

Fiber doldurucu yüksək sıxlıqlı polietilen əsaslı kompozit materialların alınması

Mexanika və maşınqayırma

İsmayılova K.H., Babanlı M.B.

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

E-mail: kamalaheydar@gmail.com

Polimer materialları günümüzdə geniş istifadəsi ilə kompozisiya materiallarında metal materialları əvəz etməyə başlamışdır. Bu məqalədə, müxtəlif növ fiberlərlə gücləndirilmiş yüksək sıxlıqlı polietilen matrisli kompozit materialları ekstruzion və enjeksiyon qəlibləmə avadanlığında hazırlanmış, onların xassələri araşdırılmışdır. İstehsal olunmuş kompozit materiallarında doldurucu materiallar olaraq, karbon, bazalt, jüt və kakos fiberlərdən, əlaqələndirici kimi PE-g-MA-dan, matris material kimi isə yüksək sıxlıqlı polietilen polimer materialları istifadə edilmişdir.

Açar sözlər: YSPE, karbon fiber, bazalt fiber, jüt fiber, kakos fiber, kompozit materiallar.

Giriş

İki və ya daha çox materialın makro səviyyədə birləşməsi ilə yaranıb yeni xassə əmələ gətirən materiallar kompozit materiallardır [1]. Müxtəlif növ fiber doldurucu polimer matrisli kompozit materialların istehsalı və xassələrinin tədqiqinə dair ədəbiyyatlarda çoxlu sayda araşdırmalar mövcuddur.

Zum və dostları fiber doldurucu və polimer matrisli kompozitlərin sürtünmə və yeyilmə xüsusiyyətlərinin əsasən polimer kompozitləri formalaşdırıcı birləşmələri (matris və fiber) xassələrinə və aralarında formalaşan əlaqə ilə bağlı olduğunu müəyyənləşdirmişdirlər. Bunlara polimer matrisin və fiberin növü, doldurucu elementin matris içərisində paylanması, fiberin forması, fiberin həcmi, fiberin qalınlığı, fiberin matris içərisindəki istiqaməti təsir edir. Sınaqlar zamanı qarşı materialın bərkliyi və doldurucu materialın matris materialına görə xassələri fərqli olmalıdır [2].

Termoplastik polimerin bir növü olan YSPE daha çox istifadə olunan matris materialıdır. Polietilen materialların kompozit materiallarda matris materialı olaraq geniş istifadə olmasının səbəbi yeyilməyə və yorulmaya, korroziyaya qarşı davamlılığa və yüksək mexaniki xassələrə malik olmasıdır [3-4].

Ədəbiyyatlarda aparılmış araşdırmalar nəticəsində karbon, bazalt, jüt və kakos fiber doldurucu polimer kompozit materialların istehsalında ən geniş istifadə olunan metodlar ekstruzion və enjeksiyon avadanlıqlarda aparılmışdır [5-6-7].

Məsələnin qoyuluşu

Matris. Yüksək sıxlıqlı polietilen (YSPE) kimyəvi tərkibcə saf polietilenə ən yaxın olan polimer növüdür. Sıxlığı 0,941-0,969 q/sm³ arasında dəyişən saf YSPE budaqlanmış mole-

kulyar quruluşa malik kristallik polimerdir. YSPE-in molekulyar quruluşundakı karbon zəncirlərinin budaqlanmalarının müəyyən səviyyələr altında saxlanması xüsusi katalizator və reaksiya şərtləri ilə təmin olunur. Bu əməliyyatlar YSPE-i struktur xüsusiyyətləri baxımından daha bərk və güclü edir. Həmçinin yaxşı kimyəvi davamlılığa, dielektrik xassələrə, aşağı temperaturda bərkliyə və nisbətən yüksək temperaturda yumşalmaya malikdir. İstədiyimiz fiziki və mexaniki xassələri əldə etmək və həmçinin aşağı maya dəyərində başa gəlməsi üçün əlavələr etməklə istehsal olunur.

YSPE-in (SABIC® HDPE M200056) ticarət nişanı ilə Marmara Polimer və Tekstil Ticarət ASC-dən (İstanbul, Türkiyə) təmin olunmuşdur. YSPE-in sıxlığı $0,956 \text{ q/sm}^3$ (ASTM D1505), ərimə zamanı axın sürəti (MFR) 20.0 q/10 dəq ($190^\circ\text{C}/2,16 \text{ kq}$, ASTM D1238), ərimə nöqtəsi (DSC) 180°C (ASTM D3417), dartılma zamanı yaranan müqavimət 25 MPa (ASTM D638), Shore D üzrə bərkliyi 65 -dir (ASTM D 2240). PE-g-MA, MFCD00212579 ticarət nişanı ilə DuPont Company-dən (ABD) təmin olunmuşdur. 25°C -də $0,92 \text{ q/sm}^3$ sıxlığa malik olan PE-g-MA 6 qm KOH/q turşu miqdarına, $T_m=107^\circ\text{C}$ ərimə nöqtəsinə (DSC) və 140°C -də 500 MPa özlülüyə malikdir.

Fiber. Polimer matrisli kompozit materialların istehsalında ən çox istifadə olunan fiberlər şüşə və karbonur. Karbon fiberinin (KF) yaranması 1883-cü ildə Sir Cozef Swan tərəfindən elektrik lampaları üçün təbii selüloz fiberlərindən piroliz edilmişdir [8, 9]. Karbon fiberin (KF) istehsal üsulları olduqca mürəkkəbdir. Karbon fiberin istehsalı üçün üç fərqli üzvi kimyəvi maddədən istifadə olunur. Karbon fiberləri istehsalının ən çox yayılmış forması $1100\text{-}1600^\circ\text{C}$ -də vakuum mühitində poliakrilonitrilin (PAN) karbonlaşmasıdır. Karbon fiberin (KF) xüsusi çəkisi poladdan $4,5$ dəfə yüngül və polad materiallardan 3 qat daha davamlıdır. Karbon fiberi neylon kimi elastikdir. Polimer matrisi ilə karbon fiberlərini birləşdirdikdə alınan kompozit materialı daha yaxşı müqavimətə və bərklik xassələrinə malik olur. Hazırda karbon fiberli dəmir kompozitlərdən idman avadanlıqlarında, hərbi vertalyotlarda (qanad, sinə və s.), yerüstü nəqliyyat vasitələrində, raket və gəmi gövdələrində geniş istifadə olunur [10]. Karbon fiberlərindən sənayedə əsasən iplik, parça və lif kimi istifadə edilir. Karbon fiberi illərdir polimer matrisli kompozisiya materiallarından (şüşə fiberdən başqa) ən çox istifadə olunan yüksək effektiv fiber materialdır.

Karbon fiberi (KF) AC0101 ticarət nişanı ilə Dowaksa- dan (Yalova, Türkiyə) alınmışdır. KF-lər 6 mm ölçüsündə doğranmış formadadır və $1,5\text{-}3 \text{ küt.\%}$ poliuretan əsaslı məmul ilə örtülmüşdür. KF-in dartılmada müqaviməti 4200 MPa , nisbi uzanması 240 HPa , sıxlığı isə 1.76 q/sm^3 -dir.

Bazalt fiber (BF) lava mənşəli qayalardan toplanmış təbii bir fiberdir. Bazalt fiberinin xammalı təbiətdə asanlıqla tapıldığı üçün istehsal dəyəri aşağıdır. Fiberin yaxşı xassələrə malik olması üçün xammalın, bazalt mənbəyinin tərkibinin də əhəmiyyəti var. Bazalt fiberi $1350\text{-}1750^\circ\text{C}$ -də bazalt qayacıqlarını əridərək əldə edilir. Bazalt fiberləri istehsal edən zaman yaranan əlavə temperatur fiberlərin mexaniki xassələrinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir. $1180\text{-}1390^\circ\text{C}$ intervalında temperaturun artması nəticəsində əldə edilən fiberin dartılmaya sınaq zamanı göstərdiyi müqavimət $1,6 \text{ HPa}$ ilə $2,8 \text{ HPa}$ arasında dəyişir [11]. Bu proseslər aparılarkən bazalt fiberinin istehsalında başqa əlavələrdən istifadə olunmur. İstənilən ölçülərdə kəsilərək istehsal olunan bazalt fiberlər, tələbatdan asılı olaraq, toxunmuş parça və ya kəsilmiş fiber qrupları şəklində istifadə olunur.

Bazaltdan olan mineral fiberlər yeni deyil, lakin polimer kompozitlərdə möhkəmləndirici kimi tətbiqi yeni bir məsələdir.

BF-in ölçüsü 6 mm uzunluğunda və $13\text{-}20 \text{ mkm}$ diametrdə doğranmış formada Tila kompozitdən (İstanbul, Türkiyə) ASC-dən alınmışdır. BF-in dartılmada müqaviməti 2825 MPa , nisbi uzanması 89 HPa , sıxlığı isə 2.8 q/sm^3 -dir.

Jüt Fiber (JF) pambıqdan sonra dünyada ən çox yayılmış ikinci təbii fiberdir. Jütün üstünlükləri aşağı istilikkeçiriciliyi, orta səviyyədə nəm tutma, həmçinin yaxşı izolyasiya xassələrinə malik olmasıdır. Jüt fiberindən istehsal olunan əsas məhsullara iplik, kəndir, xalça astarı və digər toxuma materialları aiddir. Dartılmaya sınaq zamanı göstərdiyi yüksək müqavimət, aşağı uzanma və daha yaxşı havaötürmə qabiliyyətinə malikdir. JF-lər həm sintetik, həm də təbii olmaqla pərdələrə, stul örtüklərinə, xalçalara və kilimlərə toxunur. Bunlardan ən incə ipləri belə ayırmaq mümkündür və ipəyə oxşar material əldə oluna bilər. Jüt fiberi yun ilə də qarışdırıla bilər. Jüt fiberindən kənd təsərrüfatı məhsullarının qablaşdırılması üçün kisə (meşək) istehsalında, kompozit materiallarda, bərk qablaşdırmada və xüsusi möhkəmliyə malik olan plastiklərdə getdikcə daha çox istifadə olunur.

JF-in dartılmada müqaviməti 393–773 MPa, nisbi uzanması 13–26,5 HPa, sıxlığı isə 1,3–1,45 q/sm³-dir. Doğranmış jüt fiberlərinin səthinin modifikasiyası üçün NaOH (natrium hidroksid) istifadə edilmişdir. Modifikasiya prosesindən əvvəl, jüt fiberləri üzərində olan kənar hissələrdən təmizləmək üçün suda yuyurlar və 24 saat müddətində kölgəli bir ərazidə qurudurlar. 1000 ml distillə olunmuş suya 15% NaOH əlavə etməklə məhlul hazırlanır. Bu məhlulda jüt fiberləri 1 saat saxlanılır və son durulama mərhələsində 10-15 damcı ASC (sirkə turşusu) istifadə edilir. Son durulama bitdikdən sonra kölgəli bir ərazidə qurumağa buraxılır.

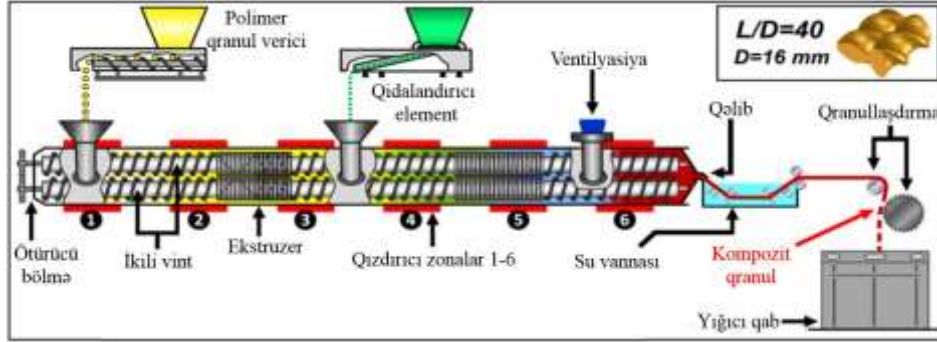
Kakos fiber (KKF) kakos meyvəsini əhatə edən lifli təbəqədən əldə edilir. Qədim dövrlərdən bəri insanlar tərəfindən müxtəlif məqsədlər üçün istifadə edilmişdir. Kakos əsasən cənub-şərqi Asiya olmaqla Pakistan, Hindistan və Sri Lankada yetişir.

Kakos fiberləri istehsal etmək üçün, kakos qabıqları suda 6 və ya 12 ay saxlanılır. Bu müddət ərzində kakos qabığındakı pəncir yox olur, sərt hüceyrələrini liflərə bağlayan yapışqan məhv olur və liflər bir-birindən ayrılmağa başlayır. Qabıqlar daha sonra qurudulur və dəyənəyin köməyi ilə döyülür. Sonra təmizlənərək, kobud, qısa, nazik və uzun fiberlərə bölünür. Açıqdan tünd qəhvəyi rəngə oxşar bərk, lakin yüksək elastik fiber əldə edilir. Son illərdə ekoloji təmiz kompozit materialların istehsalında kakos təbii fiber kimi geniş istifadə olunur. Suya qarşı yüksək dərəcədə davamlıdır.

Kakos fiberi Salteks tekstildən (İstanbul, Türkiyə) əldə olunmuşdur. Dartılmada möhkəmlik həddi 131-175 MPa, nisbi uzanma həddi 4-6 HPa, sıxlığı isə 1,15 q/sm³-dir. JF-lərə təbii olunan eyni səth dəyişdirmə prosesi KKF-lər üçün də aparılmışdır.

Həll üsulları

Yüksək sıxlıqlı polietilen əsaslı kompozit materialların alınması. KF/YSPE, BF/YSPE, JF/YSPE, KKF/YSPE kompozit materialların alınması zamanı iki vintli ekstruziondan (Gülnar, Türkiyə) istifadə edilir (şəkil 1). İki vintli ekstruder $D = 16$ mm diametrə və 40 uzunluq/diametr (L/D) nisbətində olan vintlərdən ibarətdir. Eyni istiqamətdə dönmə bu iki vintli ekstruder materialı əridərək qarışdırma texnikası ilə istehsal edir. Milin sürəti 100 dövr/dəq., istehsal zamanı qəlibə düşən təzyiq 6,7 bar-dır. KF/YSPE, BF/YSPE, JF/YSPE, KKF/YSPE, KF/YSPE/PE-g-MA, BF/YSPE/PE-g-MA, JF/YSPE/PE-g-MA, KKF/YSPE/PE-g-MA kütlə faizi müvafiq olaraq 10/90%, 20/80%, 30/70% və 10/88/2%, 20/76/4%, 30/64/6% olan 24 tərkibli nümunələr hazırlanmışdır. Cədvəldə tədqiqatda istifadə olunan kompozit materialların tərkibi verilmişdir. Qarışdırılmadan əvvəl KF, BF, JF, KKF, YSPE və əlaqələndirici PE-g-MA tərkiblərindəki nəmi çıxartmaq üçün 24 saat ərzində 80°C-də quruducu şkafda əvvəlcədən qurudulmuşdur. Ekstruzionun altı müxtəlif zonasındakı temperatur, qidalandırıcı zonanadan istilik zonalarına uyğun olaraq 50, 200, 205, 210, 215 və 220°C temperaturda tənzimlənmişdir. Ekstruder edilmiş material çubuq şəklində qəlibdən çıxarılır, otaq temperaturunda su vannasından keçirilərək soyudulmuşdur. Sonra isə doqrayıcıdan istifadə edərək qranul halına gətirilmişdir.



Şəkil 1. İki vintli ekstruzionun sxematik təsviri

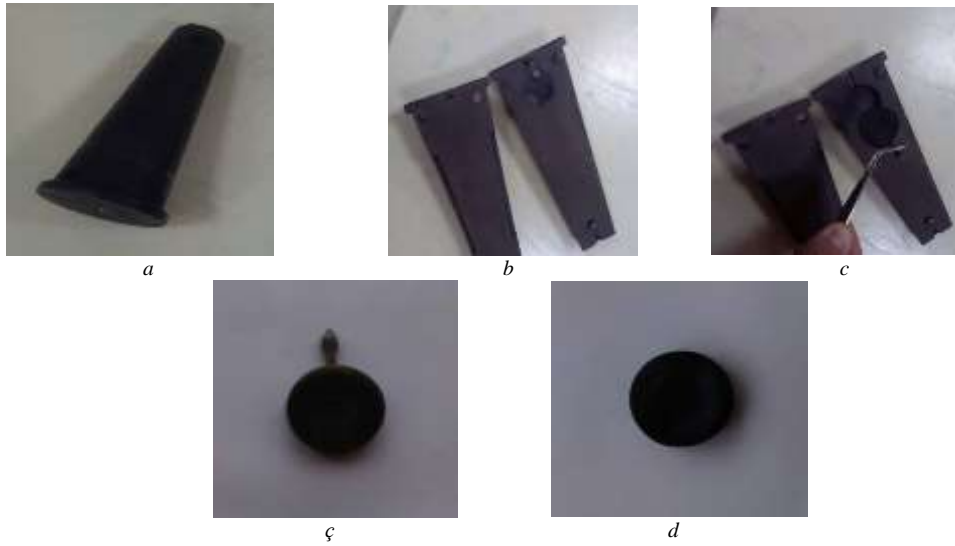
Daha sonra bir müddət 80°C-də quruducu şkafda qurudulur. Qranullar 12 millilik mikro enjeksiyon qəbləmə qurğusundan (Xplore IM 12, Hollanda) (şəkil 2) istifadə edilərək bərklik və yeyilmə sınağı üçün nümunələr hazırlanmışdır. Nümunənin diametri 29 mm, hündürlüyü isə 8 mm-dir (şəkil 3). Nümunə kamerasının və qəlibin temperaturu müvafiq olaraq 220°C və 25°C, enjeksiyon təzyiqi isə 7 bardır. İstehsal edilmiş kompozit nümunələrin xassələri ilə saf YSPE-nin xassələrini müqayisə etmək üçün polimer nümunələr də eyni şərtlər daxilində qəliblənmişdir.

Cədvəl. Tədqiqatda istifadə olunan kompozisiyaların tərkibi

Matris tərkibi, küt.%	Doldurucu tərkibi, küt.%	Əlaqələndiricinin tərkibi, küt.%
90 YSPE	10 KF	-
80 YSPE	20 KF	-
70 YSPE	30 KF	-
88 YSPE	10 KF	2 PE-g-MA
76 YSPE	20 KF	4 PE-g-MA
64 YSPE	30 KF	6 PE-g-MA
90 YSPE	10 BF	-
80 YSPE	20 BF	-
70 YSPE	30 BF	-
88 YSPE	10 BF	2 PE-g-MA
76 YSPE	20 BF	4 PE-g-MA
64 YSPE	30 BF	6 PE-g-MA
90 YSPE	10 JF	-
80 YSPE	20 JF	-
70 YSPE	30 JF	-
88 YSPE	10 JF	2 PE-g-MA
76 YSPE	20 JF	4 PE-g-MA
64 YSPE	30 JF	6 PE-g-MA
90 YSPE	10 KKF	-
80 YSPE	20 KKF	-
70 YSPE	30 KKF	-
88 YSPE	10 KKF	2 PE-g-MA
76 YSPE	20 KKF	4 PE-g-MA
64 YSPE	30 KKF	6 PE-g-MA
100 YSPE	-	-



Şəkil 2.2. Xplore IM 12 enjeksiyon qəlibləmə qurğusu



Şəkil 3. Nümunənin görünüşü:
a – qəlib; b – qəlibdə nümunənin yerləşməsi; c – nümunənin qəlibdən çıxarılması;
ç – qəlibdən çıxarılmış nümunə; d – hazır nümunə

Nəticə

Kompozisiya materiallarının istehsalında istifadə olunan təbii fiberlər ucuz və iqtisadi cəhətdən sərfəli olduğu üçün alınan kompozisiya materialının maya dəyəri azdır. Alınan kompozisiya materialı ekoloji cəhətdən yararlı və səmərəlidir. Kompozisiya materialı istehsalında istifadə etdiyimiz üsullarla fiber və matris materiallarının daha homogen şəkildə qarışmasını təmin etmişik.

Ədəbiyyat

1. Bajsić E.G., Smit I., Leskovac M. Blends of thermoplastic polyurethane and polypropylene. I. Mechanical and phase behavior. // Journal of Applied Polymer Science, – 2007, 104.– Pp.3980-3985.
2. Zum Gahr K.H. Microstructure and Wear of Materials. // Elsevier. – Amsterdam, 1987.
3. Toğuşlu Ç. Cam fiber və grafit takviyəli naylon 6 matrisli kompozit malzemelerin bazimekanik özellikleri ve aşınma mekanizmalarının deneysel olarak incelenmesi. // Ege Universitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. – Bornova, İzmir, 2011. – 71 s.

5. Shipway P.H., Ngao N.K. Microscale abrasive wear of polymeric materials. // *Wear*. – 2003, 255. – 742-750 p.
6. Suresha B., Chandramohan G., Jawali D.N. and Siddaramaiah. Effect of Short Glass Fiber Content on Three-Body Abrasive Wear Behaviour of Polyurethane Composites. // *Journal of Composite Materials*. – 2007, 41. – Pp.2701-2713.
7. Kumaresan K., Chandramohan G., Senthilkumar M., Suresha B., Indran S. Dry sliding wear behaviour of carbon fabric-reinforced epoxy composite with and without silicon carbide. // *Composite Interfaces*. – 2011, 18. – Pp.509-526.
8. Tanaka K. Friction and wear of glass and carbon fiber-filled thermoplastic polymers. // W.A. Glaeser, K.C. Ludema and S.K. Rhee (eds). *Wear of Materials*. – 1977. – Pp.510-517.
9. Zhou Y., Pervin F., Lewis L. and Jeelani S. Fabrication and characterization of carbon/epoxy composites mixed with multi-walled carbon nanotubes. // *Materials Science and Engineering: A*. – 2008. – Cilt 475, №1. – Pp.157-165.
10. Doğan N. Havacılık Sanayinde Kullanılan Plastik Matrisli Kompozit Malzemeler. // <http://www.hho.edu.tr/huten/20032004%20SEMINER%20INTERNET/UGUR%20ER/UGUR%20ER%5BWORD%5D.pdf>. – 2006.
11. Ezeokonkwo J.C. and Nwoji C.U. Uniaxial Compressive Strength of Polypropylene Fiber Reinforce Sandcrete Cubes. // *Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences, (JETEAS)*. – 2011, 2 (6). – Pp.1020-1025.

Резюме

Исмайлова К.Г., Бабанлы М.Б.

Получение полиэтиленовых композиционных материалов высокой плотности с волокнистыми наполнителями

В настоящее время в связи с широким использованием полимерных материалов, металлические материалы были заменены композиционными. В данной статье на экструзионном и впрыскивающем литьевом оборудовании изготавливаются композитные материалы с полиэтиленовой матрицей высокой плотности, армированные разными типами волокон, и исследуются их свойства. В качестве композитных материалов используются углеродные, базальтовые, джутовые и кокосовые волокна, PE-g-MA в качестве координатора и полиэтиленовые полимерные материалы высокой плотности в качестве матричного материала.

Ключевые слова: YSPE, углеродное волокно, базальтовое волокно, джутовое волокно, кокосовое волокно, композиционные материалы.

Summary

Ismaylova K.H., Babanlı M.B.

Obtaining high-density polyethylene composite materials with fiber filler

Nowadays, with the widespread use of polymeric materials, it has begun to replace metal materials in composition materials. In this article, high-density polyethylene matrix composite materials, reinforced with different types of fibers, are made on extrusion and injection molding equipment, and their properties are investigated. As composite materials carbon, basalt, jute and coconut fibers, PE-g-MA as the coordinator, and high-density polyethylene polymeric materials as matrix material are used.

Key words: YSPE, carbon fiber, basalt fiber, jute fiber, coconut fiber, composite materials.