბოჭკოვანი სტრუქტურებით.

სტრუქტურული მაჩვენებლების მიხედვით საფეიქრო მასალები დაყოფილია 4 დონედ (S Eichhorn 2009: 3-21):

I სტრუქტურული დონე. ბოჭკოწარმომქმნელი პოლიმერების მოლეკულების აგებულება. თითქმის ყველა სახის ბოჭკო შედგება ხაზოვანი ორგანული პოლიმერებისაგან, რომლებსაც გააჩნიათ მაკრომოლეკულების ჯაჭვური სტრუქტურა და შედგებიან მსუბუქი ქიმიური ელემენტების C, O და N ატომებისაგან. მხოლოდ აღნიშნულ ატომებს შეუძლიათ შექმნან დრეკადი ხაზოვანი მაკრომოლეკულები და, შესაბამისად, ორიენტირებული პოლიმერული სტრუქტურები – ბოჭკოები.

II სტრუქტურული დონე. ზემოლეკულური (ნანო) სტრუქტურა. აღნიშნულ დონეზე ბოჭკოების მორფოლოგია შედგება პარალელურად გან-

ლაგებული ფიბრილებისა და მათი აგრეგატებისაგან (მაკროფიბრილები), რომლებიც ორიენტირებული არიან ბოჭკოს ღერძის მიმართულებით.

III სტრუქტურული დონე. ბოჭკოების მიკროსტრუქტურა. აღნიშნული დონე ითვალისწინებს განივკვეთის ზომას და ფორმას, ბოჭკოს ფენოვან ჰეტეროგენულობას. ბოჭკოების მექანიკური თვისებების განხილვისას გამოიყენება ცილინდრის მოდელი კოაქსიალურად განლაგებული ფენებით, რომელიც მიახლოებით გვაძლევს საშუალებას განვიხილოთ მექანიკური თვისებები. ბოჭკოებს გააჩნია ცალკეული დეფექტები და ფორები, რომლებიც ძალების მოდების შედეგად იწვევენ ადგილობრივი დაჭიმულობის კონცენტრაციას. მთავარ მაჩვენებელს წარმოადგენს გარე გეომეტრიული ზედაპირი და ფოროვანი სტრუქტურის შიგა ზედაპირი.

IV სტრუქტურული დონე. ბოჭკოვანი მასალა. აღსანიშნავია, რომ საფეიქრო მასალების ჯგუფი არის ის ერთადერთი ბოჭკოვანი მასალა, რომელშიც ბოჭკოები/მაფები დაკავშირებული არიან ხახუნის ძალებით, ხოლო დეფორმაცია წარმოიშობა როგორც ბოჭკოების/მაფების დეფორმაციის შედეგად, აგრეთვე მათი შექცევადი ურთიერთ გადაადგილებით.

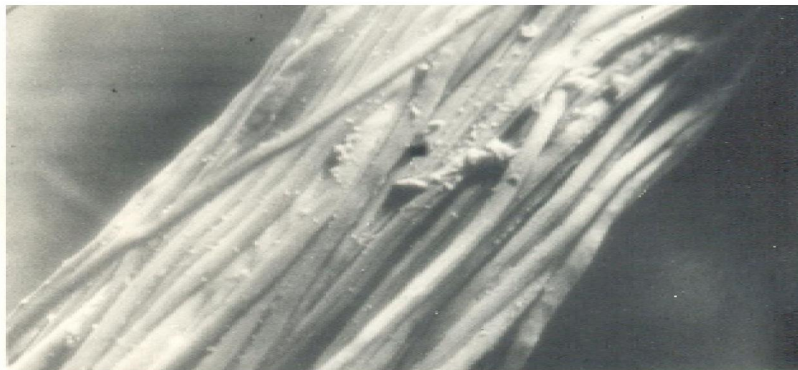
როგორც ვხედავთ, მოწოდებული საფეიქრო მასალების იერარქიული 4 დონე განსაზღვრულია მხოლოდ იმ ტექსტილური სტრუქტურებისათვის, რომლებშიც ბოჭკოვანი მასალები ერთმანეთთან შეკავშირებულია მხოლოდ ხახუნის ძალით. მაგრამ არსებობს არატრადიციული ტექნოლოგიით მიღებული საფეიქრო ტილოები, რომელთა სტრუქტურა რადიკალურად განსხვავდება სხვა საფეიქრო მასალებისაგან. კერძოდ, საუბარია დაუგრეხავ (შეწებილ) ნართისაგან ფორმირებულ საფეიქრო ტილოებზე, რომლებიც განსხვავებულ სტრუქტურულ ტიპს წარმოადგენენ. მათ შეიძლება ვუწოდოთ მიკრო კომპოზიტები - დისკრეტული ბოჭკოების შეწებვის შედეგად ფორმირებული დაუგრეხავი ნართი.

საფეიქრო ბოჭკოების უგრეხო დართვის სისტემა შემუშავებულია გასული საუკუნის 80-იან წლებში და გამოიყენება როგორც სპეცთვისებების მქონე ტექსტილური მასალების დასამზადებლად. ამ შემთხვევაში საქმე გვაქვს არატრადიციული წესით ნართის მიღების ტექნოლოგიასთან, რომელიც ნებისმიერი სიგრძის ბოჭკოს გადამუშავებისა და მისგან სასურველი ხაზობრივი სიმკვრივის პროდუქტის მიღების საშუალებას იძლევა. ამჟამად შექმნილია საწარმოო ხაზები, რომლებშიც რთვის ამ სისტემით მიიღება ძალზე მსუბუქი, ნაზი და მაღალი ჰაერგამტარობისა და სითხის მშთანთქმელი პროდუქცია (Zhejiang Leinuo Textile Technology 2020).

დაუგრეხავი (შეწებილი) ნართი, როგორც მიკროკომპოზიტი წარმოადგენს საფეიქრო მასალას, რომელიც მიღებულია პარალელურად განლაგებული ერთმანეთთან ადჰეზიური ძალებით დაკავშირებული დისკრეტული ბოჭკოებისაგან. განსხვავებით გრეხვით მიღებული ნართის სტრუქ-

თ. მოსეშვილი

ტურისა, მასში ბოჭკოები განლაგებული არიან არა სპირალურად ნართის ღერძის მიმართ, არამედ ურთიერთპარალელურად. ასეთი ტიპის ნართის სიმტკიცე განპირობებულია ბოჭკოებისა და მათი შემაკავშირებელი ადჰეზიური კავშირების სიმტკიცით. ანუ, თავად ასეთი ძაფები ერთგვარ კომპოზიციურ მასალას წარმოადგენენ, რომელშიც ბოჭკოთაშორისი სივრცე შემწებავი ნივთიერების წერტილოვან კავშირებს უკავია (ნახ.1). ეს კავშირები დროებითია, ვინაიდან ქსოვილების გამოყვანის პროცესში ადჰეზივი გამოირეცხება და ქსოვილის სტრუქტურაში რჩება მხოლოდ პარალელურად განლაგებული ბოჭკოები (Мосешвили 1986: 124-180).



ნახ. 1. დაუგრეხავ ნართში ბოჭკოების პარალელური განლაგების ფოტოსურათი.

დაუგრეხავი ნართი ფორმირდება ბოჭკოთა ნაზავში გარკვეული რაოდენობის (8-20%) ადჰეზივის შეყვანით, რომელიც შეიძლება დაემატოს თხევადი სახით, თერმოპლასტიკური ჩანართების ან ნაღლობის სახით. ამრიგად, საფეიქრო მასალების სტრუქტურული მე-4 დონეს განმარტებაში არ არის სრულყოფილად წარმოჩენილი საფეიქრო მასალების მაკროსტრუქტურა და არსებული განმარტება „საფეიქრო მასალების ჯგუფი არის ის ერთადერთი ბოჭკოვანი მასალა, რომელშიც ბოჭკოები/ძაფები დაკავშირებული არიან ხახუნის ძალებით, ხოლო დეფორმაცია წარმოიშობა როგორც ბოჭკოების/ძაფების დეფორმაციის შედეგად, აგრეთვე, მათი შექცევადი ურთიერთ გადაადგილებით“ არ არის სრულყოფილი და საჭიროებს კორექტირებას და გაფართოებულ განმარტებას. ის უნდა ჩამოყალიბდეს შემდეგნაირად: საფეიქრო მასალების ჯგუფი არის ის ბოჭკოვანი მასალა, რომელშიც ბოჭკოები/ძაფები დაკავშირებული არიან ხახუნის ან ადჰეზიური ძალებით, ხოლო დეფორმაცია წარმოიშობა როგორც ბოჭკოების/ძაფების დეფორმაციის შედეგად, აგრეთვე, მათი შექცევადი ურთიერთ გადა-

ადგილებით გრძივი ან განივი მიმართულებით.

ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, მიზანშეწონილად მიმაჩნია საფეიქრო მასალების სტრუქტურული კლასიფიკაცია ჩამოყალიბდეს შემდეგი სახით: **ტექსტილური ბოჭკოვანი მასალების სტრუქტურა ხასიათდება ბოჭკოების და ძაფების ურთიერთ სივრცითი განლაგებით. აქედან გამომდინარე ბოჭკოვანი მასალები შეიძლება დაფყოთ ორ ტიპად:**

1. **შემდგარი უშუალოდ ბოჭკოებისაგან (უქსოვადი მასალები);**
2. **შემდგარი ძაფებისაგან (ქსოვილები, ტრიკოტაჟი და ა.შ.).**

კომპოზიციური მასალებისათვის ბოჭკოვანი მასალები წარმოადგენენ ბოჭკოვანი სტრუქტურების ურთიერთკავშირს პოლიმერულ მატრიცასთან.

ბოჭკოვანი მასალების სტრუქტურული სახე ძალზე მნიშვნელოვანია კომპოზიტის საექსპლუატაციო თვისებების პროგნოზირებისათვის. ის ითვალისწინებს ბოჭკოვანი მასალების, როგორც ბოჭკოების/ძაფების ჯგუფის, თვისებების და მთელი რიგი დამოუკიდებელი ასპექტების განხილვას სხვადასხვა ბოჭკოვანი სტრუქტურებისათვის. მათი სტრუქტურული თავისებურება პრინციპული მნიშვნელობისაა ქსოვილების, ტრიკოტაჟის, უქსოვადი მასალების, ბოჭკოვანი კომპოზიტებისათვის.

ლიტერატურა

- S Eichhorn, J. W. S. Hearle, M Jaffe, T Kikutani. 2009. *Handbook of Textile Fibre Structure: Volume 1: Fundamentals and Manufactured Polymer Fibers*.
https://www.academia.edu/41148810/Handbook_of_textile_fibre_structure_i
- Zhejiang Leinuo Textile Technology. 2020. *Untwisted Yarn*. Categories. Textile Technology. November 6, 2020.
<https://www.leinuotechnology.com/worldlog/category/untwisted-yarn>
- Мосешвили, Тамара. 1986. *Разработка технологии производства бескруточной пряжи из химических волокон и их смесей*. დისერტაცია ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატის ხარისხის მოსაპოვებლად. მოსკოვის საფეიქრო ინსტიტუტი. 1986.
- Перепелкин К.Е. 2009. *Структура и структурная механика полимерных волокон: современные представления*. //Химичесие волокна- 2009. N1.

Polymers and Plastics

Some Aspects of Designing Fiber-reinforced Polymer Composites

Tamar Moseshvili

tamar.moseshvili@atsu.edu.ge

Akaki Tsereteli State University

Kutaisi, Georgia

Fibrous polymer composites belong to an important class of modern materials, which are certainly different from traditional materials in terms of their quality characteristics. In particular, with different combinations of constituent components, it is possible to obtain materials of various functional purposes with desired properties. According to structural indicators, the textile materials are divided into 4 levels, which describe the only fiber material in which the fibers/threads are bonded by frictional forces. But there are textile materials produced by nontraditional technologies – materials produced by using non-twisted yarns. They are micro composites. We offer following formulation of the 4th level of textile structures – The 4th group fiber material is a fiber material in which the fibers/threads are bonded by frictional or adhesive forces.

Keywords: *Fibrous polymer composites, textile materials, textile structures, Non-twisted yarns.*

Fibrous polymer composites belong to an important class of modern materials, which are certainly different from traditional materials in terms of their quality characteristics. In particular, with different combinations of constituent components, it is possible to obtain materials of various functional purposes with desired properties. According to structural indicators, the textile materials are divided into 4 levels, which describe the only fiber material in which the fibers/threads are bonded by frictional forces. But there are textile materials produced by nontraditional technologies-materials produced by using non-twisted yarns. They are micro composites. We offer following formulation of the 4th level of textile structures – The 4th group fiber material is a fiber material in which the fibers/threads are bonded by frictional or adhesive forces.

The advanced rate of technical and technological development has created completely new challenges for textile industry. Applications of household and technical textiles have gone beyond the traditional framework and firmly have established themselves in industries such as machine-building, aeronautics and space, biomedical engineering, construction, military industry and so on.

Many technical, household, medical and other-purpose products are made of modern polymer composite materials. A special place among them is occupied by reinforced polymer materials (fibrous polymer composites), which are characterized by high technical, operational properties and increased reliability. Fiber polymer composites are materials having the heat and electrical insulation, structural, chemical resistance and other properties. The fields of their application are various areas of engineering and technologies, particularly: transport engineering (parts of automobiles and aircrafts), machine-building, radio engineering, electronics, construction, medicine, agriculture, instrument engineering, sports and tourism.

When designing textile structural composites, it is necessary to select such an optimal ratio of components, manufacturing methods and forms as to provide the best performance characteristics of the product at minimal cost. The selection of the correct ratio of form and structure is an important factor for the optimization of the used material and adaptation of structure formation to the technological processes, as well as for the achievement of necessary operational and cost indicators. It is therefore very important to harmonize the shape and properties of the textile material with the technology of manufacturing composites.

Fibrous polymer composites belong to an important class of modern materials, which are certainly different from traditional materials in terms of their quality characteristics. In particular, with different combinations of constituent components, it is possible to obtain materials of various functional purposes with desired properties.

The properties of polymer composite materials depend on the properties of the constituent components - reinforcing material (frame) and matrix (polymeric filler), their mutual arrangement, and the condition of their interphase separation surfaces. During the design of fiber polymer composites, depending on their functional purpose, it is important to correctly select reinforcing fiber materials, determine their properties and structure.

The fiber polymer materials are from a wide variety of materials, mainly textiles, paper and polymer fiber composites. They differ in fiber composition, fiber arrangement and their interaction and, therefore, properties.

Table 1. Generalized data on the characteristics of the morphological structure of fibers and fiber materials

The type of material	Characteristic features
Textile	Porous materials from moving fibers/threads by interlacing, which are bonded by coupling-frictional forces;
Non-woven textile materials	Porous materials obtained by sewing layers of fibers/threads or from layers of fibers bonded together
Paper, cardboard	Layered porous materials from chaotically arranged short fibers that are bonded adhesively or cohesively.
Fiber composites	Monolithic polymer materials (thermoplasts, reactoplasts, elastomers) reinforced with fibers, threads or fibrous structures.

According to structural indicators, the textile materials are divided into 4 levels (S. Eichhorn 2009: 3-21):

I structural level – structure of molecules of fiber-forming polymers. Almost all types of fibers consist of linear organic polymers that have a chain structure of macromolecules and consist of atoms of the light chemical elements C, O and N. Only these atoms can form elastic linear macromolecules and, accordingly, the oriented polymer structures - fibers.

II structural level. Super molecular (nano) structure. At this level, the morphology of the fibers consists of parallel fibrils and their aggregates (macro fibrils), which are oriented in the direction of the fiber axis.

III structural level. Fiber microstructure. This level takes into account the size and shape of the cross-section, the layered heterogeneity of the fiber. When considering the mechanical properties of fibers, a cylinder model with coaxially arranged layers is used, which allows us to approximately consider the mechanical properties. Fibers have individual defects and pores that result in local stress concentrations as a result of force introduction. The main indicator is the outer geometric surface and the inner surface of a porous structure.

IV structural level. Fiber material. It should be noted that the group of fiber materials is the only fiber material in which the fibers/threads are bonded by frictional forces, and the deformation occurs as a result of the deformation of the fibers/ threads, as well as due to their reversible mutual displacement.

As we can see, the 4 hierarchical levels of the provided fiber materials are defined only for those textile structures in which the fiber materials are connected to each other only by the force of friction. However, there are textile fabrics obtained by non-traditional technology, whose structure is radically different from other textile materials. In particular, we are talking about textile fabrics made of non-twist (bonded) yarn, which represent a different structural type. They can be called micro composites – yarn formed as a result of bonding of the discrete fibers.

The system of non-twist spinning of textile fibers was developed in the 70s of the last century and is used for the production of textile materials with special properties. In this case, we are dealing with the non-traditional yarn production technology, which allows processing the fiber of any length and obtaining a desired linear density product from it. At present, the manufacturing lines have been constructed, where very lightweight delicate, highly breathable and liquid-absorbing products are obtained using this spinning system (Zhejiang Leinuo Textile Technology).

The non-twist (bonded) yarn, as a microcomposite, is a textile material obtained from discrete fibers arranged in parallel and connected to each other by adhesive forces. In contrast to the structure of the yarn obtained by twisting, the fibers are not arranged spirally with respect to the axis of the yarn, but parallel to each other. The strength of this type of yarn is determined by the strength of the fibers and the adhesive bonds connecting them. That is, such yarns themselves are a kind of composite material, in which the space between fibers is occupied by the point-like couplings of the adhesive substance. These couplings are temporary, since the adhesive is washed out during the removal of fabrics, and only parallel fibers remain in the fabric structure (Мосешвили 1986: 124-180).

The no-twist yarn is formed by introducing a certain amount (8-20%) of an adhesive into the fiber mixture, which can be added in liquid form, in the form of thermoplastic inclusions or as a cake of fusion.

Thus, the structural level 4 definition of fiber materials does not fully present the macrostructure of fiber materials, and the existing definition **“The group of fiber materials is the only fiber material in which the fibers/threads are bonded by frictional forces, and deformation occurs as a result of fiber/thread deformation, as well as by their reversible mutual displacement”** is not complete and needs correction and extended definition. It should be formulated as follows: **“The group fiber materials is a fiber material in which the fibers/threads are bonded by frictional or adhesive forces, and the deformation occurs as a result of the deformation of the fibers/threads, as well as their reversible mutual displacement in the longitudinal or transverse direction”**.

Based on the above, I consider it appropriate to formulate the structural classification of textile materials as follows: **“The structure of textile fiber materials is characterized by the mutual spatial arrangement of fibers and threads. Therefore, fiber materials can be divided into two types:**

- 1. Composed directly of fibers (non-woven materials);**
- 2. Composed of threads (fabrics, knitwear, etc.).**

For composite materials, the fiber materials represent the interconnection of fibrous structures with polymer matrix.

Structural view of the fiber materials is very important for the prediction of operational properties of composite. It implies the properties of fiber materials as a group of fibers/threads and a number of independent aspects for different fibrous structures. Their structural feature is essential for fabrics, knitwear, non-woven materials, and fiber composites.