

ბიოდეგრადირებადი და კომპოსტირებადი პარკების ინდუსტრიულ წარმოებაზე
გადასვლის სახელმძღვანელო დოკუმენტი შპს ზუგოს მაგალითზე

სახ

პროგრამა

ნარჩენების მართვის ტექნოლოგია რეგიონებში

ფაზა II (WMTR II)

2019



წინამდებარე დოკუმენტი მომზადდა CENN-ის მიერ აშშ-ის საერთაშორისო განვითარების
სააგენტოსთვის განსახილველად.

USAID კოოპერატიული ხელშეკრულება AID-114-A-17-00002

მომზადებულია:

მისიის გარემოსდაცვითი ოფისისათვის

ეკონომიკური განვითარების ოფისისათვის

USAID | კავკასია

მომზადდა:

CENN-ის მიერ

ბეთლემის ქუჩა N 27,

0105, თბილისი

საქართველო

საერთაშორისო საკონსულტაციო კომპანია ENVITERRA P.C.-სთან ერთად

ავტორის შეხედულებები არ წარმოადგენს აშშ საერთაშორისო განვითარების სააგენტოსა და
აშშ მთავრობის აზრს.

შინაარსი

1. შესავალი	5
1.1. ზოგადი	5
1.2. რეგულირების საკითხები	5
2. ძირითად ტერმინთა განმარტება	6
3. EN 13432:2000 და ASTM D6400 სტანდარტები	11
3.1. ზოგადი	11
3.2. EN 13432 -ის შეჯამება „კომპოსტირებადობის კრიტერიუმები“	12
3.3. ASTM D6400 სტანდარტი	12
4. გაბერილი ფირის ექსტრუზია	13
4.1. პროცესის ტერმინთა განმარტება	13
4.2. ზოგადი	14
4.3. პროცესი	14
4.4. A-B-A გაბერილი აფსკი	15
5. კომპანია „ზუგო“	15
6. ზოგადი მიდგომა გარდამავალი პროცესებისადმი	17
6.1. ბიოდეგრადირებადი პოლიმერების ტიპები, რომლებიც ყველაზე კარგად შეესაბამება დამუშავების არსებულ ტექნოლოგიას	17
6.2. კონკრეტული გამოყენების შესაფერისი ბიოდეგრადირებადი პოლიმერების ტიპები 17	
6.3. კონკრეტული კომერციული ფისის მახასიათებლების მორგება განსაზღვრულ საჭიროებებზე	18
6.4. საწარმოო ხაზზე არსებული პრობლემები	18
6.5. წარმოების პარამეტრების ადაპტირება	19
6.6. ბიოდეგრადირებადი პროდუქტების ფუნქციური მახასიათებლები	19
6.7. კომპოსტირებადობა/ბიოდეგრადირებადობა შესაბამისი სტანდარტების მიხედვით 19	
7. Bio-Flex® F 2110-ის და მსგავსი ფისის დამუშავება „ზუგოში“ არსებული დანადგარებით 20	

7.1.	ზოგადი რეკომენდაციები.....	20
7.2.	PLA-ზე დაფუძნებული ნედლი მასალების დამუშავება.....	20
7.3.	ზოგადი ინფორმაცია Bio-Flex® F 2110-სთვის.....	21
7.4.	ნედლი მასალის შენახვა.....	22
7.5.	გაშრობა	23
7.6.	წმენდის პროცესი წარმოების დაწყებამდე.....	24
7.7.	დანადგარის პარამეტრები	25
7.8.	წმენდა წარმოების შემდეგ	27
7.9.	გამორთვა	27
7.10.	ფირის შენახვის პირობები და საბოლოო პროდუქტები.....	29
8.	დანამატები	29
8.1.	ზოგადი	29
8.2.	საჭიროებების განსაზღვრა.....	30
8.3.	დამუშავების მახასიათებლების გაუმჯობესება	31
8.4.	ბიო-პოლიმერების შეღებვა.....	31
9.	კვლევა და განვითარება (R&D)	32
9.1.	ბაზარზე არსებული მყარი პოლიმერების ფიზიკური თვისებების მიმოხილვა.....	32
9.2.	ბაზარზე არსებული პოლიმერული მასალების კომპოზიციებისა და მოლეკულური სტრუქტურების დახასიათება	33
9.3.	პოლიმერების თვისებების შეცვლა ქიმიური მეთოდებით.....	34
9.4.	პოლიმერების თვისებების შეცვლა ფიზიკური მეთოდებით	35
9.5.	გარემოში ბიოდეგრადირებადი პოლიმერების დამუშავების ოპტიმიზაცია.....	35
9.6.	ინდუსტრიული წარმოების პროცესის განვითარების მხარდაჭერა.....	35
9.7.	კვლევა ფუნქციური თვისებების შესახებ.....	36
9.8.	ბიოდეგრადირებისა კომპოსტირებადობის ტესტები	38
10.	ზოგადი უსაფრთხოების ზომები.....	39
	გამოყენებული ლიტერატურა	40

1. შესავალი

1.1. ზოგადი

წინამდებარე ტექნიკური ანგარიში მოიცავს ბიოდეგრადირებადი და კომპოსტირებადი პარკების წარმოების სახელმძღვანელო პრინციპებს საქართველოში არსებული საწარმოებისათვის, შპს. „ზუგოს“ მაგალითზე.

აღნიშნული ინდუსტრიული საწარმო ამჟამად პოლიეთილენის პარკებს ტრადიციული, არა-ბიოდეგრადირებადი, მასალისაგან აწარმოებს, როგორცაა HDPE და LDPE. ანგარიშში აღნიშნული სახელმძღვანელო პრინციპები ყურადღებას ამახვილებს არსებულ საწარმოო პროცესზე ბიოდეგრადირებადი/კომპოსტირებადი პარკების წარმოებაზე გადასვლის კუთხით. გარდა ამისა, იქიდან გამომდინარე, რომ ბიოდეგრადირებადი ნედლეულისა და პროდუქციის ბაზარი შედარებით ახალია, ანგარიში გვთავაზობს კვლევისა და განვითარების გეგმას სამომავლოდ წარმოების ხაზის ოპტიმიზაციისათვის.

1.2. რეგულირების საკითხები

არსებული ეროვნული კანონმდებლობის მიხედვით (დადგენილება N 472, სექტემბერი, 2018, თბილისი, საქართველო, ტექნიკური რეგლამენტი – პლასტიკისა და ბიოდეგრადირებადი პარკების რეგულირების წესის დამტკიცების შესახებ) არსებობს სპეციფიკური პირობები პარკების წარმოების, იმპორტისა და გაყიდვისათვის (მუხლი 4). უფრო კონკრეტულად, საქართველოს ტერიტორიაზე აკრძალულია:

- ოქსიდეგრადირებადი პლასტიკის პარკების წარმოება, იმპორტი და რეალიზაცია;
- 2018 წლის 1 ოქტომბრიდან – 15 μm მიკრონზე ნაკლები სისქის პლასტიკის პარკების წარმოება, იმპორტი და რეალიზაცია;
- 2019 წლის 1 აპრილიდან – ნებისმიერი სისქის პლასტიკის პარკების წარმოება, იმპორტი და რეალიზაცია.

შესაბამისად, საქართველოს ტერიტორიაზე დაშვებულია საქართველოს სტანდარტის შესაბამისი ბიოდეგრადირებადი და კომპოსტირებადი პარკების წარმოება, იმპორტი და რეალიზაცია.

აღნიშნული რეგულაციის მე-5 მუხლის მიხედვით, ყველა წარმოებული/იმპორტირებული პარკი საქართველოს ტერიტორიაზე უნდა შემოწმდეს ევროპული სტანდარტის შესაბამისად: EN 13432:2000 სტანდარტთან შესაბამისობის დამადასტურებელი დოკუმენტი: „*მოთხოვნები ბიოდეგრადირებად და კომპოსტირების შედეგად აღდგენად შეფუთვისასთან დაკავშირებით - ტესტირებისა და შეფასების კრიტერიუმები შეფუთვის საბოლოო დამტკიცებისათვის*“. აღნიშნული სტანდარტი 2000 წლიდან მოქმედებს და ეხმიანება შეფუთვისა და ნარჩენების შეფუთვის დირექტივებს (94/62/EC). მეტი ინფორმაცია EN 13432:2000-ის მოთხოვნებთან დაკავშირებით მოცემულია წინამდებარე ანგარიშის მე-3 თავში.

2. ძირითად ტერმინთა განმარტება

ვიდრე ტექნიკურ საკითხებზე გადავიდოდეთ, აუცილებელია განვმარტოთ ბიოდეგრადირებად/კომპოსტირებად პარკებთან დაკავშირებული გარკვეული ტერმინები.

ბიოდეგრადირებადი

გარემოს დაცვასთან დაკავშირებული მოდური სიტყვებიდან „ბიოდეგრადირებადი“ ალბათ ყველაზე ხშირად გამოიყენება არასწორად და გასაგებადაც ყველაზე რთულია. იქიდან გამომდინარე, რომ ადრე არ არსებობდა სახელმძღვანელო პრინციპები და რეგულაციები, ბევრი პროდუქტი ახდენდა საკუთარი თავის იდენტიფიცირებას „ბიოდეგრადირებად“ პროდუქციასთან რეალური დასაბუთების გარეშე. სამწუხაროდ, სიტყვა „ბიოდეგრადირებადი“ ხშირად ისეთ პროდუქტებს მიეწერება ხოლმე, რომლებიც რეალურად ამ კატეგორიას არ განეკუთვნება (მაგალითად, სარეცხი საშუალებები ან პლასტიკა) და თითქმის არასოდეს გამოიყენება ისეთ პროდუქტებთან მიმართებაში, რომლებიც მართლაც ბიოდეგრადირებადია (მაგალითად, საპონი ან ქაღალდი).

ბიოდეგრადირებადია მასალა განიცდის ბიოლოგიურ ანაერობულ ან აერობულ დეგრადაციას, რაც იწვევს CO₂-ს, H₂O-ის, მეთანის, ბიომასისა და მინერალური მარილების წარმოშობას იმის მიხედვით თუ რა გარემო პირობებში მიმდინარეობს ეს პროცესი. ბიოდეგრადირების პროცესში მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ გარემოში არსებული მიკროორგანიზმები, რომლებიც ძირითადად ორგანული ნარჩენებით იკვებებიან. *თუმცა, „კომპოსტირებადისგან“ განსხვავებით ტერმინი „ბიოდეგრადირებადი“ გაცილებით უფრო ნაკლებ დატვირთვას ატარებს, რადგან ოდესმე ყველაფერი ბიოდეგრადირდება. აქედან გამომდინარე, ძალიან მნიშვნელოვანია დავაკონკრეტოთ ის გარემო, სადაც ბიო დეგრადაცია ხდება.*

პლასტიკის ბიოდეგრადირებადობის შესწავლა და შესაბამისი სტანდარტების დადგენა შეუძლებელია იმ განმარტებების გარეშე, რომლებიც ბიოდეგრადირებადობის სტანდარტებსა და განსაზღვრებებს განაპირობებს. ერთ-ერთი ძირითადი ნაკლოვანება, რომელიც ტერმინ „ბიოდეგრადირებას“ გააჩნია არის ის, რომ ის არ შეიცავს არანაირ ინფორმაციას ადგილთან, დროსთან ან დაშლის პროცესის დონეებთან დაკავშირებით. მართლაც, ბიოდეგრადირებადობას ხშირად განსაზღვრავენ მიზნიდან ან ინტერესებიდან გამომდინარე, რომლის მიხედვითაც განასხვავებენ სტანდარტებსა და სატესტო მეთოდებს აერობული და ანაერობული ჩამდინარე წყლებისათვის, მტკნარი წყლისა და ზღვის წყლის გარემოში. OECD-ს¹ რამდენიმე კლასიფიკაციის მიხედვით, ბიოდეგრადირებადობა დამოკიდებულია ბიოდეგრადირების ტესტზე და იმაზე, თუ რა იგულისხმება ამ ტერმინში: მიკროორგანიზმებით გამოწვეული სრული მინერალიზაცია თუ ცვლილებები მასალის ქიმიურ სტრუქტურაში, რაც ბიოლოგიური აქტივობითაა განპირობებული.

ამ ტერმინის გარშემო გაურკვეველობა საზოგადოებაში ფართოდაა გავრცელებული. ხშირად ერევათ ტერმინები „კომპოსტირებადი“ და „ბიოლოგიურ საფუძველზე დამზადებული“, რაც პროდუქტის იარაღების შემთხვევაში დამატებით დაბნეულობას იწვევს. როდესაც

¹ ეკონომიკური თანამშრომლობისა და განვითარების ორგანიზაცია.

ვსაუბრობთ ბიოდეგრადირების ადამიანის მიერ მართულ მეთოდებზე, ინდუსტრიული კომპოსტირება და ბიოდეგრადირებადობის განსაზღვრება შედარებით მარტივი ჩამოსაყალიბებელია, რადგან პირობები წინასწარ შეთანხმებული და სტანდარტიზებულია. თუმცა, განსაკუთრებული სიფრთხილეა საჭირო მაშინ, როდესაც საქმე ეხება ბიოდეგრადირებადობის განსაზღვრას ღია გარემოში, სადაც, ჩვეულებისამებრ, ფიზიკური და ქიმიური პირობების საკმაოდ ფართო და კომპლექსურ სპექტრს ვაწყდებით.

ამ ანგარიშის მიზნებიდან გამომდინარე, ჩვენ ბიოდეგრადირებად ნაერთებად მივიჩნევთ იმ მასალებს, რომლებიც მთლიანად გამოიყენება ნახშირბადის მიკრობული ზრდის წყაროდ (OECD-ს „მაქსიმალური ბიოდეგრადირებადობის“ განმარტებაზე დაყრდნობით). ანაერობულ პირობებში დეგრადირების პროცესი იწვევს ნახშირორჟანგის, წყლის, მინერალური მარილებისა და ახალი ბიომასის, ხოლო ანაერობულ პირობებში კი მეთანის ან/და დაბალი მოლეკულური წონის მჟავების წარმოქმნას.

კომპოსტირებადი

კომპოსტირება პროცესია, რომელიც ორგანული ნარჩენების დაშლას გულისხმობს მიკრობული მონელების მეშვეობით, რის შედეგადაც წარმოიქმნება კომპოსტი. კომპოსტს ბევრი სასარგებლო გამოყენება აქვს, მათ შორის ნიადაგის გაუმჯობესება და ნაყოფიერების ამაღლება. კომპოსტირების პროცესის გასავლელად ორგანულ ნარჩენებს სითბოს სწორი დონე, წყალი და ჟანგბადი ესაჭიროება. ორგანული ნარჩენების პატარა გროვაში მილიონობით მცირე მიკრობია, რომლებიც ნარჩენებით იკვებებიან და ორგანულ მატერიას კომპოსტად აქცევენ. იმისათვის, რომ პროდუქტი სრულიად კომპოსტირებადად მივიჩნიოთ, ის უნდა აკმაყოფილებდეს ევროკავშირის ყველა მოთხოვნას EN 13432 ნორმის გათვალისწინებით ან/და აშშ-ს ASTM D6400 სტანდარტს. ორივე სტანდარტის მიხედვით ბიოდეგრადირებადი/კომპოსტირებადი პროდუქტი მთლიანად უნდა განიცდიდეს დაშლას კომპოსტირების შესაბამის პირობებსა და დროის მონაკვეთში და მავნე ნარჩენებს არ უნდა ტოვებდეს.

ბიო-პლასტიკა

ზოგადი განმარტება შემდეგნაირად გამოიყურება: *პლასტიკა, რომელიც ან ბიოდეგრადირებადია ან ბიოლოგიურ საფუძველზე დამზადებული, ან ორივე*. ეს ტერმინი ამ განმარტებით ფართოდ გამოიყენება პლასტიკის ინდუსტრიაში და შედარებით ნაკლებად მეცნიერებაში.

ალტერნატიული გამოყენება #1: შესაძლოა ასევე ნიშნავდეს ბიო-კომპოსტირებად პლასტიკას (CEN/TR 15932).

ალტერნატიული გამოყენება #2: ბუნებრივი პლასტიკის მასალა. ძალიან ცოტა ბიო-პლასტიკის მასალა არსებობს. ამის ერთ-ერთი მაგალითია PHA (polyhydroxyalkanoates) - ანუ ბუნებრივი თერმოპლასტიკური პოლიეთერი.

პლასტიკის უმეტესობა ამოწურვად რესურსზე, ნედლეულ ნავთობზეა დამოკიდებული. ნედლეული ნავთობის მოხმარება გაცილებით აღემატება მის განახლებას, რაც იმას ნიშნავს, რომ ნედლეული მასალა დროის გარკვეულ მოწოდებაში გამოილევა. ამ შემთხვევაში, ალტერნატივას ბიოლოგიურ საფუძველზე დამზადებული პლასტიკა წარმოადგენს. გარდა ამისა, მომხმარებლები მეტი პასუხისმგებლობით ეკიდებიან გარემოს დაცვის საკითხებს, რაც იმას ნიშნავს, რომ ბიოლოგიურ საფუძველზე დამზადებული მასალა სწრაფად ანაცვლებს ჩვეულებრივ პლასტიკას.

იმისათვის, რომ ამან შედეგი გამოიღოს, პლასტიკის ინდუსტრიამ უნდა შემოგვთავაზოს ინფორმაცია, რომელიც უზრუნველყოფს ბიოლოგიურ საფუძველზე დამზადებული პლასტიკის მარტივ და უპრობლემო დამუშავებას. თუმცა, ბიო-პლასტიკასთან მიმართებაში გარკვეული ინფორმაციული ჩავარდნები არსებობს. მონაცემების არარსებობა ან ინფორმაციის არაადეკვატური დამუშავება, რაც ბიო-პლასტიკის ინდუსტრიულ გადამუშავებას აფერხებს და არ მივყავართ ოპტიმალურ შედეგებამდე.

დღეს არსებულ ბიო-პლასტიკას უკვე შეუძლია ძირითადი სფეროების უზრუნველყოფა. თუმცა, ხშირად მაინც ჩნდება დამუშავებასთან დაკავშირებული პრობლემები მაშინაც კი, თუ მხოლოდ მცირე ინფორმაციულ ჩავარდნებზეა საუბარი. იმისათვის, რომ ნავთობქიმიური მასალიდან შესაბამის ბიო-პლასტიკაზე გადავიდეთ, ეს ჩავარდნები უნდა აღმოიფხვრას და დამუშავებასთან დაკავშირებული შესაბამისი ინფორმაცია ადვილად ხელმისაწვდომი უნდა გახდეს.

ბიოლოგიურ საფუძველზე დამზადებული პლასტიკა უკიდურესად მრავალფეროვან სახეობებს მოიცავს და მათი განსხვავებული დამახასიათებლები საკმაოდ ჰგავს ნავთობზე დაფუძნებული პლასტიკის თავისებურებებს. მაშინ, როდესაც ნავთობზე დაფუძნებული პროდუქტების მხოლოდ ძალიან მცირე ნაწილი აკმაყოფილებს ASTM D6400-ის მოთხოვნებს, კომპოსტირებადი პლასტიკის ბაზარზე ბიოლოგიურ საფუძველზე დამზადებული ფისი დომინირებს.

არ არსებობს კლასიფიკაციის არანაირი სისტემა ან მეთოდოლოგია ბიოლოგიურ საფუძველზე დამზადებული პლასტიკის დასახასიათებლად. მიდგომის შესაბამისად, ბიოლოგიურ საფუძველზე დამზადებული ფისი შესაძლოა დაჯგუფდეს პროდუქციის სამრეწველო ნედლეულის, დამუშავების, ფისის ხარისხობრივი მახასიათებლების ან პროდუქციის ხმარებიდან ამოღების შემდგომ მისი დამუშავების შესაძლებლობებიდან გამომდინარე.

მნიშვნელოვანია აღვნიშნოთ, რომ მწარმოებლები ათობით ვერსიასა და ფისის თითოეული ტიპისათვის განსხვავებულ დონეს გვთავაზობენ სხვადასხვა საჭიროების მქონე მომხმარებლებისათვის. მაგალითად, მწარმოებელს შესაძლოა ჰქონდეს ერთი ხაზი თერმოფორმირებისთვის, სხვა - საინექციო ჩამოსხმისთვის და სულ სხვა ექსტრუზიისათვის.

გარდა ამისა, ფისის ხაზები შეიძლება შეიცვალოს იმის მიხედვით, მოითხოვს თუ არა საბოლოო პროდუქტი საჭმელთან შეთავსებადობას, კომპოსტირებადობას და ა.შ. ხშირია, როდესაც ყველა სახის ბიოლოგიურ პლასტიკას სხვადასხვა საღებავთან, ნავთობზე

დაფუძნებულ პლასტიკასთან, პლასტიკის დანამატებთან ან ბიოლოგიურ საფუძველზე დამზადებულ პლასტიკის დანამატებთან შეურევნ.

ბიო-პოლიმერი

ბიო-პოლიმერი ისეთი პოლიმერია, რომელიც ცოცხალი ორგანიზმებისგან წარმოიქმნება. ბიო-პოლიმერები (=ბუნებრივი პოლიმერები) ცოცხალი ორგანიზმების უმთავრეს შემადგენელ ნაწილს წარმოადგენს; პოლიმერი შეიძლება იყოს ცილები, ნუკლეინის მჟავები და პოლციკარდიდები. უმეტესად, პოლიციკარდიდები (მაგალითად, ცელულოზა, სახამებელი და გლიკოგენი) და ცილები (მაგალითად, გლუტენი, კოლაგენი და ფერმენტები); თუმცა, სხვა მრავალი ფორმა არსებობს, მაგალითად, ლიგნინი, პოლიეთერი და ა. შ.

ალტერნატივა #1: მთლიანად ან ნაწილობრივ ბიოლოგიურ საფუძველზე დამზადებული პოლიმერი (CEN/TR 15932:2009)

ბიოდეგრადირებადი პლასტიკა (გარემოში ბიოდეგრადირებადი პლასტიკა) -- ნიშნავს *პლასტიკას, რომელიც ბიოდეგრადირების პროცესს ექვემდებარება*. ბიოდეგრადირებადი პლასტიკის დეგრადაციის პროცესი შეიძლება შეიცავდეს სხვადასხვა აბიოტურ და ბიოტურ ნაბიჯებს; თუმცა, ის აუცილებლად გულისხმობს ბიოლოგიური მინერალიზაციის ნაბიჯს. პლასტიკის ბიოდეგრადირება ხდება თუ პლასტიკის ორგანულ მასალას საკვებ ნივთიერებად გამოიყენებს ბიოლოგიური სისტემა (ორგანიზმი).

ბიოდეგრადირებადი პლასტიკა შეიძლება იყოს მიღებული განახლებადი ბიომასისგან (როგორცაა სახამებელი) ან ქიმიური ან ბიოტექნოლოგიური პროცესის შედეგად დამუშავებული არაგანახლებადი წიაღისეული (როგორცაა ნავთობი) სამრეწველო ნედლეული. ბიოდეგრადირებადი პლასტიკის წარმოებისას გამოყენებული წყაროები და პროცესი არ ახდენს გავლენას მის კლასიფიკაციაზე. პლასტიკის ნივთის ბიოდეგრადირების ხარისხი დამოკიდებულია ასევე პლასტიკის სპეციფიკურ ფორმულაზე, მისი ზედაპირისა და მოცულობის შეფარდებაზე, სისქეზე და ა. შ.

ბიოლოგიურ საფუძველზე დამზადებული პლასტიკა -- ზოგადი განმარტება ასეთი იქნებოდა: *ბიომასის საფუძველზე დამზადებული პლასტიკა (გარდა ფოლიზირებული ბიომასისა)*. პლასტიკა შეიძლება იყოს მთლიანად ან ნაწილობრივ ბიომასაზე (=განახლებადი წყაროები) დაფუძნებული. განახლებადი წყაროების გამოყენება პლასტიკის მდგრადობას ზრდის. მიუხედავად იმისა, წიაღისეული წყაროები ბუნებრივია, განახლებადი არ არის და არ მიიჩნევა ბიოლოგიურ საფუძველზე დამზადებული პლასტიკის მასალად. იმის განსაზღვრისთვის, თუ რა დონეზეა პლასტიკა ბიოლოგიურ საფუძველზე დამზადებული, საჭიროა ვიცოდეთ ბიოლოგიურ საფუძველზე დამზადებული ნახშირის შემადგენლობა. ბიოლოგიურ მასაზე დამზადებული მასალები ხშირად მოიხსენიება როგორც ბიო-მასალები, თუმცა, თუ პროფესიონალური კუთხით მივუდგებით, ეს ტერმინები სინონიმები არ არის. ამ ტერმინის გამოყენება, როგორც ბიოლოგიურ საფუძველზე დამზადებული პლასტიკის სინონიმისა არ არის მართებული და ამას ხელი არ უნდა შევუწყოთ.

კომპოსტირებადი პლასტიკა --- *პლასტიკა, რომელიც ბიოდეგრადირებადია კომპოსტირების ციკლის პირობებსა და დროის მონაკვეთში*.

კომპოსტირება ეს არის ორგანული ნარჩენების დამუშავება აერობულ პირობებში (ჟანგბადის დახმარებით), სადაც ორგანული მასალა ბუნებრივად გარდაიქმნება მიკროორგანიზმების მიერ. ინდუსტრიული კომპოსტირების დროს, ტემპერატურამ შეიძლება 70 °C-საც მიაღწიოს და პროცესი მიმდინარეობს ტენიან პირობებში. კომპოსტირების პროცესი თვეების მანძილზე მიმდინარეობს. მნიშვნელოვანია ვიცოდეთ, რომ ბიოდეგრადირებადი პლასტიკა აუცილებლად არ გულისხმობს, რომ ის ავტომატურად კომპოსტირებადი პლასტიკაა (ბიოდეგრადირებად პლასტიკას მეტი დრო და განსხვავებული პირობები სჭირდება ბიოდეგრადირებისათვის), მაშინ როდესაც კომპოსტირებადი პლასტიკა აუცილებლად ბიოდეგრადირებადიცაა. კომპოსტირებადი პლასტიკის განმარტებისათვის აუცილებელი კრიტერიუმების განსაზღვრა მნიშვნელოვანია, რადგან ისეთი მასალების კომპოსტირებამ, რომლებიც სტანდარტებს არ შეესაბამება შესაძლოა კომპოსტის ხარისხი გააუარესოს. კომპოსტირებადი პლასტიკა სხვადასხვა ეროვნული და საერთაშორისო სტანდარტით განმარტება (მაგ. EN-13432 და ASTM D6900), რომლებიც ინდუსტრიულ კომპოსტირებას ეხება. EN-13432 (იხ. ქვემოთ) განსაზღვრავს შესაფუთი მასალის მახასიათებლებს, რომლებიც კომპოსტირებადია და შესაძლებელია მათი გადამუშავება ორგანული მყარი ნარჩენების სახით. EN 14995 ავართოებს პლასტიკის განსაზღვრებას შეფუთვის გარდა სხვა გამოყენების შემთხვევაშიც. ეს სტანდარტები სერტიფიცირების სხვადასხვა სისტემის საფუძველია.

ცხრილ # 2.1-ში მოცემულია რამდენიმე ყველაზე ხშირად გამოყენებადი ბიო-პოლიმერი (<http://www.bioplastics.guide>)

ცხრილი 2.1: ყველაზე გავრცელებული ბიო-პოლიმერები

ბიო-პოლიმერი	სამრეწველო რესურსი	ნედლეული	მახასიათებლები	რას ანაცვლებს?
სახამებელზე დაფუძნებული	სიმინდი, კარტოფილი, ხორბალი, ტაპიოკა	სახამებელი	წყლის ორთქლის დაბალი ბარიერი; ცუდი მექანიკური თვისებები; ცუდი დამუშავებადობა; სიმყიფე	პოლისტიროლი (PS)
ცელულოზაზე დაფუძნებული	მერქნის მასა (პულპა)	ცელულოზა	წყლის ორთქლის დაბალი ბარიერი; ცუდი მექანიკური თვისებები; ცუდი დამუშავებადობა; სიმყიფე	პოლიპროპილენი (PP)
PHA და PHB	კარტოფილი, ხორბალი, სიმინდი, ტაპიოკა, მცენარეული ცხიმები	სახამებელი	PHA – არსებობს ხისტი, მყიფე და რეზინის მაგვარი. PHB - აქვს უკეთესი ჟანგბადის ბარიერი, ვიდრე PP-ს და PET-ს,	პოლიპროპილენი(PP) Polyethylene (PE)

ბიო-პოლიმერი	სამრეწველო რესურსი	ნედლეული	მახასიათებლები	რას ანაცვლებს?
			აქვს წყლის ორთქლის ბარიერის უკეთესი თვისებები ვიდრე PP-ს, ცხიმისა და სუნის ბარიერი საკმარისია საჭმლის შესაფუთად.	
პოლილოქსიური მჟავა (PLA)	შაქრის ჭარხალი, კარტოფილი, ხორბალი, სიმინდი, ტაპიოკა	რძემჟავა	მაღალი დაჭიმვადობა და დრეკადობა. თუმცა, მისი სიმყიფე და დაბალი სიმყიფე კრისტალიზაციის დაბალხარისხს იწვევს, რასაც დაბალ თერმულ სტაბილურობამდე და გამოყენების შეზღუდვებამდე მივყავართ.	დაბალი და მაღალი სიმკვრივის პოლიეთილენი (LDPE და HDPE), ლიეთილენის ტერეფალატი (PET), პოლისტიროლი (PS), პოლიპროპილენი (PP)

3. EN 13432:2000 და ASTM D6400 სტანდარტები

3.1. ზოგადი

EN 13432 სტანდარტი: მოთხოვნები შეფუთვისათვის, რომლის აღდგენაც შეიძლება კომპოსტირებისა და ბიოდეგრადირების შედეგად - ტესტირების სქემა და შეფასების კრიტერიუმები შეფუთვის საბოლოოდ დასამტკიცებლად 2000 წლიდან არსებობს და ეხმაურება შეფუთვისა და შეფუთვის ნარჩენების შესახებ მოთხოვნების დირექტივებს (94/62/EC).

ეს სტანდარტი ამკვიდრებს მოთხოვნებს კომპოსტირებისა და ბიოდეგრადირების შედეგად აღდგენადი შეფუთვისათვის და აწესებს კრიტერიუმებს არის თუ არა მასალა „კომპოსტირებადი“. დღეს, ტერმინები „ბიოდეგრადირება“, „ბიოდეგრადირებადი მასალა“, „კომპოსტირებადობა“ და ა.შ. ძალიან ფართოდაა გავრცელებული და ხშირად არასწორად გამოიყენება (როგორც მე-2 თავში აღვნიშნეთ). EN 13432:2001 ამ პრობლემის მნიშვნელოვან ნაწილს აღმოფხვრის და განმარტავს იმ მახასიათებლებს, რომლებიც „კომპოსტირებად“ მასალას უნდა გააჩნდეს და შესაბამისად, გადამუშავდეს ორგანული ნარჩენების კომპოსტირების პროცესის შედეგად. კომპოსტირებადობის კრიტერიუმები ძალიან მნიშვნელოვანია, რადგან მასალას, რომელიც კომპოსტირებისთვის შეუსაბამოა (ტრადიციული პლასტიკა, შუშა, მძიმე მეტალებით დაბინძურებული მასალა და ა.შ.) შეუძლია

ზიანი მიაყენოს საბოლოო პროდუქტის ხარისხს, უვარგისი გახადოს სოფლის მეურნეობისა და კომერციული გამოყენებისთვის.

3.2. EN 13432 -ის შეჯამება „კომპოსტირებადობის კრიტერიუმები“

ძირითადი ტესტები და ტესტის გავლა/ვერ გავლის კრიტერიუმები მოკლედ:

- დაშლა - ფრაგმენტაცია და ხილვადობის გაქრობა საბოლოო კომპოსტში (ვიზუალური დაზინძურების არ არსებობა). პილოტური მასშტაბის ტესტის დროს დაშლა იზომება EN-14045-ის მიხედვით. შესაფუთ მასალას ურევენ ორგანულ ნარჩენებთან და ტოვებენ საპილოტე მასშტაბის პირობებში 12 კვირის (3 თვის) განმავლობაში, რის შემდეგაც მასალის ფრაგმენტების 10%-ზე მეტი არ უნდა იყოს 2 მილიმეტრზე დიდი.
- ბიოდეგრადირებადობა - მეტაბოლური, მიკრობული გარდაქმნის საზომი კომპოსტირების პირობებში შეფუთვის მასალის ნიმუშით წყალში, ნახშირორჟანგისა და ახალი უჯრედების ბიომასაში. ბიოდეგრადირებადობა იზომება ლაბორატორიის სტანდარტული ტესტის მეთოდით EN-14046 (ასევე, გამოქვეყნდა როგორც ISO-14855). მაქსიმუმ 6 თვეში სატესტო ნიმუშის ბიოდეგრადირების პროცესის შედეგად უნდა გამოიყოს იმდენი ნახშირორჟანგი, რომელიც საკონტროლო მასალის მიერ მიღებული ნახშირორჟანგის 90% მაინც უნდა იყოს.
- კომპოსტირების პროცესის ნეგატიური ეფექტის არარსებობა. ეს უკანასკნელი მოწმდება კომპოსტირების პილოტური ტესტის შედეგად.
- მძიმე მეტალების (პოტენციურად ტოქსიკური ელემენტები) დაბალი შემადგენლობა და უარყოფითი გავლენის არარსებობა მიღებულ კომპოსტზე. ზედა ზღვარი მგ/კგ-ში მშრალი ნიმუშისთვის: თუთია - 150, სპილენძი - 50, ნიკელი - 25, კადმიუმი - 0.5, ტყვია - 50, ვერცხლისწყალი - 0.5, ქრომი - 50, მოლიბდენი - 1, სელენი 0.75, დარიშხანი - 5, ფტორი - 100.

კომპოსტირებად შესაფუთ მასალას არ უნდა ჰქონდეს უარყოფითი ზეგავლენა მთლიან სიმკვრივეზე, pH-ზე, მარილიანობაზე (ელექტრო გამტარობაზე), არამდგრად მყარ ნივთიერებებზე, საერთო აზოტის, საერთო ფოსფორის, საერთო მაგნიუმის, საერთო კალიუმის და ამონიუმის აზოტის მახასიათებლები კომპოსტში.

ზემოთ აღწერილი თითოეული ტესტი საერთაშორისოდ შეთანხმებული მეთოდების მიხედვით ტარდება, როგორც EN 13432-შია დადგენილი. დამოუკიდებელი ლაბორატორიის ტესტები დარდება მკაცრ ჩაბარება/ჩაჭრის სტანდარტს ტესტში. მხოლოდ ის მასალა მტკიცდება კომპოსტირებადად, რომელიც კომპოსტირებადი მასალის ყველა ტესტს გაივლის.

3.3. ASTM D6400 სტანდარტი

ეს სპეციფიკაცია ეხება პლასტიკისა და პლასტიკისგან დამზადებულ პროდუქციას, რომლის კომპოსტირებაც ხდება აერობულ პირობებში მუნიციპალურ და ინდუსტრიულ აერობულ კომპოსტირების დაწესებულებებში, სადაც თერმოფილური პირობებია შექმნილი. ASTM D6400-ის დახმარებით მუშავდება მოთხოვნები პროდუქციის იარლიყებისათვის, მათ შორის

ისეთი შეფუთვებისთვის, რომლებიც პლასტიკისგანაა დამზადებული შემდგომი კატეგორიით: *კომპოსტირებადი აერობულ მუნიციპალურ და ინდუსტრიულ კომპოსტირების დაწესებულებებში.*

მახასიათებლები, რომლებიც ამ სტანდარტშია გამოყენებული განსაზღვრავს მოხდება თუ არა პლასტიკისა და პოლიმერების გამოყენებით დამზადებული საბოლოო პროდუქტების (მათ შორის შეფუთვის) დამაკმაყოფილებელი კომპოსტირება დიდი მასშტაბის აერობულ მუნიციპალური ან ინდუსტრიული კომპოსტირების დაწესებულებებში. კომპოსტირების მაქსიმალური გამტარუნარიანობა უმაღლეს პრიორიტეტს წარმოადგენს და შუალედურ ეტაპზე პლასტიკის დაშლა და ბიოდეგრადირება არ უნდა იყოს თვალსაჩინო საბოლოო მომხმარებლისათვის ესთეტიკური მიზეზებიდან გამომდინარე.

4. გაბერილი ფირის ექსტრუზია

4.1. პროცესის ტერმინთა განმარტება

ს/დ შეფარდება: სიგრძე/დიამეტრის შეფარდება (ეხება ხრახნს)

გაბერვის შეფარდება (BUR): ბუშტის დიამეტრის შეფარდება ფორმის მარეგულირებელი ცილინდრის (აქედან: ცილინდრი) დიამეტრის შეფარდებასთან

შეკუმშვის შეფარდება (CR): ხრახნის პირველი დატრიალების ჩამტვირთავის ბოლოში შეფარდება, ბოლო დატრიალების მოცულობასთან (ცილინდრის ბოლოში). ეს შეფარდება როგორც წესი, 1.5:1 ან 4:1-ია მასალის მიხედვით.

მდნარი მასის დინების სისწრაფე MFR: ხშირად მოიხსენიებენ, როგორც დნობის ინდექსს, რომელიც ასახავს პლასტიკის დინების სიმარტივეს განსაზღვრული ტემპერატურის პირობებში. ეს მახასიათებელი იზომება თერმოპლასტური პოლიმერის ექსტრუზიის დნობისას გარკვეულ ტემპერატურაზე, წინასწარ განსაზღვრული წონის წნეხის ქვეშ, კაპილარულ (კონკრეტული ზომების) მილში გატარებით. შედეგი გამოისახება წნეხილი მასით დროის ერთეულში და იწერება შემდეგნაირად: გ/10 წთ. თუ ვიცით დნობის სიმკვრივე, შეგვიძლია გავიგოთ MFR **დნობის მოცულობის დინების სისწრაფის მეშვეობით (MVR).** ტესტირების ამ მეთოდის დახმარებით პოლიმერის ექსტრარადიტების აწონვა ჩანაცვლებულია ექსტრუზიის მოცულობის მუდმივი გაზომვით. MVR-ს მნიშვნელობა გამოისახება შემდეგნაირად: სმ³/10 წთ.

ადაპტერი: ცილინდრი დამაგრებულია ადაპტორის მეშვეობით და გამოიყენება ასევე დინების მიმართულების შესაცვლელად.

ოთხკუთხა უსახელო პარკები: ორგანოზომილებიანი პარკი (სიგანე x სიგრძე), რომლის ერთ-ერთი მხარე დახურულია.

ყალიბი: მასალის სისქე. რაც უფრო მაღალია ყალიბი, მით უფრო სქელია მასალა.

4.2. ზოგადი

ფირის დამზადების ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული მეთოდია გაბერილი ფირის ექსტრუზია (ასევე მოიხსენიებენ, როგორც ცილინდრისებრ აფსკს). პროცესი გულისხმობს პლასტიკის ცილინდრისებრ დანადგარში გატარებას, რასაც ბუმტისებრი გაბერვა მოსდევს. ფირის ასე წარმოების მთავარი დადებითი მხარეებია:

- ორიენტირებული ბრტყელი და ნაკეციანი პარკის დამზადება
- ფირის სიგანისა და სისქის კონტროლი ბუმტში ჰაერის ტემპერატურის, ექსტრუდერისა და გამოქაჩვის სისწრაფის მიხედვით
- ისეთი ეფექტების თავიდან აცილება, როგორებიცაა ნაპირების არათანაბრად ჭრა და ტემპერატურის ცვალებადობა, რომელიც ექსტრუზიის ბრტყელ დანადგარს ახასიათებს
- ორღერძიანი ორიენტაცია (ერთგვაროვნების და მექანიკური მახასიათებლების საშუალებას იძლევა)
- გაბერილი ფირის ექსტრუზიის გამოყენება შეიძლება მრავალ ფენოვანი ფირის დასამზადებლად უფრო მაღალი ბარიერის საჭიროების შემთხვევაში მაგალითად, საჭმლის შესაფუთად
- გაბერილი ფირის დიაგრამა

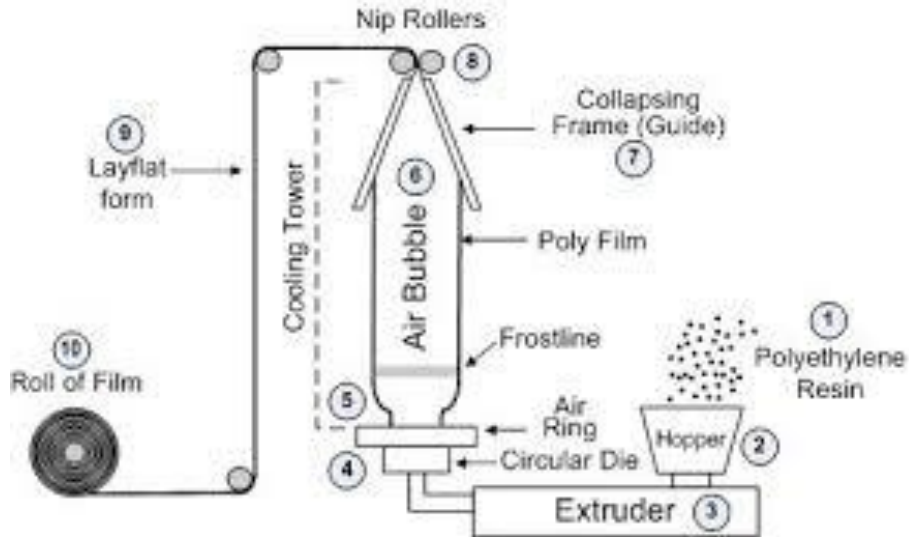
4.3. პროცესი

მდნარი პლასტიკა გაივლის ცილინდრში, როგორც წესი, ვერტიკალურად და ქმნის თხელ კედლიან მილისებრ ფირს (იხ. ფოტო #1). ჰაერი შედის ცილინდრის ცენტრალური ნაწილიდან და მილს ბუმტივით ბერავს. ბუმტის წვეროში დაგროვილი ჰაერი დიდი სისწრაფით უბერავს ცხელ ფირს გასაგრილებლად. ფირის მილი ზემოთ იწელება, გრილდება და გაივლის დასახვევ მილებზე, სადაც ფირი ბრტყელდება და ქმნის ოთხკუთხა, უსახელო პარკს. დაბრტყელებული მატერია ჩამოდის ისევ ქვემოთ ექსტრუზიის „კომპში“ კიდევ უფრო მეტი დამხვევებით. ისეთ ქარხნებში, სადაც დიდი რაოდენობის პარკები იწარმოება, ბუმტის შიგნით ჰაერი იცვლება. ამას ბუმტის შიდა გაგრილება ეწოდება (IBS Internal Bubble Cooling- ბუმტის შიდა გაგრილება).

გაბრტყელებული, ოთხკუთხა პარკი შემდგომ ინახება, კიდები ჩამოეჭრება ან რულონებად იხვევა. შემდგომ პარკებისთვის საბოლოო სახის მისაცემად ჭრიან ან ხვრეტენ თითოეული პარკის ცალ კიდე. ეს ან გაბერილი ფირის მეთოდის უშუალო პროცესში ხდება ან მოგვიანებით.

როგორც წესი, გაფართოების შეფარდება ცილინდრსა და ფირის მილს შორის ცილინდრის დიამეტრზე 1.5-ჯერ ან მაქსიმუმ, 4-ჯერ უფრო დიდია. კედლების სისქისა და გაგრილებული ფირის სისქის შემცირება შესაძლოა განივი და სიგრძივი მიმართულებით და მარტივად კონტროლდება ბუმტის შიგნით ჰაერის მოცულობის განსაზღვრის ან გამოქაჩვის სიჩქარის

საფუძველზე. ეს გაბერილი ფირს უკეთესად ბალანსირებულ მახასიათებლებს სძენს, ვიდრე ტრადიციული მიდგომა ან ისეთი ექსტრუზია, რომელიც მხოლოდ ერთი მიმართულებით მიმდინარეობს.



სურათი #1: ტიპური გაბერილი ფირის ექსტრუზიის ილუსტრაცია

4.4. A-B-A გაბერილი ფირი

A-B-A გაბერილი ფირის დანადგარი ორი ექსტრუდერისგან შედგება, რომლებიც როგორც წესი, ორი სხვადასხვა ზომისაა. დღეს ყველაზე გავრცელებულია 45 მმ დიამეტრის მქონე ხრახნისა და 55 მმ-იანი ხრახნის კომბინაცია „მაისურის ტიპის“ პარკის წარმოებაში. ნაგვის პარკებისათვის, ჩვეულებრივ, 55 მმ დიამეტრის ხრახნს იყენებენ 64 მმ-იანთან ერთად. გარეთა, A-A ფენისათვის, 20%-იან CaCO₃-ს იყენებენ, სპეციალურ საღებავებს ამატებენ, LLDPE-სა და უფრო მაღალი პროცენტის HDPE-ს გამოყენებით. B ფენა შეიძლება უფრო მაღალი პროცენტულობის CaCO₃-ით და ნედლი HDPE-ით დამუშავდეს. ამ ნარევი რეციკლირებული გრანულების გამოყენებაც შეიძლება.

5. კომპანია „ზუგო“

„ზუგო“ საქართველოში არსებული კომპანიაა, რომელიც 2-დან 100 μ m-ს სისქის მქონე პოლიეთილენის პარკებს ამზადებს.

ნედლი მასალა, რომელიც ინდუსტრიულ საწარმოში ამჟამად პლასტიკის პარკების წარმოებისთვის გამოიყენება, არის:

1. პოლიეთილენი, გრანულარული დაბალი წნევის Marlex tr-144, მწარმოებელი ქვეყანა - საუდის არაბეთი
2. პოლიეთილენი, გრანულარული დაბალი წნევის Hd7000f, მწარმოებელი - „Petro Chemical Iran“
3. პოლიეთილენი, გრანულარული, დაბალი წნევის Md9007 (კალციუმი), მწარმოებელი - „Maskom plastik Turkey“
4. პოლიეთილენი, გრანულარული, LLDPE, დაბალი წნევის, მწარმოებელი - კატარის ნავთობქიმიური კომპანია
5. პოლიეთილენი, გრანულარული მაღალი წნევის LLDPE, მწარმოებელი „Socar azerikimya“, აზერბაიჯანი

რაც შეეხება საღებავ საშუალებებს, გამოიყენება შემდეგი ტიპის საშუალებები:

- Sub2626 (ერთ-ერთი ფერი) მწარმოებელი: „Maskom plastic Turkey“
- M141624 (ერთ-ერთი ფერი) მწარმოებელი: „Maskom plastic Turkey“

A-B-A ტიპის ექსტრუდერის მოდელის წარმოებისთვის: HDPE ფირის და გაბერვის დანადგარის კემბრიჯის ტექნიკა Co., Ltd, GQ-FB100 გამოიყენება.

ექსტრუზიის პროცესის უფრო დეტალური აღწერა და ნედლი მასალის (ფისი) გავლენა წარმოების პარამეტრებზე მომდევნო თავებშია მოცემული.

როგორც შესავალში აღვნიშნეთ, „ზუგო“ ამჟამად აწარმოებს პლასტიკის პარკებს ტრადიციული, არაბიოდეგრადირებადი ნედლი მასალის გამოყენებით, როგორცაა HDPE და LDPE. ახალი რეგულაციების შესაბამისად (იხ. თავი #1) წარმოების პროცესი ისე უნდა შეიცვალოს, რომ ბიოდეგრადირებადი/კომპოსტირებადი პარკების წარმოება დაიწყოს, რომელთა სისქე 15 μ m-ზე მეტი იქნება.

ამ მიმართულებით, კომპანიამ მოახდინა სპეციფიკური ფისის **Bio-Flex® F 2110**-ის იდენტიფიცირება, რომელსაც გერმანული კომპანია, „**FKuR Kunststoff GmbH**“ აწარმოებს. ეს კონკრეტული მასალა, როგორც ამას მწარმოებელი ამტკიცებს ბიოდეგრადირებადი პლასტიკაა რომელიც PLA-ზე და სხვა ბიო-პოლიმერებზე დაფუძნებითაა დამზადებული. ამ კონკრეტული ფისის უფრო დეტალური ანალიზი შემდგომ თავებშია წარმოდგენილი.

Bio-Flex® F 2110 აკმაყოფილებს როგორც EN 13432-ს, ასევე ASTM D6400-ს მოთხოვნებს. შესაბამისად, ის სერტიფიცირებული კომპოსტირებადი მასალაა. Bio-Flex® F 2110 ასევე სერტიფიცირებულია აშშ-ს სოფლის მეურნეობის დეპარტამენტის (USDA) მიერ, როგორც ბიოლოგიურ საფუძველზე დამზადებული პროდუქტი.

6. ზოგადი მიდგომა გარდამავალი პროცესებისადმი

კომპანიები, რომელთაც სურთ ბიოდეგრადირებადი პლასტიკის საწარმოს შექმნა ან სურთ არსებული პროცესების შეცვლა ბიოდეგრადირებადი პლასტიკის საწარმოებად (როგორც ამას „ზუგო“ აკეთებს) გადააწყდებიან პრობლემებს, რომელთაც ქვემოთ მიმოვიხილავთ. მოცემული ანგარიში ამ საკითხებთან მიმართებაში გარკვეულ მიმართულებებს იძლევა.

6.1. ბიოდეგრადირებადი პოლიმერების ტიპები, რომლებიც ყველაზე კარგად შეესაბამება დამუშავების არსებულ ტექნოლოგიას

მყარ მდგომარეობაში პოლიმერების მახასიათებლები ბაზარზე მნიშვნელოვანი პარამეტრია და სიღრმისეულად უნდა იქნეს შესწავლილი. უნდა შეფასდეს ბიოდეგრადირებადი ფისის თერმული სტაბილურობა, დარბილების ტემპერატურა და მექანიკური თვისებები. გარდა ამისა, ბიო-პოლიმერის შემადგენლობა და მოლეკულური სტრუქტურაც უნდა მივიღოთ მხედველობაში.

6.2. კონკრეტული გამოყენების შესაფერისი ბიოდეგრადირებადი პოლიმერების ტიპები

შესაბამისი ბიოდეგრადირებადი პოლიმერის შერჩევა კონკრეტული გამოყენებისათვის უნდა დაეფუძნოს ბაზარზე არსებული პოლიმერის მასალის შემადგენლობასა და მოლეკულურ სტრუქტურას. ველზე საფუძვლიანი კვლევის შედეგად დადგინდება პროდუქტის ხარისხი და ბიოდეგრადირებადობა მისი გამოყენების ციკლის შემდგომ. ასევე, შემოწმდება მისი რეპროდუქციის შესაძლებლობები.

შემოწმების მეთოდები მოიცავს:

- საბოლოო პროდუქტის მახასიათებლების შეფასებას
- უსუფთაობის აღმოჩენა, რომელმაც შესაძლოა გავლენა მოახდინოს მასალის დამუშავებაზე
- შემავსებლის შემადგენლობა და ტიპი

ზემოთ მოცემული შეფასების კრიტერიუმები საშუალებას მისცემს მწარმოებლებს (როგორცაა „ზუგო“) აარჩიონ შესაბამისი პოლიმერი კონკრეტული გამოყენებისათვის და ამით უზრუნველყონ, რომ მათ მიერ შემოთავაზებული მასალა ხარისხის სტანდარტებს შეესაბამებოდეს. ამგვარად, ასევე შესაძლებელი გახდება შერჩეული პოლიმერების შენახვისა (სინესტე, მზის სინათლე და ტემპერატურა) და დამუშავების პირობების, ასევე, შენახვის პირობების უზრუნველყოფა იმ პროდუქტებისათვის, რომლებიც ამ მასალებზე დაყრდნობით დამზადდება. ასევე, ამ დაკვირვებების შედეგად შეგროვდება ინფორმაცია საბოლოო პროდუქტის რეციკლირებადი ნაწილების შესახებ.

6.3. კონკრეტული კომერციული ფისის მახასიათებლების მორგება განსაზღვრულ საჭიროებებზე

ეს ცვლილებები შეიძლება მიიღწეს:

- პოლიმერის მახასიათებლების ცვლილებით ქიმიური მეთოდების მეშვეობით
- პოლიმერის მახასიათებლების ცვლილებით ფიზიკური მეთოდების მეშვეობით

ქიმიური მეთოდები შეიძლება გულისხმობდეს ჯაჭვის გაფართოებას, ფუნქციური ჯგუფების შემოღებას, პროდუქტის ზედაპირის მოდიფიცირებას (მაგალითად, ფოლგა უკეთესი ბეჭდვისთვის).

ფიზიკური მეთოდები შეიძლება მოიცავდეს მულტიკომპონენტური მასალის შექმნას პლასტიზატორების, კომპატიფილატორების, შემავსებლების (სასურველია ბიოდეგრადირებადი) დამატებით ან სხვა ბიოდეგრადირებად პოლიმერთან შერევის გზით.

ყოველივე ზემოთხსენებული საშუალებას მისცემს მასალის მახასიათებლებს დაუახლოვდეს წარმოების კონკრეტულ მოთხოვნებს.

6.4. საწარმოო ხაზზე არსებული პრობლემები

ბიოდეგრადირებადი პოლიმერების დამუშავების ოპტიმიზაცია აუცილებელია. ეს შეიძლება მოხდეს შესაბამისი ტემპერატურის განსაზღვრის მეშვეობით წარმოების ყველა ეტაპზე. დამუშავების პრობლემების უმეტესობა ჩნდება ბიო-პოლიმერების დაბალი თერმული სტაბილურობიდან გამომდინარე. კერძოდ, თუ დამუშავების ტემპერატურა უფრო მაღალია, ვიდრე კრიტიკული ტემპერატურა, შესაძლოა მასალა დაზიანდეს, შემცირდეს მისი მოლეკულური წონა და დაიკლოს სიბლანტემ.

ბიო-პოლიმერების უმრავლესობა უფრო დაბალ ტემპერატურაზე მუშავდება, ვიდრე ჩვეულებრივი ფისი (მაგ., HDPE). სავარაუდოდ, საჭირო გახდება დამუშავების ტემპერატურის ან დროის შემცირება. თუმცა, ეს ყოველთვის არ არის შესაძლებელი. მაგალითად მაშინ, როდესაც მასალის დნობის ტემპერატურა ძალიან მაღალია. ამ შემთხვევაში, მოცემული ფისისთვის აუცილებელია დამატებითი კვლევა, მათ შორის, სტაბილიზატორების გამოყენება, ჯაჭვის გაფართოებლებისა და პლასტილატორების გამოყენება. ან რაიმე სხვა გზების გამოძებნა მასალის დაზიანების თავიდან ასაცილებლად.

ეს შესაძლებელს გახდის ტრადიციული დანადგარების გამოყენებას მხოლოდ მცირედი ცვლილებებით მთლიანად ახალ საწარმოო ხაზში ინვესტირების გარეშე.

6.5. წარმოების პარამეტრების ადაპტირება

საჭირო გახდება ისეთი ღონისძიებების გატარება, რომლებიც ინდუსტრიული წარმოების პროცესების განვითარებას შეუწყობს ხელს, წარუმატებლობის რისკს შეამცირებს და პროდუქციის საწყის ეტაპზე ხარჯების მინიმიზაციას უზრუნველყოფს.

ასეთი ღონისძიებები შეიძლება იყოს:

- ბიოდეგრადირებადი პლასტიკის მასალების შემოწმება ლაბორატორიის დონეზე
- ახალი პროდუქტების საპილოტე ტესტირება
- ტექნოლოგიური პროცესებისთვის საჭირო ადგილობრივი პარამეტრების ადაპტაცია

6.6. ბიოდეგრადირებადი პროდუქტების ფუნქციური მახასიათებლები

პროდუქტის ფუნქციური მახასიათებლები შესაძლოა შეფასდეს გამოყენების კონკრეტულ სფეროებში. ასეთი ღონისძიებები შესაძლოა იყოს პოლიმერის მასალის დამკველების მახასიათებლების, ბარიერის თვისებების (გაზის გამტარობა), თერმო-მექანიკური და გამძლეობის თვისებები.

ეს მწარმოებლებს საშუალებას მისცემს ბაზარზე ისეთი პროდუქტი გაიტანონ, რაც ტრანსპორტირების, შენახვის, გაყიდვის ვადებისა და კომპოსტირების კონკრეტულ მოთხოვნებს დააკმაყოფილებს.

6.7. კომპოსტირებადობა/ბიოდეგრადირებადობა შესაბამისი სტანდარტების მიხედვით

საბოლოო პროდუქტის ბიოდეგრადირებადობისა და კომპოსტირებადობის შემოწმება აუცილებელია. აკრედიტირებულ ლაბორატორიასთან თანამშრომლობა EN-13432-ის სტანდარტების შესაბამისად უნდა მოხდეს. ეს განსაზღვრავს შეესაბამება თუ არა პროდუქტი კონკრეტული სერტიფიკატის მოთხოვნებს, სიმბოლოებსა და ნიშნებს. გარდა ამისა, მწარმოებელი შეძლებს ინფორმაცია მიაწოდოს საბოლოო მომხმარებლებს პროდუქტის კომპოსტირებადობის შესახებ.

7. Bio-Flex® F 2110-ის და მსგავსი ფისის დამუშავება „ზუგოში“ არსებული დანადგარებით

7.1. ზოგადი რეკომენდაციები

პოლიმერების ყველა საწარმოო ხაზი (როგორცაა „ზუგო“) ისეა აწყობილი, რომ ერთ კონკრეტულ პოლიმერს ერგება. სწორედ აქედან გამომდინარე, ძალიან მნიშვნელოვანია პოლიმერის თვისებების შესწავლა, როდესაც საწარმოო ხაზში ახალი ტიპის მასალა შემოდის და საჭიროა არსებული ტექნოლოგიის გამოყენება. იქიდან გამომდინარე, რომ ბიო-პლასტიკის ექსპერტურა რთულია, შესაძლოა საჭირო გახდეს ექსპერიმენტული მიდგომის გამოყენება ოპტიმალური შედეგების მისაღწევად (იხ. თავი #9 კვლევების შესახებ). პოლიმერის სიმკვრივე (ორივე, მყარი და გამდნარიც), თერმული გამტარუნარიანობა, შუშის გარდამავალი ტემპერატურა და შევიწროება დიზაინის გადამწყვეტი პარამეტრებია.

ბიო-პოლიმერის მწარმოებლები გვირჩევენ, რომ უმჯობესია, თუ საბოლოო მომხმარებელი დაუკავშირდება მათ ნებისმიერი ღონისძიების გატარებამდე, იქიდან გამომდინარე, რომ არსებული საკანონმდებლო მოთხოვნები საკმაოდ რთულია.

7.2. PLA-ზე დაფუძნებული ნედლი მასალების დამუშავება

შესაბამისი ლიტერატურისა და ინდუსტრიული გამოცდილების შესაბამისად, PLA-სთან ასოცირებული გადამუშავების პრობლემებს უმრავლესობა არასწორი გაშრობიდან გამომდინარეობს. PLA ძალიან სწრაფად ისრუტავს გარემოს სინესტეს. იქიდან გამომდინარე, რომ PLA კონდენსაციის პოლიმერია, სულ მცირე ნესტის არსებობამაც კი დნობის დროს შესაძლოა გამოიწვიოს პოლიმერის ჯაჭვთა რღვევა, მოლეკულური წონისა და თვისებების დაკარგვა.

PLA-ს ესაჭიროება შრობის სხვადასხვა ტემპერატურა იმის მიხედვით, თუ როგორი გამოყენებისთვის მუშავდება ის. როგორც წესი, ნესტიანობა არ უნდა აღემატებოდეს 250 ppm-ს. უმჯობესია თუ 200 ppm-ს ქვემოთ იქნება, რადგან ამ დროს სიმყარე იმატებს. PLA-ს ნესტის შემწოვი გაშრობის პროცედურა ესაჭიროება. კრისტალიზების დონის შესაბამისად ფირი 50 – 70°C ტემპერატურაზე 4 საათის განმავლობაში შრება. პროცესები, რომლებიც უფრო მაღალ ტემპერატურაზე მიმდინარეობს, მეტ გაშრობას მოითხოვს და ნესტი 50 ppm-ს არ უნდა აღემატებოდეს. PLA-ს ესაჭიროება კრისტალიზაცია, რათა საშრობს არ მიეკროს.

PLA-ს ფირის ექსპერტურა შესაძლებელია ზოგადი გამოყენების ხრახნით, თუმცა ზოგიერთი სპეციალისტი მიიჩნევს, რომ უკეთესია წვრილი ხრახნის გამოყენება, რომელიც სპეციალურად ამ ტიპის ფისისთვისაა შექმნილი. ზოგიერთი სპეციალისტი კი ფიქრობს, რომ გარკვეული ტიპის ხრახნის გამოყენება PLA-სთან მიმათებაში არ შეიძლება (პოლიოლეფინის ხრახნი ყველაზე უარესია) და პოლიოლეფინის ხრახნს შესაბამისი ძალა არ აქვს PLA-სთვის. მოკლედ რო ვთქვათ, წვრილი ხრახნი ამ შემთხვევისთვის ყველაზე კარგია.

PLA-ს ზოგიერთი მწარმოებელი ზოგადად მიიჩნევს, რომ ხრახნს ჰქონდეს შერევისა და სტატიკური შერევის განყოფილება ერთგვაროვანი დნობისთვის. სისტემაში ტემპერატურა მკაცრად უნდა გაკონტროლდეს, რადგან ზედმეტმა სიცხემ შესაძლოა სავალალო შედეგები გამოიღოს.

შესაძლოა საჭირო გახდეს გადახვევის დანადგარის ზომების შეცვლა და ჩამტვირთავის გაძლიერება მეტი სიმძიმის გასაძლევად. PLA-ს საშუალოდ 1.24 გ/სმ³ სიმკვრივე აქვს, რაც გაცილებით მეტია, ვიდრე PE-ს სიმკვრივე - 0.94 გ/სმ³. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ ერთი და იმავე ზომის PLA გაცილებით მეტს იწონის, ვიდრე HDPE ან LDPE.

რადგან PLA უფრო მკვრივია, ვიდრე PE, გამაგრებულმა კიდე უფრო მეტი სიცხე უნდა გააგრილოს იმავე სისქის აფსკში. გაგრილების პროცესი კი ფერხდება, რადგან ბიოლოგიურ საფუძველზე დამზადებული ფისი სითბოს 30-40%-ით უფრო ნელა ატარებს, ვიდრე PE.

7.3. ზოგადი ინფორმაცია Bio-Flex® F 2110-სთვის

მწარმოებლის (FKuR) მიხედვით, Bio-Flex® F 2110-ის გამოყენება პარკების საწარმოებლად ქმნის ისეთ პროდუქტს, რომელიც HDPE-ს უტოლდება პრაქტიკულობის მხრივ. გარდა ამისა, Bio-Flex® F 2110-ით დამზადებული პარკები ძალიან გამჭვირვალეა და ელეგანტური ელვარება დაჰკრავს. ამ გამჭვირვალეობის გამო პარკების შეღებვა ძალიან კარგადაა შესაძლებელი. კორონარული დამუშავება დაბეჭდვისათვის (მაგალითად ე.წ. „offset“ მეთოდი ან „flexo“ დაბეჭდვა) არ არის აუცილებელი არცერთი Bio-Flex-ის ფირისათვის. საბეჭდი საღებავის სახით შესაძლოა გამხსნელის შემცველის ან წყლის ბაზაზე დამზადებული მელნის გამოყენება.

Bio-Flex® F 2110-ის ფისს შემდეგი თვისებები გააჩნია:

- ის HDPE-ს მსგავსია მექანიკური თვისებებისა და შეგრძნების დონეზე. მისი გარჩევა შესაძლებელია მხოლოდ მარგალიტისებრი პრიალით და დაბალანსებული მექანიკური თვისებებით, როგორცაა გაწეღვადობა და სიმყიფე.
- ის აკმაყოფილებს EN 13432 და ASTM D6400 სტანდარტების მოთხოვნებს და შესაბამისად, წარმოადგენს სერტიფიცირებულ კომპოსტირებად მასალას
- მისი გამოყენება შესაძლოა შესაფუთ მასალად საჭმლისათვის EN 10/2011-სა და აშშ-ს სურსათისა და წამლის ადმინისტრაციის თანახმად.

Bio-Flex® F 2110-ის კრიტიკული თვისებები FKuR-ის მიხედვით წარმოდგენილია 7.1 და 7.2 ცხრილებში

ცხრილი 7.1: Bio-Flex® F 2110-ის მექანიკური თვისებები

დაჭიმვის დრეკადობის მოდული	730 [MPa]
----------------------------	-----------

დაჭიმვის სიძლიერე	20 [MPa]
დაჭიმვის ძალა გაჭიმულ მდგომარეობაში	> 300 [%]
დაჭიმვის ძალა გახევისას	არ იხევა [MPa]
დაჭიმვის ძალა გახევისას	არ იხევა [%]
დრეკადობის მოდული	680 [MPa]
დრეკადობის მოდული გახევისას	არ იხევა [%]
დრეკადობის ძალა 3.5 % დაჭიმვისას	17 [MPa]
ძლიერი ზემოქმედების ძალა	83 [kJ/m ²]
ზემოქმედების ძალა	no break [kJ/m ²]
სიმკვრივე	1.27 [g/cm ³]
მოცულობითი სიმკვრივე	770 [kg/m ³]

ცხრილი 7.2: Bio-Flex® F 2110-ის თერმული თვისებები

დნობის ტემპერატურა	145 - 165 [°C]
Vicat A დარბილების ტემპერატურა	78 [°C]
სიცხეზე სახეცვლილების ტემპერატურა HDT B	n/a [°C]
დნობის მოცულობის სიჩქარე (MVR) (190 °C/2.16 კგ)	3 - 4 [cm ³ /10 min]
დნობის დინების სიჩქარე (MFR) (190 °C/2.16 კგ)	3 - 5 [g/10 min]

სხვა თვისებები: წყალში არ იხსნება

7.4. ნედლი მასალის შენახვა

ნედლი მასალა ბიოდეგრადირებადი პლასტიკაა, რომელიც PLA-ს და სხვა ბიო-პოლიმერებს ეფუძნება. სწორედ აქედან გამომდინარე, ისეთ პირობებში უნდა შევინახოთ, რომ ნესტი არ შეიწოვოს და ტემპერატურამ 122°F (50°C)-ს არ გადააჭარბოს. თუ გრანულები ნესტიან გარემოში შეინახება, ჰაერიდან სინესტეს შეიწოვს და მცირედ ნესტსაც კი შეუძლია

ჰიდროლიზის დაწყება. თუ ნესტი 0.3%-ს აღემატება, ამან შესაძლოა დაბრკოლებები გამოიწვიოს ფირის გაბერვისას.

ზოგადად, კონკრეტული ნედლი მასალისათვის რეკომენდებულია, რომ ის მაქსიმუმ 6 თვეში გამოიყენონ.

ჩვეულებისამებრ, ნედლი გრანულები ნესტ-გაუმტარ მოსახმარად გამზადებულ, მეტალის პარკებში ინახება. გრანულები დალუქულ კონტეინერში უნდა ინახებოდეს გამომშრობთან ერთად სიცხისგან მოშორებით. ფისი, რომელიც მუყაოში ან ინდუსტრიულ დიდი ზომის ტომრებში ინახება დალუქული უნდა იყოს სანამ საშრობ სისტემაში ჩაეშვება. თუ ნედლი მასალა რვაკუთხა მუყაოს ყუთებში ინახება, მაშინვე უნდა ჩაეშვას წარმოებაში ან შესაბამისად დაილუქოს ნესტის შეწოვის თავიდან ასაცილებლად.

თუ მასალა გარეთ ინახებოდა და შემდგომ ექსტრუზიისათვის საწარმოო არეალში გადაიტანეს, ბალანსის აღსადგენად მინიმუმ 24 საათი დალუქული უნდა იყოს, რომ თავიდან ავიცილოთ კონდენსაცია.

7.5. გაშრობა

FKuR გვირჩევს, რომ Bio-Flex® F 2110 2-4 საათის განმავლობაში 60 °C-ზე გავაშროთ. ჰაერის დაბერვის სიჩქარე 1,8 მ³ / სთ - კვ ფისზე კარგი მაჩვენებელია. ეს კონკრეტული ფისი შეიძლება გაშრეს ძირითადად ყველა სტანდარტული საშრობი სისტემის გამოყენებით.

დანადგარების კოროზიის თავიდან ასაცილებლად რეკომენდებული არ არის ცხელი ფისის ნახშირბადოვან ფოლადის ჭურჭელში შენახვა.

მწკრივული გაშრობა ძალიან მნიშვნელოვანია. რეკომენდირებულია, რომ ბიო-პოლიმერი მაქსიმუმ 250ppm ნესტის გარემოში კარლ ფიშერის მეთოდით გაშრეს. 250ppm-ზე ნაკლები ნესტის პირობები დადებით გავლენას მოახდენს ბიო-პოლიმერის სტაბილურობაზე და გაზრდის სისქის სტაბილურობასაც ხანგრძლივ პერიოდში მაღალ ტემპერატურებზე.

პროცესები, რომლებიც განსაკუთრებით დიდ ხანს გრძელდება ან 240°C-ზე მაღალ ტემპერატურაზე მიმდინარეობს არ უნდა მიმდინარეობდეს 50 ppm - ზე მაღალი ნესტის პირობებში, რათა მასალამ მოლეკულური წონა და ფიზიკური თვისებები შეინარჩუნოს.

ფისი არ უნდა მოხვდეს ატმოსფერულ პირობებში გაშრობის შემდეგ. პაკეტი დალუქული უნდა იყოს, სანამ მისი გამოყენების დრო მოვა, მშრალად შეინახოს და, საჭიროების შემთხვევაში, ახლიდან დაილუქოს.

გრანულების შეწებების, შეერთების ან დნობის თავიდან ასაცილებლად საშრობი სისტემა უნდა შემოწმდეს ტემპერატურის ადეკვატური დონის შესანარჩუნებლად და რეგენერაციის ციკლის განმავლობაშიც, რადგან ხშირია სარქველიდან გაჟონვის შემთხვევები.

7.6. წმენდის პროცესი წარმოების დაწყებამდე

ბიო-პოლიმერების უმრავლესობა არ არის თავსებადი მრავალი ტიპის ფისთან და სპეციალური წმენდის პროცედურებია საჭიროა. სანამ ბიო-პოლიმერს გადამამუშავებელ სისტემაში შევიყვანთ (ექსტრუდერში), ის შესაბამისად უნდა გაიწმინდოს, რომ თავიდან ავიცილოთ ნებისმიერი სახის ურთიერთ-დაბინძურება.

პირველ რიგში, ჩამტვირთავი სისტემა უნდა გათავისუფლდეს მტვრისგან დაბინძურების გამოსარიცხად. ზოგადად, უნდა უზრუნველყოთ, რომ კვებისა და შერევის დანადგარები გულმოდგინედ იყოს გაწმენდილი, მტვრისგან თავისუფალი და მეტალის ყველა მაგნიტი საგულდაგულოდ გასუფთავებული. გარდა ამისა, მტვერი და გრანულები ყველა განყოფილებიდან უნდა ამოიწმინდოს, როგორებიცაა სანიაღვრე არხების მოხრილი ნაწილები, ფილტრები და სარქველები.

გადამწვევტ როლს თამაშობს იმ სისტემის მთლიანად გაწმენდა, რომელსაც შეხება აქვს მაღალი მოლეკულური წონის HDPE-სთან, რათა მასალა არასწორად არ ჩაიტვირთოს დანადგარში წმენდის დროს ან მის შემდეგ. ასევე, ძალზედ მნიშვნელოვანია, რომ ყველა საშრობი და გადაცემა-მიღების სისტემა სუფთა იყოს HDPE-სგან და მტვრისგან, რათა არ დარჩეს პოლიმერის არანაირი ნარჩენები ბიო-პოლიმერის გამოყენებისას. საქმე იმაში გახლავთ, რომ HDPE არ დადნება იმ ტემპერატურაზე, რომელზეც Bio-Flex® F 2110 მუშავდება, რამაც შეიძლება სისტემის დაბლოკვა გამოიწვიოს.

FKuR გვირჩევს, რომ ექსტრუდერი დაბალი სიბლანტით გაიწმინდოს, შესაბამისი ტემპერატურის (ბიო-პოლიმერის ტემპერატურა და არა HDPE, იხ. ქვემოთ) მეშვეობით დადნეს LDPE (MFR დაახლ. 4-6 გ/10 წთ.) და შემოწმდეს, რომ ტემპერატურის ყველა ზონა სწორად მუშაობს. წმენდას დაახლოებით 10-20 წუთი სჭირდება.

ზოგადი წესის სახით შეიძლება ითქვას, რომ წმენდა როგორც მინიმუმ 5-7-ჯერ უფრო მეტ დროს საჭიროებს, ვიდრე თვითონ პროცედურა, რაც სისტემის მაქსიმალურ დაცარიელებას უზრუნველყოფს.

ზემოთ აღნიშნული პროცესის შემდგომ ექსტრუდერი მთლიანად უნდა გამოირთოს და უნდა გაიწმინდოს ყველა ჩამტვირთავი, მიღების მოხრის წერტილები, სარქველები, საშრობები, ჩამტვირთავის ურნები, ჩამტვირთავის ფილტრები, მასალის გამტარი ხაზები, დარჩენილი გრანულები, ნაფოტები, მტვერი და ძაფები. ამის შემდეგ ბიო-პოლიმერი მზად არის დასამუშავებელ სისტემაში შესაშვებად.

უკეთესი შედეგის მისაღწევად, მიზანშეწონილია წმენდის მეორე ფაზა, რომელიც მინიმუმ 5-7-ჯერ უნდა აღემატებოდეს პროცედურის საშუალო დროს, მხოლოდ Bio-Flex® F 2110-ის გამოყენებით. ამის შემდგომ, უნდა შეიცვალოს ეკრანის ბადე, როდესაც ცხადი ხდება, რომ Bio-Flex® F 2110 ცილინდრიდან გამოდის. დარწმუნდით, რომ ეკრანის ბადეს მთლიანად რეცხავთ, როდესაც მას ცვლით. ეკრანის ბადეს დაახლოებით 40-125 ნახვრეტი უნდა ჰქონდეს, რომ

მაღალი ხარისხი მივიღოთ. ნაკლები ნახვრეტის მქონე ეკრანი დნობის დაბალ ტემპერატურაზე მასალის ცილინდრიდან გამოსვლას გამოიწვევს.

საცდელი პროცედურის შემდეგ, სისტემა მთლიანად უნდა გაიწმინდოს Bio-Flex® F 2110-სგან მცირე ან დაბალი დნობის ინდექსის ფისის გამოყენებით, რომელიც 400-450 °F-ზე (205-230°C)-ზე მუშავდება, თავდაპირველად Bio-Flex® F 2110-ის გამოყენებით შესაბამისი ტემპერატურისა და ექსტრუზიის სიჩქარის არჩევის შემდეგ.

7.7. დანადგარის პარამეტრები

გაბერილი ფირის ექსტრუზიის პროცესისთვის რეკომენდებულია შემდეგი დანადგარები:

1. ტემპერატურის პროფილები

ზონა 1 170 [°C]

ზონა 2 170 [°C]

ზონა 3 170 [°C]

ზონა 4 170 [°C]

ადაპტერი 175 [°C]

ქვედა ცილინდრი 175 [°C]

ზედა ცილინდრი 175 [°C]

წყალის კორსეტი (მკვებავი) 35 [°C]

მასის მაქსიმალური ტემპერატურა . 190 [°C]

2. ფისის მახასიათებლები

სიმკვრივე 1.26 [გ / სმ³](Bio-Flex® F 2110)

მთლიანი სიმკვრივე 758 [კგ / მ³] (Bio-Flex® F 2110)

MFR (190 °C / 2.16 კგ) 3 - 5 [ფ/ 10 წთ]

3. სხვა პარამეტრები

ცილინდრის ინტერვალი 0.8 – 1.4 [მმ]

ცილინდრის დიამეტრი 400 მმ-მდე

გაბერილი ფირის შეფარდება 2.5 – 4

ხრახნები L/D შეფარდებებით 24:1 და 32:1 და შეკუმშვის შეფარდებით 2.5:1-დან 4:1-მდე საკმარისია ჩვეულებრივი ნედლი მასალის დასამუშავებლად.

ზოგადად ბიო-პლასტიკისგან დამზადებული ყველა აფსკი შედარებით უფრო მგრძობიარეა დამუშავების ისეთი პირობების მიმართ, როგორებიცაა ტემპერატურის პროფილი, ცილინდრის ინტერვალი და გაბერვის შეფარდება.

ბიო-პლასტიკის სიბლანტე გაცილებით უფრო მგრძობიარეა ტემპერატურის ცვლილებების მიმართ, ვიდრე სხვა თერმო-პლასტიკის ან პოლიეთილენის მასალები. შესაბამისად, საკმარისია გაცილებით უფრო მცირე ტემპერატურის ცვლილება პროცესის დასახვეწად. ზოგადი წესის სახით შეიძლება ითქვას, რომ იმ ტემპერატურის ცვლილების მხოლოდ ნახევარიც საკმარისია, რასაც პოლიეთილენის გადამუშავების დროს ვიყენებდით. თუმცა, აუცილებელია გვახსოვდეს, რომ დნობის ტემპერატურები მუდმივად უნდა გაკონტროლდეს.

ტემპერატურის პროფილისათვის რეკომენდირებულია, რომ შენარჩუნდეს მწარმოებლის მიერ მითითებული ტემპერატურები. ზოგიერთ შემთხვევაში, გელის ნაწილაკები ან ცილინდრის ხაზები შეიძლება გამოჩნდეს. ასეთ შემთხვევაში, აუცილებელია ტემპერატურის მცირე ცვლილება. მიუხედავად ამისა, ტემპერატურის ნებისმიერი ცვლილება ფრთხილად და ეტაპობრივად უნდა მოხდეს (თითო ჯერზე მაქსიმუმ 5 °C) და ტემპერატურამ 190°C-ს არ უნდა გადააჭარბოს.

საკმარისია გამაგრებლის გამოყენება ექსტრუდერისა და ბუშტისათვის, ორმაგი ბაგის საჭაერო წრე ან/და შიდა ბუშტის გამაგრებელი სისტემა გაგრილებული ჰაერით, ვინაიდან მდნარი მასალა შედარებით უფრო რბილია, როდესაც ის ცილინდრიდან ამოდის.

უნდა აღინიშნოს, რომ **Bio-Flex® F 2110** PLA-ზე დაყრდნობითაა დამზადებული. PLA შედარებით მაღალი სიმკვრივისაა 1.24 გ/სმ³ (0.94 გ/სმ³ პოლიეთილენისათვის), სიბლანტე 3460 Pa 150 °C-ზე) (115 Pa 151 °C -სთვის პოლიეთილენის შემთხვევაში) და ამგვარად შეუძლია შექმნას პოტენციური პრობლემა ფილმის წარმოების არსებული ინფრასტრუქტურისთვის. ექსტრუზიის ხრახნის სისტემების უმეტესობა დამზადებულია დაბალი სიბლანტის მასალების დასამუშავებლად მათი დნობის ტემპერატურაზე. თუ ძრავი, რომელიც ხრახნს ატრიალებს, მუშაობს მსგავსი დატვირთვით, დამატებითი წნეხის დამატების შედეგად უფრო მკვრივი მასალის დამუშავებისას შესაძლოა სისტემის „გაჭედვა“ ან/და ძრავის გადაწვა გამოიწვიოს. დანამატები და კოპოლიმერების გამოყენება შესაძლოა იყოს პრობლემის ერთგვარი გადაწყვეტა, ვინაიდან ეს მასალები დნობის სხვა მახასიათებლებით გამოირჩევა და შესაძლოა უფრო მარტივი დასამუშავებელი იყოს (იხ. თავი # 8).

ფირის გაბერვის პროცესის დასაწყისში, გამოქაჩვის სიჩქარე დაბალი უნდა იყოს გაგრილების ეფექტიდან გამომდინარე. როდესაც პროცესი სტაბილურია, სიჩქარის გაზრდა ნელ-ნელა შეიძლება, მაგრამ როგორც წესი, 150 ბრ/წთ.

მეტალის ყველა ნაწილი ექსტრუზიის პროცესში ეხება გამდნარ პოლიმერს და სწორედ ამიტომ დანადგარი დამზადებული უნდა იყოს უქანგავი ფოლადისგან, რათა თავიდან ავიცილოთ კოროზია. აღნიშნული გულისხმობს დნობის ტუმბოს, ფილტრის ნაწილებსა და გადატანის ხაზებს. გარდა ამისა, დნობის ან უფრო მაღალ ტემპერატურაზე დამუშავებული ბიო-პოლიმერები არ უნდა დარჩეს ექსტრუდერში, პოლიმერების ფილტრში, გადამტან მილებში, ცილინდრში ან ექსტრუზიის სისტემის ნებისმიერ ნაწილში დიდი დროის მანძილზე (იხ. თავი #7.8).

7.8. წმენდა წარმოების შემდეგ

FKuR-ის რეკომენდაციის მიხედვით an LDPE, MFR 0.4 -2.0 [გ/ 10 მინ] ექსტრუდერის გაწმენდა უმჯობესია, როდესაც წარმოების ციკლი დასრულებულია. ეს მიდგომა, როგორც წესი, სხვა ტიპის ფისასთვისაც მისაღებია. ცხელ მდგომარეობაში არანაირი მასალა არ უნდა დარჩეს დიდი ხნის განმავლობაში ექსტრუდერში, რადგანაც ეს მის დაზიანებას გამოიწვევს, ამან შესაძლოა დანადგარის მუშაობის პრობლემები გამოიწვიოს.

7.9. გამორთვა

1. ნებისმიერი PLA-ზე დაფუძნებული თერმული დაშლის პროდუქტი აცეტალდეჰიდია. თერმული დაშლის პროდუქტები ასევე მოიცავს ნახშირბადის მონოქსიდსა და ჰექსანალს, რომლებიც ოთახის ტემპერატურაზე მხოლოდ აირის სახით არსებობს. ეს ნივთიერებები აალებადია და ნაპერწკლის ან ალის სიახლოვეს ცეცხლი მარტივად ეკიდება. პოლიეთერის შემთხვევაში, როგორცაა PLA, თერმული დაშლა იწვევს აალებადი ორთქლის გამოყოფას, რომელიც აცეტალდეჰიდსა და ნახშირბადის მონოქსიდს შეიცავს; ეს ხდება თითქმის ნებისმიერი დანადგარის შემთხვევაში, რომელშიც PLA მაღალ ტემპერატურაზე ან ჩვეულებრივზე დიდ ხანს მუშავდება (მაგ. ექსტრუდერები, მილები და ადაპტერები).

პრაქტიკულ გამოცდილებაზე დაფუძნებული პრინციპის მიხედვით, PLA-ს მნიშვნელოვანი დაშლა მოხდება მაშინ, თუ პოლიმერის ნარჩენები დნობაზე მაღალ ტემპერატურაზე დიდი ხნის მანძილზე ნარჩნდება, ანუ 24 საათზე მეტ ხანს და 175°C-ზე მაღალ ტემპერატურაზე. თუმცა, ეს პირობები იცვლება ტემპერატურის მიხედვით.

2. ექსტრუზიის ნორმალურ პირობებში, დამდნარი პოლიმერის დამუშავების დრო რამდენიმე წუთია და შესაბამისად, რეკომენდირებული ტემპერატურების დაყენებისას თერმული დაშლა მოსალოდნელი არ არის. ასევე, რეკომენდირებული არ არის ექსტრუზიის დასრულება, როდესაც გაცხელება დიდი ხნის მანძილზე ხდება და PLA ჯერ კიდევ სისტემაშია. თუ დანადგარი 175°C-ზე მაღალ ტემპერატურაზეა დაყენებული 3 ან 4 საათის განმავლობაში, უმჯობესია ექსტრუდერის გაწმენდა 100%-იანი LDPE-ით. ნებისმიერ სახამებელზე დაფუძნებული ფისის (როგორცაა Bio-Flex® F 2110) დანადგარში დატოვება გამორთვისა და ჩართვის დროს მის დაწვას და შემდეგი გამოყენებისას ჩართვის დაგვიანებას გამოიწვევს.
3. მინიმუმამდე დაიყვანეთ PLA-ს გადამამუშავებელ დანადგარში მდნარ მდგომარეობაში დატოვების დრო. გაათავისუფლეთ დანადგარი და ნუ დატოვებთ მას დიდი ხნის განმავლობაში 175°C-ზე მაღალ ტემპერატურაზე. გაწმინდეთ/გაასუფთავეთ მასალები უსაფრთხო ადგილას იმ შემთხვევაში თუ დაშლა გრძელდება. გახსოვდეთ, რომ თერმული დაშლის სიჩქარე ტემპერატურის ზრდასთან ერთად სწრაფად იწევს მაღლა.
4. გამწმენდი ხაზები და დანადგარი აზოტით გაწმინდეთ, რათა PLA პრიდუქტები დაშლისგან და აალებისგან დაიცვათ.
5. გაასუფთავეთ დანადგარი სხვადასხვა აირებისგან და ფრთხილად იყავით ინერტული აირებისგან გამოწვეული გაგუდვისგან თავის დასაცავად.

6. გახსოვდეთ, რომ აირის შეყვანამ სისტემაში, რომელიც გაცხელებულ მდგომარეობაში დიდ ხანს იყო, შესაძლოა აფეთქება გამოიწვიოს და ეს თავიდან უნდა აიცილოთ.
7. სიფრთხილით მოეკიდეთ დანადგარსა და მის ნაწილებს, განსაკუთრებით თუ მასში PLA ინახებოდა 175 °C-ზე მაღალ ტემპერატურაზე დიდი ხნის მანძილზე, რადგან აალებადი აირები შესაძლოა ავტომატურად ააღდეს 175 °C ტემპერატურის შემთხვევაში და ისევე მარტივად დაიწვას, როგორც მეთანი, მაშინაც კი თუ ტემპერატურა 175°C-ს ჩამოცდება. აალებადი აირის დეტექტორის გამოყენება მკაცრად რეკომენდირებულია, როგორც მომზადებისას, ასევე, დანადგარის წმენდისას.
8. ყურადღება გაამახვილეთ, რომ ნაპერწკლები და ცეცხლი დანადგართან და დამუშავების არეალთან ახლოს არ მოხვდეს, სანამ წმენდის პროცესი მთლიანად არ დასრულდება.
9. გამოიყენეთ მოვლის შესაბამისი ინსტრუმენტები, როდესაც წმენდთ დანადგარს, რომელიც PLA-ს ან დაშლილ PLA-ს შეიცავს. გაითვალისწინეთ აფეთქების საწინააღმდეგო სპეციალური საზომის გამოყენება, არა აალებადი დამუშავების ინსტრუმენტების, ცეცხლგამძლე ტანსაცმელისა და ფეხსაცმელის, რომელიც ნაპერწკლებს არ აჩენს იმის მიხედვით თუ რა ტიპის სამუშაო გაქვთ შესასრულებელი. ტანსაცმელი, რომელიც დადნება და კანზე მიგვეკრობათ აალების შემთხვევაში არ უნდა იყოს სამუშაო ადგილზე, სადაც აალებადი აირები ან სითხეებია განთავსებული.
10. მიღები ისე უნდა იყოს დამონტაჟებული, რომ გაჟონვის რისკი მინიმუმამდე იყოს დაყვანილი ჰერმეტიკული შუასაღებებით, სპირალური რგოლით (spiral wound) ან მეტალის რგოლებით. გამოიყენეთ მცირე ზედაპირის ფართობის იზოლაცია იქ, სადაც გაჟონვის ალბათობა უფრო მაღალია. გამოიყენეთ ტემპერატურის ლიმიტების დეტექტორი, რათა თავიდან აიცილოთ გადაჭარბებული მაღალი ტემპერატურის ადგილების წარმქონა.
11. ჩაუტარეთ გადამზადება ოპერაციულ და ტექნიკურ მომსახურე პერსონალს PLA-ს მაღალ ტემპერატურაზე გადამუშავების საფრთხეებზე; განსაკუთრებით, ხანგრძლივი დროის მანძილზე თერმული დამუშავებისას. დარწმუნდით, რომ ოპერაციული და ტექნიკური უზრუნველყოფის პროცედურები შესაბამის მითითებებს შეიცავს ამ საფრთხეების თავიდან ასაცილებლად.
12. ჩვეული ოპერაციების ჩატარებისას ხშირად ხდება, რომ ექსტრუზიის სისტემა უნდა შეჩერდეს, რათა დანადგარზე ან მის ნაწილზე აღდგენითი სამუშაო ჩატარდეს. თუ ამისათვის განკუთვნილი დრო მცირეა (2 საათზე ნაკლები) და სისტემის ტემპერატურა კონტროლდება PLA-ს გადამუშავების ნორმალ ტემპერატურაზე, 240°C-ზე დაბალია, თერმული დაშლით გამოწვეული გაუთვალისწინებელი შემთხვევის შანსი ძალიან დაბალია და სისტემის გაწმენდა აუცილებელი არ არის. თუმცა, თერმული დაშლა, რომელიც მოლეკულური წონის შემცირებას იწვევს, ასევე სიბლანტის ვარდნასთანაცაა დაკავშირებული. წარმოების ხაზის დაწყებისას აუცილებელია, რომ უსაფრთხოების ყველა წესი დაბალი მოლეკულური წონის პოლიმერების შემთხვევისთვის გათვალისწინებული იყოს. ეს გულისხმობს ექსტრუზიის ცილინდრის წინა მხრიდან თავის შორს დაჭერას და შიშველი კანის ცხელი, გამდნარი პოლიმერისაგან დაცვას. ყველა, ვინც ექსტრუზიის ცილინდრის სიახლოვესაა მთლიან დამცავ შრეს უნდა ატარებდეს, რადგან დაბალი სიბლანტის პოლიმერმა შესაძლოა სისტემის ჩართვასთან ერთად ცილინდრიდან შხეფები ისროლოს.

7.10. ფირის შენახვის პირობები და საბოლოო პროდუქტები

როლზე დახვეული ფირი და დასრულებული პროდუქტები, რომლებიც Bio-Flex-ისგანაა (ან სხვა ბიო-პოლიმერებისგან) დამზადებული მშრალ და ცივ ადგილას უნდა შევინახოთ. რეკომენდირებულია პროდუქტების შავ, PE მასალაში შეხვევა, რომ ის ნესტისაგან და ულტრაიისფერი რადიაციისგან დავიცვათ. ნებისმიერ შემთხვევაში, FKUR გვირჩევს, რომ მიღებული პროდუქტი, რაც შეიძლება მალე გამოვიყენოთ და 6 თვეზე მეტ ხანს არ შევინახოთ. შენახვის დრო დამოკიდებულია გადამუშავების პარამეტრებზე, კლიმატის პირობებზე შესაბამის ზონაში (ამ შემთხვევაში საქართველო). ამ მნიშვნელოვანი და რთული პარამეტრებიდან გამომდინარე, FKUR-ს არ შეუძლია თაროზე შენახვის გარანტიების გაცემა დასრულებული პროდუქტისათვის. ზემოთ აღნიშნული პირობები მათი მომხმარებლების გამოცდილებაზეა დამოკიდებული. ბიო-პოლიმერების მწარმოებლები გვირჩევენ, რომ მომხმარებლებმა საკუთარი ტესტირება ჩაატარონ და განსაზღვრონ, თუ რამდენი ხანი ინახება საბოლოო პროდუქტი მათ კონკრეტულ შემთხვევაში.

8. დანამატები

8.1. ზოგადი

ბიო-პოლიმერები სხვა პლასტიკის მსგავსად დანამატებს საჭიროებს დამუშავების ნაკლოვანებებიდან და ფიზიკური თვისებებიდან გამომდინარე. ზოგიერთი ნაკლოვანება განსაკუთრებით აშკარაა ამჟამად არსებული ბიო-პოლიმერებისათვის. ხარისხის კუთხით პროდუქტებს აკლია გამძლეობა ზემოქმედებისა და სიცხის შემთხვევაში. რაც შეეხება დამუშავებას, პროდუქტებს ხშირად სჭირდება დანამატები დნობის გასაძლიერებლად და ზოგჯერ თერმულ სტაბილურობის ან სიგლუვის მისაღწევად, რადგან ხშირია დანადგარზე მიკრობის შემთხვევები.

FKUR-ს თანახმად, BioFlex-ს შესაძლოა დაემატოს ფერის კონცენტრატები, სრიალისა და დაბლოკვის საწინააღმდეგო დანამატები და ა.შ. BioFlex-ის MSDS-ში (მატერიალური უსაფრთხოების მონაცემების ფურცლები) ნათქვამია, რომ ეს კონკრეტული ფისი უკვე შეიცავს გარკვეულ დანამატებს. მთავარი პრობლემა ის გახლავთ, რომ რადგან Bio-Flex® F 2110-ის ზუსტი ქიმიური შემადგენლობა უცნობია და პროდუქტში დანამატების პროცენტული შემცველობა FKUR-ის რეკომენდაციით დგინდება. კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი საკითხი ის არის, რომ ზოგიერთი დანამატი Bio-Flex® F 2110-ის ექსტრუზიისათვის მიზანშეწონილი არ არის (მაგ. ჰიპროსკოპიული ან ჰიდრატირებული მარილები) და შესაძლოა მოგვიყვანოს ბიო-პოლიმერის მოლეკულური წონის მნიშვნელოვან შემცირებამდე ან თვისებების დაკარგვამდე.

ბიო-პოლიმერებისათვის სამი დონის დანამატების კვლევა მიმდინარეობს მთელ მსოფლიოში ახლა:

- სტანდარტული დანამატები, რომელთაც უარყოფითი გავლენა არ აქვთ ჯანმრთელობასა და გარემოზე არ აყენებს ექვევებში ბიო-პოლიმერების შესაბამისობას კომპოსტირებადობის სტანდარტებთან.
- ალდგენადი დანამატები, რომლებიც ბუნებრივი წყაროებიდანაა მიღებული, თუმცა შესაძლოა არ იყოს ბიოდეგრადირებადი, გამოიყენება გამძლე პროდუქტების შესაქმნელად
- დანამატები, რომლებიც ალდგენადია და ბიოდეგრადირებადიც, როგორც წესი ერთჯერადი ან დაბალი გამძლეობის პროდუქტებისათვის გამოიყენება

როდესაც ბიო-პოლიმერებს და სხვა პლასტიკას დანამატებით აძლიერებენ, პროდუქტმა უნდა დააკმაყოფილოს კომპოსტირებადი პლასტიკის სტანდარტები, როგორცაა ASTM D6400 და მისი ევროპული ანალოგი, EN 13432.

ბიო-პოლიმერების გაუმჯობესებული ფიზიკური თვისებები ძირითადად გამძლეობის ცვლილებას, სიციხის მიმართ რეზისტენტულობასა და ბარიერის ხარისხს ეხება. მეორეხარისხოვანი საკითხებია ულტრაიისფერი რადიაციის, ანტიოქსიდანტური და ანტი-დაბურვის თვისებები.

8.2. საჭიროებების განსაზღვრა

ბიო-პოლიმერების ზოგიერთი მწარმოებელი თავის პროდუქციას მინარევების გარეშე სთავაზობს და მომხმარებლებს თავად აძლევს უფლებას სხვადასხვა დანამატებით ისარგებლონ, ზოგიერთი მათგანი კი მთლიანად მზა პროდუქტს ამზადებს, რომელსაც მხოლოდ საღებავის დამატება სჭირდება. ისეთი მწარმოებლების ნაწილი, რომლებიც მინარევებს თავად ირჩევენ, ზოგჯერ უარს ამბობენ იმ დანამატების შესახებ საუბარზე, რომლებსაც თავიანთ პროდუქტში იყენებენ ან უარყოფენ, რომ ეს დანამატები აუცილებელ ინგრედიენტებს წარმოადგენს.

მეორე მხრივ, არსებობენ მწარმოებლები, რომლებიც უმეტესად უცვლელ PLA-ს ყიდიან და ცხადად მიუთითებენ იმ დანამატებზე, რომლებიც საჭიროა ოპტიმალური დამუშავებისათვის, რათა საბოლოო თვისებები ოპტიმალური იყოს. PLA-ს დამზადებაში აქტიურად გამოიყენება ანტისტატებიც და დამუშავების სხვადასხვა დამხმარე საშუალება, რომელთაც ცილინდრის წნევის და ძრავაზე დატვირთვის შემცირება შეუძლია. ასევე, მნიშვნელოვანია რეოლოგიის შემცვლელი, რომლებიც პოლიმერების ჯაჭვებს აფართოებენ, დნობის სიძლიერეს ზრდიან როგორც ქაფის, ასევე, გაბერილი ფირის შემთხვევაში.

სახამებელზე დაფუძნებულ ბიო-პოლიმერებს (როგორცაა PLA) ზოგიერთი კომპანია უკვე დამატებული მინარევებით ყიდის.

სახამებელზე დაფუძნებული ბიო-პოლიმერების შემთხვევაში დანამატები საჭიროა დინებისა და დნობის გასაძლიერებლად. არსებობს გარკვეული პროდუქტები, რომლებიც, როგორც ჩანს დნობის სიძლიერესა და ფისის ელასტიურობას ზრდის, რითიც გაბერილი ფირის მეთოდის გამოყენების შესაძლებლობას იძლევა.

რაც შეეხება PE ფისის ფირებს, ზოგიერთი მწარმოებელი ტალკსა და კალციუმის კარბონატის შემავსებლებს ამატებს. ასევე, PHA-ს უმატებენ მცენარეულ დაბლოკვის საწინააღმდეგო საშუალებებს, რომლებიც სიგლუვეს, ხარჯების შემცირებასა და ფირის სიმყიფისა და სიმაგრის ცვლილებებს უზრუნველყოფს.

ანტი-სტატებს ასევე გამოიყენებენ PLA ფირებისათვის სხვა დამუშავებისთვის საჭირო დამხმარე ნივთიერებებთან ერთად, რომელთაც ცილინდრის წნევის და ძრავაზე დატვირთვის შემცირება შეუძლია. რეოლოგიის შემცვლელები პოლიმერების ჯაჭვის შემავსებლების ფორმით აუმჯობესებენ გაწელილი ფირის დნობის სიძლიერეს. გამძლეობის ზეგავლენა მნიშვნელოვანია PLA-ს სიმყიფიდან გამომდინარე სხვა ანტიოქსიდანტებთან და ულტრაიისფერი რადიაციის სტაბილიზატორების გამოყენებასთან ერთად.

8.3. დამუშავების მახასიათებლების გაუმჯობესება

ზოგიერთმა კომპანიამ განავითარა ჩვეულებრივი და ბიოლოგიურ საფუძველზე დამზადებული დანამატი ბიო-პოლიმერების დამუშავების მახასიათებლების გასაძლიერებლად; ასეთებია PLA, PLA ნარევები და სახამებელზე დამზადებული ფისი. ზოგიერთ მათგანს აქვს მაგალითად დაბლოკვის საწინააღმდეგო ან ობისგან გამწმენდი თვისებები. მრავალი მათგანი წებოვანია და ეწეება როგორც საკუთარ მასალას, ასევე, მეტალის ზედაპირებს დამუშავების დროს. შესაბამისად, ბაზარი გვთავაზობს სხვადასხვა ტიპის დანამატს წებოვნების შესამცირებლად და დამუშავებისა და ეფექტიანობის გასაზრდელად.

დნობის დაბალ სიძლიერეს შეუძლია შეაფერხოს ექსტრუზია, რაც PLA-სა და სხვა ბიო-პოლიმერების გავრცელებული მინუსია. ამ საჭიროებიდან გამომდინარე, მწარმოებლები გვთავაზობენ დანამატებს, რომლებსაც PLA-ს დნობის სიძლიერის გაორმაგება და გაფართოების 4%-ით გაზრდა, მაგრამ გამჭვირვალობის შენარჩუნება, შეუძლია.

8.4. ბიო-პოლიმერების შეღებვა

ტრადიციულ პიგმენტებთან ერთად, რომელთა გამოყენებაც ბიო-პოლიმერების შემთხვევაში შეიძლება, ბიოლოგიურ საფუძველზე დამზადებული საღებავები უკვე მრავალ კომპანიაშია ხელმისაწვდომი. ბევრი საღებავი მცენარეებიდანაა მიღებული, როგორებიცაა წითელი, სტაფილოსფერი, ყვითელი და მწვანე. ხოლო ცისფერი განვითარების ბოლო ეტაპზეა. ფერებს ძალიან ბუნებრივი და ორგანული შესახედაობა აქვს, ზოგიერთს კი არაჩვეულებრივი სიმკვეთრე. თუმცა, ამ ფერების მზეზე გახუნების გამძლეობა ისეთი მაღალი არ არის, როგორც ეს ტრადიციული საღებავების შემთხვევაშია. სხვადასხვა ბიო-პოლიმერი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს როგორც ამ ფერის პიგმენტების გამტარები.

დასკვნის სახით შეიძლება ითქვას, რომ ამ საკითხების უმრავლესობის გადაჭრა შეიძლება კვლევისა და განვითარების (R&D) გეგმის განხორციელებით, როგორც ეს მე-9 თავშია წარმოდგენილი.

9. კვლევა და განვითარება (R&D)

რადგან ბიო-პოლიმერების ბაზარი შედარებით ახალია, რეკომენდირებულია R&D-ის პროგრამის შემუშავება. გაითვალისწინეთ, რომ კომერციულად ხელმისაწვდომი ბიო-პოლიმერების ყველა თვისება (ბიო-ფლექსი ® F 2110, მათ შორის) არ არის გათვალისწინებული, როგორც ზუსტი მახასიათებლები.

კვლევითი ღონისძიებების მიმოხილვა მხედველობაში უნდა ვიქონიოთ, როდესაც ამ თავში განხილულ ბიოდეგრადირებად პლასტიკის პროდუქტებზე ვსაუბრობთ.

9.1. ბაზარზე არსებული მყარი პოლიმერების ფიზიკური თვისებების მიმოხილვა

ა) ავირჩიოთ პოლიმერი შესაბამისი თერმული სტაბილურობის მახასიათებლებით

კვლევის საქმიანობა შეიძლება მოიცავდეს ერთი ან მრავალი კომპონენტის მქონე (მაგ. თერმოგრამეტრიული ანალიზით, ოთახის ტემპერატურიდან 900 ° C ინერტულ ატმოსფეროში ან ჰაერში) მასალის თერმული სტაბილურობის (დეგრადაციის ტემპერატურის) ანალიზს. ამგვარად, ჩვენ შეგვიძლია მივიღოთ შესაბამისი ინფორმაცია იმ ტემპერატურის დიაპაზონში, რომლითაც პოლიმერი უსაფრთხოდ შეიძლება დამუშავდეს.

ბ) მივიღოთ მეტი ინფორმაცია პოლიმერის თერმული დეგრადირების პროცესის შესახებ

კვლევა შეიძლება მოიცავდეს თერმული სტაბილურობის, მასობრივი სპექტრომეტრის ანალიზსა (TGA-MS, ოთახის ტემპერატურიდან 900 ° C-მდე) და მოლეკულური წონის ცვლილებებს (GPC). ამგვარად, ჩვენ შეგვიძლია მივიღოთ შესაბამისი ინფორმაცია პოლიმერის მიერ თერმული დამუშავების დროს გამოთავისუფლებული დეგრადირების ნაწილაკების შესახებ.

გ. განვსაზღვროთ პოლიმერის დარბილების კონკრეტული ტემპერატურა

კვლევითი საქმიანობა შეიძლება მოიცავდეს თხური გარდამავალი ეტაპების ანალიზს: მინის, კრისტალიზაციის და დრეკადობის ცვლილებები გარდამავალი ტემპერატურის განსაზღვრის გზით და შესაბამისი კონკრეტული სითბოს გაზომვით; კრისტალიზაციის და დნობისთვის გამოყენებული ენერჯის დიფერენციალური სკანირების კალორიმეტრით ტემპერატურის ცვლილება შეიძლება იყოს 100 ° C- დან 250 ° C –მდე თხევადი აზოტის გაგრილებით.

ამგვარად, შესაძლოა მივიღოთ რელევანტური ინფორმაცია ტემპერატურის მისაღები ინტერვალის, დამუშავების პარამეტრებისა და მოხმარებისათვის შესაფერისი ტემპერატურის შესახებ.

დ. შევამოწმეთ პოლიმერის მასალის მექანიკური თვისებები

კვლევითი საქმიანობა შეიძლება შეიცავდეს ოთახის ტემპერატურაზე მექანიკური თვისებების შეფასებას, როგორცაა ელასტიური მოდული, დაჭიმვა და დატვირთვის ტესტი სტატისტიკური ანალიზის მეშვეობით. ამგვარად, ჩვენ შეგვიძლია მივიღოთ სათანადო ინფორმაცია მასალის ეფექტიანობის შესახებ გამძლეობის, სიხისტის და დეფორმირებადობის კუთხით.

ე. შევამოწმეთ პოლიმერის მასალის თერმო-მექანიკური თვისებები სპეციფიკურ პირობებში

კვლევის საქმიანობა შეიძლება მოიცავდეს ვისკოელასტიური მოდუნების განსაზღვრას დინამიური მექანიკური ანალიზის მეშვეობით ერთი ან მრავალი სიხშირის რეჟიმისთვის 150°C-დან to 250°C-მდე ტემპერატურის დიაპაზონში. ამგვარად, შევძლებთ მივიღოთ რელევანტური ინფორმაცია მასალის გრძელვადიანი თვისებების (სავარაუდო დაძველების) და მასალაზე ვიზრაციული დატვირთვის გავლენის შესახებ.

ვ. განვსაზღვროთ კრისტალურია თუ არა პოლიმერის ნაწილი

კვლევა შეიძლება მოიცავდეს კრისტალური ფაზის (ფართო ხედიანი რენტგენის ფხვნილის დიფრაქციით) ანალიზს. ამგვარად, შეიძლება მივიღოთ რელევანტური ინფორმაცია კრისტალურობის ეფექტზე მყარი მასალის შემთხვევაში.

9.2. ბაზარზე არსებული პოლიმერული მასალების კომპოზიციებისა და მოლეკულური სტრუქტურების დახასიათება

ა. მყარი/უხსნადი, ურთიერთდაკავშირებული მასალების შემადგენლობის შესახებ ინფორმაციის მოპოვება

კვლევა შესაძლოა მოიცავდეს მყარი მასალების თვისებების შესწავლას ინფრაწითელი სპექტროსკოპიის მეშვეობით (FTIR, Fourier Transform Infrared Spectrometer). ამ გზით, შესაძლოა მივიღოთ რელევანტური ინფორმაცია პოლიმერის ტიპზე, ფუნქციურ ჯგუფსა და პოლიმერულ მასალაზე.

ბ. განვსაზღვროთ არის თუ არა შემავსებელი მასალაში

კვლევის საქმიანობა შეიძლება შეიცავდეს პლასტიკის პოლიმერული პროცენტის მატერიალური ხსნადობის დახასიათებას და განსაზღვრას. ამგვარად, ჩვენ შეგვიძლია მივიღოთ შესაბამისი ინფორმაცია არახსნადი შემავსებლის შიგთავსსა და ტიპზე.

გ. მივიღოთ ინფორმაცია მასალის ხსნადი ნაწილის შემადგენლობის შესახებ

კვლევა შესაძლოა მოიცავდეს პოლიმერის მახასიათებლებს პლასტიკის NMR (nuclear magnetic resonance) სპექტროსკოპიაში. ამგვარად, ჩვენ შესაძლოა მივიღოთ რელევანტური ინფორმაცია არჩეული პოლიმერის ქიმიური შემადგენლობის შესახებ (კონკრეტული ერთეულების სტატისტიკური შემადგენლობა).

დ. განვსაზღვროთ არის თუ არა პოლიმერის მასალის მოლეკულური მასა კონკრეტული გამოყენებისათვის შესაფერისი

კვლევა შესაძლოა მოიცავდეს პოლიმერის მოლეკულური მასის შეფასებას GPC ტექნიკის (gel permeation chromatography) მეშვეობით. ამგვარად, მივიღებთ რელევანტურ ინფორმაციას მოლეკულური მასის, მოლეკული მასის დაშლისა და განშტოების-ხარისხის შესახებ.

ე. განვსაზღვროთ რომელ ორგანულ დანამატებს შეიცავს პლასტიკა

კვლევა შესაძლოა მოიცავდეს დანამატების ანალიზს მასის სპექტრომეტრის (LCMS-IT-TOF, hybrid mass spectrometer) მეშვეობით. ამგვარად, შესაძლოა რელევანტური ინფორმაციის მიღება ორგანული დანამატების ქიმიური სტრუქტურის შესახებ.

9.3. პოლიმერების თვისებების შეცვლა ქიმიური მეთოდებით

ა. ინფორმაციის მიღება უმთავრეს თვისებებსა და დამუშავების პარამეტრების შესახებ

კვლევა შესაძლოა მოიცავდეს პოლიმერების მასალის ფიზიკური მახასიათებლების განსაზღვრას. ამგვარად, მივიღებდით რელევანტურ ინფორმაციას მექანიკურ მახასიათებლებზე, სიბლანტეზე, დინების სიმრუდის, გაზის გაჟონვისა და აალებადი მასალების შესახებ.

ბ. კომერციულად ხელმისაწვდომი მასალების მახასიათებლების შეცვლა

კვლევა შესაძლოა მოიცავდეს პოლიმერების ცვლილებას კონკრეტული მახასიათებლების მისაღწევად. მაგალითად, პოლიმერების გადაჯგუფება გამხსნელზე უკეთესი წინააღმდეგობისთვის. ამგვარად, ჩვენ შეგვიძლია მივიღოთ შესაბამისი ინფორმაცია კონკრეტულ მოთხოვნებზე მორგებული მასალის განვითარებაზე.

გ. გავიგოთ როგორ მივაღწიოთ ზედაპირის განსაკუთრებულ თვისებებს

კვლევითი საქმიანობა შეიძლება შეიცავდეს პოლიმერების მოდიფიკაციას კონკრეტული თვისებების მისაღწევად, მაგალითად, პოლიმერის ზედაპირის უკეთესი ბეჭდვისთვის, მიწებებისა და თერმული და ჟანგის სტაბილურობისთვის. ამგვარად, ჩვენ შეგვიძლია მივიღოთ შესაბამისი ინფორმაცია კონკრეტული მოთხოვნებისთვის მორგებული ზედაპირული მასალის შემუშავების შესახებ.

9.4. პოლიმერების თვისებების შეცვლა ფიზიკური მეთოდებით

ა. თვისებების შეცვლა დაბალი მოლეკულური მასის დანამატების შერევით

შესაძლოა კვლევითი საქმიანობა მოიცავდეს კონკრეტული პოლიმერის თვისებების შეცვლას დაბალი მოლეკულური მასის დანამატების მეშვეობით. ასეთები შეიძლება იყოს: პლასტიზატორები, ჯაჭვის გაფართოება, სტაბილიზატორები, ან სხვა პოლიმერის მცირე რაოდენობით შერევით სასურველი თვისებების მისაღწევად. ამგვარად, ჩვენ შეგვიძლია მივიღოთ შესაბამისი ინფორმაცია კონკრეტული მოთხოვნების შესაბამისად მორგებული მასალის განვითარებაზე.

ბ. თვისებების შეცვლა სხვა პოლიმერებთან შერევით.

კვლევითი საქმიანობა შეიძლება მოიცავდეს ორი პოლიმერის შერწყმას მათი სრული კონცენტრაციის მასშტაბით, რათა სასურველი თვისებები მივიღოთ ინტერფეისის მოდიფიცირებით და კომპონენტების თავსებადობის გზით. ამგვარად, ჩვენ შეგვიძლია მივიღოთ შესაბამისი ინფორმაცია კონკრეტული მოთხოვნების შესაბამისად მორგებული მასალის განვითარებაზე.

გ. თვისებების შეცვლა შემავსებლების დამატებით

კვლევითი საქმიანობა შეიძლება შეიცავდეს კომპოზიტების მომზადებას პოლიმერული მატრიცის მორგებული თვისებების მეშვეობით. ამგვარად, ჩვენ შეგვიძლია მივიღოთ შესაბამისი ინფორმაცია საერთო მატერიალური ხარჯების შემცირების შესახებ დაბალ ხარჯიანი მინარევების დამატებით თვისებების მხოლოდ მცირე ცვლილებებით ან მათი უცვლელად დატოვებით.

9.5. გარემოში ბიოდეგრადირებადი პოლიმერების დამუშავების ოპტიმიზაცია

ა. კონკრეტული პოლიმერის მასალის დამუშავების ოპტიმიზაცია

კვლევა შესაძლოა მოიცავდეს შერჩეული პოლიმერის დამუშავების პარამეტრების განსაზღვრას. ამგვარად, ჩვენ მოვიპოვებთ რელევანტურ ინფორმაციას წარმოების ახალი ხაზის შესახებ, რომელიც შესაძლოა დამკვიდრდეს ან არსებულ ხაზს დაემატოს ახალი ტექნოლოგია.

9.6. ინდუსტრიული წარმოების პროცესის განვითარების მხარდაჭერა

ა. განვსაზღვროთ შეიძლება თუ არა წარმოების არსებული ხაზი შერჩეული პოლიმერის მასალის დამუშავებას ფირის წარმოებისათვის

კვლევითი სამუშაოები შეიძლება მოიცავდეს ფირის წარმოებას ლაბორატორიის დონეზე, მათ შორის კვლევას, დამუშავებას, შერევას, ფერის პიგმენტების წარმოებას, ნიმუშების გამოცდასა და რეოლოგიური თვისებების ჩაწერას. ამგვარად, ჩვენ შეგვიძლია მივიღოთ სათანადო ინფორმაცია საპილოტე პირობებში მასალის დამუშავების შესახებ.

ბ. განვსაზღვროთ შეიძლება თუ არა მიმდინარე საწარმოო ხაზი შერჩეული პოლიმერული მასალის დამუშავებას მოქნილი შეფუთვის წარმოებისთვის

კვლევითი საქმიანობა შეიძლება შეიცავდეს მოქნილი შეფუთვის ლაბორატორიული მასშტაბის წარმოებას ამ გზით, ჩვენ შეგვიძლია მივიღოთ შესაბამისი ინფორმაცია ფირის გაბერვის დამუშავებით მიღებული პროდუქტის მახასიათებლებზე.

გ. გადამუშავების საუკეთესო პარამეტრების განსაზღვრა

კვლევითი საქმიანობა შეიძლება მოიცავდეს საპილოტე წარმოების მხარდაჭერას. ამგვარად, ჩვენ შეგვიძლია მივიღოთ შესაბამისი ინფორმაცია დამუშავების პარამეტრების შესახებ, რაც ხარისხისა და ხარჯების რისკის მინიმიზაციის საშუალებას იძლევა.

დ. მიიღონ ცოდნა შესაძლო ცვლილებების შესახებ, რაც შეიძლება მოხდეს დამუშავების შემდეგ მასალის ფიზიკური თვისებების კუთხით

კვლევითი საქმიანობა შეიძლება მოიცავდეს პროდუქტის მექანიკური თვისებების კონტროლს წარმოების პროცესში, კერძოდ, მექანიკური თვისებების გაზომვები (მაგალითად, დაჭიმვის ტესტირება). ამგვარად, ჩვენ შეგვიძლია მივიღოთ შესაბამისი ინფორმაცია დამუშავებისა და პროდუქტის შენახვის ეტაპზე დეგრადაციისა და კრისტალიზაციის ალბათობაზე, ასევე, იმ დანამატებზე, რომლებიც შეიძლება მხედველობაში ვიქონიოთ.

ე. შემოწმდეს იცვლება თუ არა მასალის მოლეკულური თვისებები დამუშავების დროს

კვლევითი საქმიანობა შესაძლოა მოიცავდეს პროდუქტის მოლეკულური მასის კონტროლს წარმოების პროცესის შემდგომ. ამგვარად, ჩვენ მივიღებდით ინფორმაციას მასალის დეგრადირების შესახებ დამუშავების დროს.

9.7. კვლევა ფუნქციური თვისებების შესახებ

ა. ცოდნის მიღება პროდუქტის გამძლეობის შესახებ მისი შენახვისა და გამოყენების სპეციალურ პირობებში

შესაძლოა კვლევითი საქმიანობა მოიცავდეს Xenotest-ის მეთოდს მასალის მახასიათებლების შესახებ ბუნებრივ პირობებში. ამგვარად, ჩვენ მივიღებდით ინფორმაციას პროდუქტის შენახვისა და მოხმარების ვადების შესახებ.

ბ. ცოდნის მიღება მასალის ეკოლოგიური გავლენის შესახებ

კვლევითი საქმიანობა შესაძლოა მოიცავდეს პოლიმერული მასალების საერთო ორგანული ნახშირბადის და ბიოლოგიური შემადგენლობის განსაზღვრას. ამგვარად, ჩვენ შეგვიძლია მივიღოთ შესაბამისი ინფორმაცია განახლებადი ნახშირბადის კონცენტრაციის შესახებ შერჩეულ მასალაში

გ. გავიგოთ ატარებს თუ არა აირებს პროდუქტი

კვლევითი საქმიანობა შესაძლოა მოიცავდეს წყლის, ჟანგბადისა და ნახშირორჟანგის ტესტებს. ამგვარად, ჩვენ მივიღებდით შესაბამის ინფორმაციას პროდუქტის გამოყენების შესაძლებლობებზე სხვადასხვა ინდუსტრიაში (ინდუსტრია ან მომხმარებლები, რომლებიც ამ პროდუქტით სარგებლობენ.

დ. განვსაზღვროთ შერჩეული მასალის გამოყენების საშუალებები და მასზე დაფუძნებული პროდუქტები

კვლევითი საქმიანობა შესაძლოა მოიცავდეს:

- დაჭიმვის მახასიათებლების განსაზღვრა (დაწოლისა და გაჭიმვის შედეგად გახევა, ელასტიურობის მოდული და ა. შ.)
- გამძლეობის განსაზღვრა
- დაწოლის შედეგად წინააღმდეგობისა და ისრის თავისუფალი ვარდნის მეთოდის გამოყენებით

ამგვარად მოვიპოვებდით ინფორმაციას მექანიკური თვისებების შესახებ კონკრეტული გამოყენების შემთხვევაში; მაგალითად, იმის შესახებ თუ რამდენი ხანი იქნება შესაძლებელი პროდუქტის გამოყენება.

ე. გავიგოთ მეტი პროდუქტის ან მასალის დალუქვის შესაძლებლობებზე

კვლევა შესაძლოა მოიცავდეს:

- დალუქვის თვისებები (მაქსიმალური დატვირთვის შემთხვევაში გახევის, დალუქვის წინააღმდეგობის და სხვა)
- **Hot-tack seal testing**

ამგვარად, ჩვენ შეგვიძლია მივიღოთ შესაბამისი ინფორმაცია იმის შესახებ, თუ როგორ და რა პირობებში ილუქება მასალა.

ვ. პროდუქტის ფიზიკური და ქიმიური თვისებების შესახებ ცოდნის მიღება

კვლევითი საქმიანობა შესაძლოა მოიცავდეს DSC-ს (differential scanning calorimetry) და FT-IR-ს (infrared spectroscopy) მეთოდებს. ამგვარად, შესაძლოა მივიღოთ საჭირო ინფორმაცია

ტემპერატურის ინტერვალის და მასალის კონკრეტული გამოყენების შესაძლებლობების შესახებ.

თ. საშიში მინარევების შემოწმება

კვლევითი საქმიანობა შესაძლოა მოიცავდეს პლასტიკური მასალებში მონომარის შემცველობისა და არასტაბილური ნივთიერებების ემისიის დატესტვას. ამგვარად, ჩვენ შეგვიძლია მივიღოთ სათანადო ინფორმაცია დამუშავების რისკებზე, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს სერტიფიცირების სირთულეები.

9.8. ბიოდეგრადირებისა კომპოსტირებადობის ტესტები

ა. შევამოწმოთ რამდენად სწრაფად იშლება მასალა კომპოსტირებისას

კვლევა უნდა მოიცავდეს დაშლის ტესტს ლაბორატორიის პირობებში: წინასწარი ტესტები შესაფუთი მასალის ბიოდეგრადირების შესამოწმებლად კომპოსტირების იმიტირებული პირობების მეშვეობით ლაბორატორიის დონეზე სტანდარტების შესაბამისად. ამგვარად, შესაძლოა ჩვენ მივიღოთ ინფორმაცია მასალის კომპოსტირებადობის პოტენციალის შესახებ.

ბ. რამდენად კარგად განიცდის მასალა ბიოდეგრადირებას (1)

კვლევა უნდა მოიცავდეს დეგრადირების პროცესს ლაბორატორიის პირობებში: ჰიდროლიზური დეგრადაციის ტესტი წყალში ან ბუფერულ დაძველების გარემოში (ბიოდეგრადირებადი პოლიმერების დეგრადაციის ტესტები მარტივი გარემოში პოლიმერებზე გავლენოს პროგნოზირების მიზნით). ამგვარად, ჩვენ შეგვიძლია მივიღოთ შესაბამისი ინფორმაცია კონკრეტული გარემოს დეგრადაციის პოტენციალის შესახებ.

გ. რამდენად კარგად განიცდის მასალა ბიოდეგრადირებას (2)

კვლევითი საქმიანობა უნდა შეიცავდეს ლაბორატორიულ პირობებში დეგრადაციებისა და კომპოსტირებადობის ტესტირებას: ლაბორატორიული დეგრადირება შედგენილ სასუნთქი გზების ტესტის გამოყენებით (EN ISO 14855-1: 2009 - პლასტიკური მასალების საბოლოო აერობული ბიოდეგრადაციის განსაზღვრა კონტროლირებადი კომპოსტირების პირობებში - ნახშირორჟანგს წარმოქმნის ანალიზის მეთოდი - ნაწილი 2: ნახშირორჟანგის გრავიმეტრიკული გაზომვა ლაბორატორიული მასშტაბის ტესტირებისას).

ამგვარად, შევძლებთ მივიღოთ ინფორმაცია მასალის კომპოსტირებადობის პოტენციალის შესახებ.

დ. გავარკვეოთ რამდენად შესაძლოა, რომ პროდუქტმა მიიღოს საჭირო სერტიფიკატები და იარლიყები

კვლევითი საქმიანობა უნდა მოიცავდეს ბიოდეგრადირებისა და კომპოსტირების ტესტირებას კომპოსტირების ობიექტებზე (მაგ. ბიოდეგრადირებადი მასალის ტესტები სამრეწველო კომპოსტირების პირობებში). ამგვარად, ჩვენ შეგვიძლია მივიღოთ შესაბამისი ინფორმაცია იმ პირობების შესახებ, რომლებიც აუცილებელია პროდუქტის სერტიფიცირებისა და კომპოსტირებადობის ეტიკეტის მისაღებად.

10. ზოგადი უსაფრთხოების ზომები

უსაფრთხოების ზომები, რომლებიც პლასტიკის პარკის ჩვეულებრივი ნედლეულის დამუშავებასა და მასთან მოპყრობას აქვს, სრულდება ბიო-პოლიმერების შემთხვევაშიც.

დნობის დამუშავებამ და პირობების ცვალებადობამ შეიძლება გამოიწვიოს მცირე რღვევა. ლაქტიდი, უსაფრთხო აირისებრი გამღიზიანებელი, შეიძლება იყოს ბიოლოგიური პოლიმერული დნობის პროცესის ერთ-ერთი თანმდევი ფაქტორი. სათანადო ჰაერის ტესტირება უნდა ჩატარდეს, რათა დადგინდეს არის თუ არა მისაღები ზღვრული ლიმიტი (ადგილობრივი რეგულაციების მიხედვით). როგორც დამუშავების ადგილის რემედიაციის ზომა რეკომენდირებულია, მონომერი ბოლის გამწოვის ან ვენტილატორის დამონტაჟება ღია ან დახურულ პორტებთან.

ატმოსფერული ტემპერატურის პირობებში, Bio-Flex® F 2110, არა-სახიფათოდ მიიჩნევა (იხ. MSDS). ოთახის ტემპერატურაზე ფისის დამუშავებისას აარიდეთ თავი პირდაპირი კანისა და თვალის კონტაქტს და პირობებს, სადაც შესაძლოა მტვერი გაჩნდეს. დამატებითი ინფორმაციისთვის გაეცანით შესაბამის MSDS- ს.

ისევე, როგორც ნებისმიერი მდნარი ნარჩენების, შემთხვევაში მდნარი ფისის ნარჩენების უნდა გაგრილდეს, სანამ ნებისმიერ ნარჩენების კონტეინერში განთავსდება რათა თავიდან ავიცილოთ ცეცხლის გაჩენის რისკი.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. PT: პლასტიკის ტექნოლოგია (<https://www.ptonline.com>)
2. NatureWorks (<https://www.natureworkslc.com/Products>)
3. NatureWorks. “NatureWorks Presentation.” ლექცია, 15 აპრილი, 2010.
4. ბიო-პლასტიკის სახელმძღვანელო (<http://www.bioplastics.guide>)
5. Plastemart (<http://atozplastics.com/upload/Literature/Additives-aid-biopolymers-overcome-limitations-improve-properties.asp>)
6. ინოვაციური ღირებულების ჯაჭვის განვითარება მდგრადი პლასტმასისთვის ცენტრალურ ევროპაში (PLASTiCE) (2014). სახელმძღვანელო ქმედებისათვის - მეცნიერებიდან ღირებულების ჯაჭვის ინოვაციამდე, ცენტრალური ევროპის პროგრამა (ERDF-ს თანადაფინანსებით). (www.plastice.org)
7. ტექნიკური ანგარიში CEN/TR 15932 (2010): პლასტიკა- რეკომენდაციები ტერმინოლოგიისა და ბიო-პოლიმერებისა და ბიო-პლასტიკის მახასიათებლებისათვის, ევროპის სტანდარტიზების კომიტეტი, ბრიუსელი, 24 მარტი, 2010
8. ბიოდეგრადირებადი პოლიმერების სახელმძღვანელო (2005). Rapra Technology Limited, პირველი გამოცემა, დიდი ბრიტანეთი
9. Dana Adamcová, Jakub Elbl, Jan Zloch, Magdalena Daria Vaverková, Antonín Kintl, David Juříčka, Jan Hladký, Martin Brtnický (2017). კვლევა (ბიო)დეგრადირების პროცესების შესახებ ბიო-პლასტიკის ინდუსტრიული კომპოსტირების პირობებში. Acta universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, Vol. 65 (<https://doi.org/10.11118/actaun201765030791>)
10. Sonal S. Karkhanis, Nicole M. Stark, Ronald C. Sabo, Laurent M. Matuana (2017). გაბერილი ფირის ექსტრუზია პოლი (რძე მჟავა) დნობის გამაძლიერებლების გარეშე. Journal of Applied Polymer Science (DOI: 10.1002/app.45212)
11. LyondellBasell Industries (2018). როგორ გადავწყვიტოთ გაბერილი ფირის პრობლემები. Houston, USA. (<https://www.lyondellbasell.com/>)
12. European Bioplastics. “ბიო-პლასტიკა ერთი შეხედვით.” <http://www.europeanbioplastics.org/index.php?id=182> (accessed March 30, 2011).
13. ASTM Standard D6400, 2004. “კომპოსტირებადი პლასტიკის სპეციფიკური სტანდარტები“, ASTM International. West Conshohocken, PA, 2004. DOI: 10.1520/D6400-04. (www.astm.org)
14. ASTM Standard D6866, 2010. “სტანდარტული ტესტის მეთოდები რადიკარბონალური ანალიზის გამოყენებით მყარი, თხევადი და აირისებრი ნიმუშების ბიოლოგიურ საფუძველზე დამზადებული შემადგენლობის განსაზღვრისათვის.” ASTM International.

15. EN 13432:2000 შეფუთვა - შეფუთვის შეფუთვის მოთხოვნები კომპოსტირებისა და ბიოდეგრადირების გზით Bio-Flex® F 2110, მასალის უსაფრთხოების მონაცემები (MSDS). (<https://fkur.com/en/brands/bio-flex-3/bio-flex-f-2110/>)
16. Bio-Flex® F 2110, ტექნიკური მონაცემები (TDS) (<https://fkur.com/en/brands/bio-flex-3/bio-flex-f-2110/>)
17. Bio-Flex® F 2110, დამუშავების სახელმძღვანელო (<https://fkur.com/en/brands/bio-flex-3/bio-flex-f-2110/>)