T.C. ERCİYES ÜNİVERSİTESİ BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ KOORDİNASYON BİRİMİ

ÇİFT KATLI JAKARLI KUMAŞLARIN BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIMI VE NANOSILIKA KATKILI POLYESTER KOMPOZİT FORMLARININ MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN KARAKTERİZE EDİLMESİ

COMPUTER AIDED DESIGN OF DOUBLE LAYER JACQUARD FABRICS AND MECHANICAL CHARACTERIZATION OF NANOSILICATE POLYESTER COMPOSITES

Proje No: FBA-10-2882

Araștırma Projesi

SONUÇ RAPORU

Proje Yürütücüsü: Yrd. Doç Dr. Oğuz DEMİRYÜREK

Araştırmacı Prof. Dr. Abdulkadir BİLİŞİK Mühendislik Fakültesi/Tekstil Mühendisliği Bölümü

Araştırmacı Arş. Gör. Gaye YOLAÇAN Mühendislik Fakültesi/Tekstil Mühendisliği Bölümü

> Ekim 2012 KAYSERİ

ÖZET

Bu çalışma ile E-cam kumaşlar Nedgraph bilgisayar paket programında tasarlanarak elde edilmiştir. Kumaşlar önşekle dönüştürülmüştür ki burada dikişsiz ve dikişli formları elde edilmiştir. E-cam önşekiller polyester, nano silika katkılı polyester kompozitler olarak vakumlu reçine transfer yöntemi ile katı hale getirilmiştir. Elde edilen E-cam nanosuz polyester, nano katkılı polyester ve dikişli polyester kompozitlerin eğilme dayanımı ve katlararası ayrılma dayanımları test edilerek belirlenmiştir.

Bu çalışma sonucunda nano katkılı E-cam/polyester kompozit malzemenin eğilme dayanımı nanosuza göre bir derece düşmüş ancak malzeme daha kırılgan hale gelmiştir. Kevlar ve E-cam dikişli E-cam/polyester kompozit malzemenin eğilme dayanımı dikişsize göre bir derece düşmüş ancak katlar arası ayrılma dayanım değerleri yükselmiştir. Bu konudaki çalışmalar hem dikişli ve hemde nanolu yapıların geliştirilmesi üzerine sürdürülecektir.

Anahtar Kelimeler: E-cam kumaşlar, E-cam/polyester kompozit malzeme, nanosilika, Eğilme dayanımı, Katlararası ayrılma dayanımı, tasarım

ABSTRACT

In this study, E-glass fabrics were designed by using Nedgraph package program in virtual enviroment. Two dimensional woven fabric were layered and some of them were stitiched by using the Kevlar and E-glass stitching yarns. The E-glass preforms were consolidated by vacum assisted resin transfer molding. The matrix was polyester. The developed composites were E-glass/polyester, E-glass/nano/polyester and stitched E-glass/polyester. The bending strength and fracture thoughness properties of these composites were carried out. Test results showed that the bending strength of E-glass/nano/polyester composite decreased compared to that of E-glass/polyester composite but, it became brittle. The bending strength of Kevlar and E-glass stitiched E-glass/polyester composites decreased compared to that of E-glass/polyester composite whereas, its fracture thoughness considereably increased. Future study will be conducted on the development of both stitched and nano coposites.

Keywords: E-glass fabrics, fabric design, E-glass/polyester composite, nanosilicate, bending strength, fracture toughness.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET	3
ABSTRACT	4
İÇİNDEKİLER	5
GİRİŞ	7

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER	8
----------------	---

2. BÖLÜM

GEREÇ VE YÖNTEM	9
2.1. Önşekillerin Geliştirilmesinde Kullanılan Kumaş	9
2.2. Geliştirilen Önşekiller	
2.3. Kompozit Üretimi Deney Planı	
2.4. Önşekillerin Görüntü Analizi	
2.4.1. Dikişsiz/Nano-Silika Önşekiller	
2.4.2. Dikişsiz Önşekiller	
2.4.3. El Dikişli Önşekiller	
2.5. Kompozit Yapıların Üretimi	14
2.5.1. Nano-Silika	14
2.5.2. Dolgulu Kompozit Yapı Üretimi	15
2.6. Kompozit Görüntü Analizi	16
2.6.1. Dikişsiz/Nano-Silika Kompozit Yapılar	16
2.6.2. Dikişsiz Kompozit Yapılar	17
2.6.3. El Dikişli Kompozit Yapılar	17
2.7. Mikroskobik Görüntü Analizi	
2.7.1. Dikişsiz/Nano-Silika Kompozit Yapılar	
2.7.2. Dikişsiz Kompozit Yapılar	
2.7.3. El Dikişli Kompozit Yapılar	21
2.8. Kompozitlere Uygulanan Testler	24
2.8.1. Mekanik Testler	24
2.8.1.1. Eğilme Dayanımı Testi	24
2.8.1.2. Katlararası Ayrılma Dayanımı (Short Beam Strength)	

3. BÖLÜM

BULGULAR		
3.1. Kompozit Yoğunlukları	ve Lif Hacmi	

3.1.1. Dikişsiz/Nano-Silika Kompozit Yapılar	
3.1.2. Dikişsiz Kompozit Yapılar	
3.1.3. El Dikişli Kompozit Yapılar	
3.2. Eğilme Dayanımı Test Sonuçları	
3.2.1. Dikişsiz/Nano-Silika Kompozit Yapılar	
3.2.2. Dikişsiz Kompozit Yapılar	
3.2.3. El Dikişli Kompozit Yapılar	
3.3. Katlararası Ayrılma Dayanımı Test Sonuçları	
3.3.1. Dikişsiz Kompozit Yapılar	
3.3.2. El Dikişli Kompozit Yapılar	
3.4. SEM Analizi	
3.4.1. Dikişsiz/Nano-Silika Kompozit Yapılar	
3.4.2. Dikişsiz Kompozit Yapılar	
3.4.3. El Dikişli Kompozit Yapılar	

4. BÖLÜM

TARTIŞMA- SONUÇ VE ÖNERİLER	
4.1. Kompozit Yoğunlukları ve Lif Hacmi	
4.1.1. Kompozit Yoğunlukları	
4.1.2. Toplam Lif Hacmi ve Boşluk Miktarı	
4.2. Eğilme Dayanımı Testi	
4.2.1. Eğilme Dayanımı	
4.2.2. Eğilme Modülü	59
4.2.3. Eğilme Uzaması	
4.3. Katlararası Ayrılma Dayanımı	
4.3.1. Katlararası Ayrılma Dayanımı	61
4.4 Genel sonuçlar.	62
KAYNAKLAR	

GİRİŞ

Bu çalışmada, çift katlı jakarlı yapıların bilgisayar ortamında çizilerek tasarımının yapılması ve bu tasarımlar esas alınarak oluşturulan yapıların teknik tekstil olarak kullanılması için geliştirilen nanosilika katkılı polyester kompozitlerin bu yapılara uygulanarak fiziksel ve mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi amaçlanmaktadır. Çift katlı jakarlı dokuma kumaş yapısında E-cam lifi; kompozit matrisi olarak ise polyester, vinil ester veya epoksi malzeme kullanılacaktır. Kompozit hale getirilen söz konusu yapıların personel taşıyıcı hafif araçlarda termomekanik yüklere karşı dayanım gösterebilen bir eleman olarak kullanılması düşünülmektedir ve ayrıca koruyucu giysilerin balistik uygulamalarında da söz konusu yapıların kullanılabileceği düşünülmektedir. Geliştirilecek olan söz konusu kompozitlerin, tasarımı üretimi yapılan çift katlı jakarlı yapılara uygulanması ile bu yapıların çeşitli mekanik özelliklerinin karakterize edilmesi ve iyileştirilmesi hedeflenmektedir.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

Tekstilde iplik üretiminden sonra iki boyutlu yüzey elde etmek için yürütülen dokuma işlemi için çeşitli plan ve desen çalışmaları yapılmaktadır (1, 2). Dokuma prosesi pahalı bir işlem olduğundan dokunması düşünülen iki boyutlu yüzeylerin veya kumaşların dokuma işleminden önce tasarımının ve planının yapılması gerekmektedir (3, 4, 5). Dokuma işleminin bilgisayar yardımıyla yürütülmesinden önceki zamanlarda çeşitli desen kağıtlarının kullanıldığı bilinmektedir. Ancak, bilgisayarın ve çeşitli yazılımların yardımıyla dokuması yapılacak olan kumaş sanal ortamda görülebilmekte ve zaman ve para israflarının önüne geçilebilmektedir (6, 7, 8, 9). Çift katlı jakarlı dokuma yapıları genellikle halı ve döşemelik kumaşlar olarak bilinen ve desenleri oldukça kompleks yapılardır. Çalışmada kullanılacak olan program veya software ile farklı tasarımların yapılması planlanmaktadır (9). Çift katlı jakarlı kumaşlar için literatür olarak çeşitli yayınlara rastlanılmış olmasına rağmen bunların teknik tekstil olarak kullanılmasına yönelik literatürün yaygın olmadığı görülmüştür. Bu açıdan bu çalışmada teknik tekstiller kapsamı içinde değerlendirilebilecek çift katlı jakarlı dokuma yapılarından ürün tasarımı için görsel açıdan yardımcı olacak tasarım çalışmalarının yürütülmesi planlanmaktadır. Çalışmada ayrıca geliştirilecek olan Nanosilika katkılı polyester kompozitler ile ilgili çeşitli yayınların mevcut olduğu literatür araştırması sonucu ortaya çıkarılmıştır (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19). Bu çalışma kapsamında düşük lineer yoğunluklu E-cam la yüksek lineer yoğunluklu E-cam bükümsüz ipliklerden iki boyutlu yüzeyler elde edilmiş ve bunların bir kısmı dikişsiz ve bir kısmıda dikim tekniği ile bir araya getirilerek önşekiller elde edilmiştir (20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28). Elde edilen önşekiller daha sonra plyester reçine ile katı hale getirilmiş bir kısmınada nano silika esaslı materyal eklenerek katılaştırılarak nano silika katkılı dokuma E-cam/polyester kompozit elde edilmiştir. Elde edilen kompozit yapılara temel mekanik testlerin bir kısmı uygulanmıştır (29, 30, 31, 32, 33). Test sonrası ayrıca yapıların kırılma modları elementel olarak analiz edilmiştir (34, 35, 36, 37, 38, 39).

2. BÖLÜM

GEREÇ VE YÖNTEM

2.1. Önşekillerin Geliştirilmesinde Kullanılan Kumaş

E-cam Kumaş yükleme durumuna bağlı olarak NEDGRAPHICS B.V jakarlı ve armürlü kumaş tasarımını gerçekleştirecek programın satın alınması ile sanal ortamda tasarlanarak yüzey durumları irdelenmiş ve bu tasarlanan kumaşın üretilmesi için sanayi ile ortak çalışılınmıştır. Ancak çift katlı jakarlı E-cam kumaşın yüzeyde kesişme şekilleri ve düzlem dışındaki bağlantı zorlukları nedeni ile ve E-cam lifinin kırılgan özellikleride göz önüne alınarak bu tasarım şeklinden vazgeçilerek armürlü sistemde E-cam kumaşın üretilebilmesinin önünde herhangi bir kısıtlama olup olmadığı araştırılarak buna en yakın özelliklerde armürlü yada eksantrikli tezgahta üretilebilecek en yakın kumaşın üretimi için çalışmalar yoğunlaştırılmıştır. Tasarlanan kumaş, ticari olarak cam kumaş üretimi yapan (Fibroteks) üzerinden bağış yolu ile bu çalışma için alınmasına karar verilmiştir.

Bu çalışma kapsamında, 600 tex ve 2400 tex olmak üzere, lineer yoğunlukları birbirinden farklı tasarlanan E-cam dokuma kumaş sanal ortamda tasarlanan özelliklere en yakın olarak Fibroteks A.Ş, Türkiye den elde edilerek kullanılmıştır. Tablo 2.1'de, E-cam lifinin özellikleri verilmiştir.

Lif	Lif Çapı (µm)	Yoğunluk (g/cm³)	Çekme Dayanımı (GPa)	Çekme Modülü (GPa)	Kopma Uzaması (%)	Erime Sıcaklığı (C°)
E-cam	13.66 (600 tex) 17.10 (2400 tex)	2.57	3.5	76	4.8	841

Tablo 2.1. E-cam lifinin özellikleri [153].

Tablo 2.2'de, 600 tex ve 2400 tex E-cam dokuma kumaş ve bu kumaşlardan sökülen ipliklere ait bazı özellikler verilmiştir. Şekil 2.1'de, 600 tex ve 2400 tex E-cam dokuma kumaşların yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

Kumaş türü	Kumaş örgüsü	İplik lineer yoğunluğu (tex)		Sıklık (tel/cm)		Gramaj (g/m ²)	Krimp oranı (%)		Kalınlık (mm)
		Çözgü	Atkı	Çözgü	Atkı		Çözgü	Atkı	
E-cam- 600 tex	Bezayağı	600	600	24	25	300	2.08	0.92	0.37
E-cam- 2400 tex	Bezayağı	2400	2400	16	18	800	1.24	1.20	1.01
Kumaş türü		İplik kalır (mı	eni x ılığı m)	Kesişme bölgesin yüzey ala (mm ²)		ndeki iplik anı)	Toplan yüzey (mı	n iplik alanı n ²)	Bir gözeneğin alanı (mm ²)
E-cam-600 tex 5.38 ×		0.102	:	5.38 × 5.38 (28.94)		$\begin{array}{c} 38 \\ 0 \\ \end{array} \qquad \begin{array}{c} 25 \times 28.94 \\ (723.5) \end{array}$		0.38	
E-cam-2400 tex		6.77 ×	0.404		6.77×6.77 (45.83)		18×45.83 (824 94)		0.90

Tablo 2.2. E-cam 600 tex ve 2400 tex kumaş ve iplik özellikleri.



Şekil 2.1. E-cam kumaşların yüzey ve kesit görüntüleri, (a); 600 tex, (b); 2400 tex (×6.7).

2.2. Geliştirilen Önşekiller

E-cam bezayağı dokuma kumaşlar aşağıda belirtildiği şekilde nanolu, nanosuz, dikişsiz ve dikişli önşekiller olarak tasarlanarak elde edilmişlerdir. Bunlar aşağıda belirtilmiştir.

2400 tex E-cam kumaş	: Dikişsiz/nano-silika dolgulu (4 kat (0°/90°))
600 tex E-cam kumaş	: Dikişsiz ve el dikişli (8 kat (0°/90°))

El dikişli Önşekiller

- Tek yön dikişli (çözgü (0°) yönünde dikişli)
- İki yön dikişli (çözgü (0°) ve atkı (90°) yönünde dikişli)

- Dört yön dikişli (çözgü (0°) , atkı (90°) ve $\pm 45^\circ$ yönünde dikişli)

El dikişli yapılarda dikiş adımı 1 adım/cm'dir. Dikişler arası mesafe 1 cm'dir. Dikiş ipliği olarak Kevlar 129 ve E-cam kullanılmıştır. Tablo 2.3'te, el dikişli önşekillerde kullanılan dikiş ipliklerinin özellikleri verilmiştir.

Lif türü	Lif çapı (µm)	Lif yoğunluğu (g/cm ³)	Çekme dayanımı (GPa)	Çekme modülü (GPa)	Kopma uzaması (%)	İplik lineer yoğunluğu (tex)		
Kevlar 129	12	1.45	3.4	99	3.3	110		
E- cam	13.66	2.56	3.5	76	4.8	600		
^a K: TOW'da 100 filament.								

Tablo 2.3. El dikişli önşekillerde kullanılan dikiş ipliklerinin özellikleri.

Geliştirilen tüm önşekillerin boyutu; 35×35 cm'dir.

2.3. Kompozit Üretimi Deney Planı

Tablo 2.4'te, üretilen kompozit yapılar, yapı numarası ve test kodu belirtilerek tanımlanmıştır.

Kompozit yapı no	Kod	Kumaş	Үарі	Kumaş kat sayısı	Kumaş oryantasyonu (°)	Dikiş ipliği	Dikiş yönü	Nano/mikro madde tipi ve oranı (%)
T2-a	26	E-cam 2400 tex	Dikişsiz/nano	4	0/90	-	-	Silika (2.5)
Т2-b	16	E-cam 2400 tex	Dikişsiz/nano	4	0/90	-	-	Silika (5)
T2-c	21	E-cam 2400 tex	Dikişsiz/nano	4	0/90	-	-	Silika (7.5)
LS-1	124	E-cam 600 tex	Dikişsiz	8	0/90	-	-	-
LS-2	125	E-cam 600 tex	El dikişli	8	0/90	Kevlar 129	tek	-
LS-3	126	E-cam 600 tex	El dikişli	8	0/90	Kevlar 129	iki	-
LS-4	127	E-cam 600 tex	El dikişli	8	0/90	Kevlar 129	dört	-
LS-5	128	E-cam 600 tex	El dikişli	8	0/90	E-cam	tek	-
LS-6	129	E-cam 600 tex	El dikişli	8	0/90	E-cam	iki	-
LS-7	130	E-cam 600 tex	El dikişli	8	0/90	E-cam	dört	-

Tablo 2.4. Üretilen kompozit yapıların tanımlanması.

2.4. Önşekillerin Görüntü Analizi

2.4.1. Dikişsiz/Nano-Silika Önşekiller

Şekil 2.2'de, 2400 tex E-cam dikişsiz önşekil numunesine yüzey görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2.2. 2400 tex E-cam dikişsiz önşekil [T2-a, T2-b, T2-c].

2.4.2. Dikişsiz Önşekiller

Şekil 2.3'te, 600 tex E-cam dikişsiz önşekil numunesine ait yüzey görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2.3. 600 tex E-cam dikişsiz önşekil [LS-1].

2.4.3. El Dikişli Önşekiller

Şekil 2.4'te, 600 tex E-cam tek yön, iki yön ve dört yön el dikişli (Kevlar 129 dikiş ipliği) önşekillere yüzey görüntüleri verilmiştir.





Şekil 2.4. 600 tex E-cam el dikişli (Kevlar 129 dikiş ipliği) önşekil, (a); tek yön [LS-2], (b); iki yön [LS-3], (c); dört yön [LS-4].

Şekil 2.5'te, 600 tex E-cam tek yön, iki yön ve dört yön el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) önşekillere ait yüzey görüntüleri verilmiştir.





Şekil 2.5. 600 tex E-cam el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) önşekil, (a); tek yön [LS-5], (b); iki yön [LS-6], (c); dört yön [LS-7].

2.5. Kompozit Yapıların Üretimi

Geliştirilen önşekiller, VARTM (Vacuum Assisted Resin Transfer Moulding) metodu kullanılarak kompozit yapılar haline getirilmiştir. Çalışma kapsamında polyester reçine (Crystic 703PA, Scott Bader, İngiltere) kullanılmıştır. Üretilen ve dolgu maddesi içermeyen tüm yapılarda ağırlıkça %2 oranında sertleştirici (MEKP) kullanılmıştır.

2.5.1. Nano-Silika

Kullanılan silika (ürün kodu: 637238, Sigma-Aldrich), amorf yapıda ve nano parçacık boyutundadır [156]. Tablo 2.5'te, toz haldeki nano-silikanın özellikleri verilmiştir.

	Yoğunluk	Çekme dayanımı	Çekme modülü	Erime sıcaklığı	Ölçülen Parçacık boyutu	Molekül ağırlığı	Saflık	Yüzey alanı
	(g/cm^3)	(GPa)	(GPa)	(C°)	(nm/µm)	(g/mol)	(%)	(m^2/g)
Nano Madde (S	Sigma-Aldric	h, Germany)						
Silica	2226	0.11	72	>1600	30.80±8.6	60.1	00.5	140-
(nano küre)	2.2-2.0	0.11	15	~1000	(nm)	00.1	77.5	180

Tablo 2.5. Toz haldeki nano-silikanın özellikleri.

Silika, doğada kumtaşı, kum veya kuvars biçimde bulunmaktadır. Silika, silikat camlarının ve seramiklerin başlangıç maddesidir ve yeryüzünde en çok bulunan oksit maddedir. Amorf veya çeşitli kristal formlarda bulunabilir. Genellikle, kristal olmayan oksidasyon ürünü olarak silikon veya silikon bileşikleri şeklinde oluşmaktadır. Silikanın, kuvars, tridimit ve kristobalit olmak üzere üç farklı kristalin formu bulunmaktadır. Kristal olmayan formu ise yüksek saflık derecesinde (yaklaşık olarak 99.4–99.9% SiO₂) silika içeren amorf silika türüdür (fused silica). Bu tür silika, iyi dielektrik ve yalıtım özelliklerinden dolayı, elektronik endüstrisinde

yaygın olarak kullanılmaktadır. Silika, çok iyi aşınma dayanımı, elektriksel yalıtım, yüksek termal stabilite özelliklerine sahiptir ve hidrojen florür (HF) hariç, diğer tüm asitler içinde çözünme göstermez [157]. Silika, cam üretiminde hammadde olarak kullanılmaktadır. Cam; silika, kalsiyum oksit ve sodanın karışımı ile üretilmektedir. Silikanın öğütülerek spesifik parçacık boyutlarına getirilebilmesi, dolgu maddesi olarak kullanılmasına olanak vermiştir. Mikro silika (silica fume), silikon metal alaşımlarının üretiminde yan üründür. Mikro silikanın en çok kullanıldığı alan beton takviyesidir. Mikro silika ilavesiyle daha dayanıklı ve uzun ömürlü beton elde etmek mümkündür [157]. Şekil 2.6'da, nano-silika maddesinin toz halindeki SEM görüntüleri farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.



Şekil 2.6. Toz halindeki nano-silika maddesinin SEM görüntüleri, (a); × 25.000, (b); × 50.000, (c); × 100.000, (d); × 160.000.

2.5.2. Dolgulu Kompozit Yapı Üretimi

Nano- silika oranları reçinenin ağırlıkça %2.5, %5 ve %7.5 olarak belirlenmiştir. Dolgu maddesi ilave edilmeksizin hazırlanan polyester reçinede sadece ağırlıkça %2 oranında sertleştirici (MEKP) kullanılmıştır. Ancak, dolgu maddesinin ilavesi ile birlikte uygulanan karıştırma işlemi, yol açtığı güçlü kayma kuvvetlerinden dolayı polyester reçinede ısınmaya ve polyester reçinenin ihtiva ettiği stiren miktarında, belirlenemeyen bir eksilmeye neden olmuştur. Bunun sonucu olarak, dolgu maddesi ilave edilen polyester reçine, ağırlıkça %2 sertleştirici ilavesi ile uygun jelleşme özelliği göstermemiştir. Nano-silikanın polyester reçineye ilavesi ve karıştırma işlemlerinden sonra sertleştirici (MEKP) ve hızlandırıcı (CoNAP) ilavelerine bağlı olarak jelleşme süreleri deneysel olarak belirlenmiştir. Tablo 2.6'da, nano-silikanın polyester reçine ile karıştırılmasında kullanılan çalışma koşulları verilmiştir.

Dolan	Dolgu	Sertleştirici (MEKP)	Hızlandırıcı (CoNAP)	Karıştırm	a koşulları	Lallagma
maddesi	maddesi			Mekanik karistirma	Ultrasonik karıstırma	süresi
Silika (nano)	%2.5	%4	%0.3	2 dak.	5 dak.	40 dak
	%5					60 dak.
	%7.5			20.000 rpm	23°C	90 dak.

Tablo 2.6. Nano-silikanın polyester reçine ile karıştırılmasında kullanılan çalışma koşulları.

2.6. Kompozit Görüntü Analizi

2.6.1. Dikişsiz/Nano-Silika Kompozit Yapılar

Şekil 2.7'de, 2400 tex E-cam/Dolgulu polyester dikişsiz %2.5, %5 ve %7.5 nano-silika kompozit yapılara ait yüzey görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2.7. 2400 tex E-cam/Polyester dikişsiz/nano-silika kompozit yapı, (a); %2.5 [T2-a], (b); %5 [T2-b], (c); %7.5 [T2-c].

2.6.2. Dikişsiz Kompozit Yapılar

Şekil 2.8'de, 600 tex E-cam/Polyester dikişsiz kompozit yapıya ait yüzey görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2.8. 600 tex E-cam/Polyester dikişsiz kompozit yapı [LS-1].

2.6.3. El Dikişli Kompozit Yapılar

Şekil 2.9'da, 600 tex E-cam/Polyester tek yön, iki yön ve dört yön el dikişli (Kevlar 129 dikiş ipliği) kompozit yapılara ait yüzey görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2.9. 600 tex E-cam/Polyester dört yön el dikişli (Kevlar 129 dikiş ipliği) kompozit yapı, (a); tek yön [LS-2], (b); iki yön [LS-3], (c); dört yön [LS-4].

Şekil 2.10'da, 600 tex E-cam/Polyester tek yön, iki yön ve dört yön el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozit yapılara ait yüzey görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2.10. 600 tex E-cam/Polyester el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozit yapı, (a); tek yön [LS-5], (b); iki yön [LS-6], (c); dört yön [LS-7].

2.7. Mikroskobik Görüntü Analizi

2.7.1. Dikişsiz/Nano-Silika Kompozit Yapılar

Şekil 2.11'de 2400 tex E-cam/Dolgulu polyester dikişsiz %2.5 nano-silika kompozit yapıya ait mikroskobik yüzey ve kesit görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2.11. 2400 tex E-cam/Dolgulu polyester dikişsiz %2.5-nano-silika kompozit yapının mikroskobik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesitçözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü (×6.7) [T2-a].

Şekil 2.12'de 2400 tex E-cam/Dolgulu polyester dikişsiz %5 nano-silika kompozit yapıya ait mikroskobik yüzey ve kesit görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2.12. 2400 tex E-cam/Dolgulu polyester dikişsiz %5-nano-silika kompozit yapının mikroskobik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesitçözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü (×6.7) [T2-b].

Şekil 2.13'te 2400 tex E-cam/Dolgulu polyester dikişsiz %7.5 nano-silika kompozit yapıya ait mikroskobik yüzey ve kesit görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2.13. 2400 tex E-cam/Dolgulu polyester dikişsiz %7.5-nano-silika kompozit yapının mikroskobik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesitçözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü (×6.7) [T2-c].

2.7.2. Dikişsiz Kompozit Yapılar

Şekil 2.14'te, 600 tex E-cam/Polyester dikişsiz kompozit yapıya ait mikroskobik yüzey ve kesit görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2.14. 600 tex E-cam/Polyester dikişsiz kompozit yapının mikroskobik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesit- çözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü (×6.7) [LS-1].

2.7.3. El Dikişli Kompozit Yapılar

Şekil 2.15'te, 600 tex E-cam/Polyester tek yön el dikişli (Kevlar 129 dikiş ipliği) kompozit yapıya ait mikroskobik yüzey ve kesit görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2.15. 600 tex E-cam/Polyester tek yön el dikişli (Kevlar 129 dikiş ipliği) kompozit yapının mikroskobik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesitçözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü (×6.7) [LS-2].

Şekil 2.16'da, 600 tex E-cam/Polyester iki yön el dikişli (Kevlar 129 dikiş ipliği) kompozit yapıya ait mikroskobik yüzey ve kesit görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2.16. 600 tex E-cam/Polyester iki yön el dikişli (Kevlar 129 dikiş ipliği) kompozit yapının mikroskobik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesitçözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü (×6.7) [LS-3].

Şekil 2.17'de, 600 tex E-cam/Polyester dört yön el dikişli (Kevlar 129 dikiş ipliği) kompozit yapıya ait mikroskobik yüzey ve kesit görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2.17. 600 tex E-cam/Polyester dört yön el dikişli (Kevlar 129 dikiş ipliği) kompozit yapının mikroskobik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesitçözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü (×6.7) [LS-4].

Şekil 2.18'de, 600 tex E-cam/Polyester tek yön el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozit yapıya ait mikroskobik yüzey ve kesit görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2.18. 600 tex E-cam/Polyester tek yön el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozit yapının mikroskobik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesitçözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü (×6.7) [LS-5].

Şekil 2.19'da, 600 tex E-cam/Polyester iki yön el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozit yapıya ait mikroskobik yüzey ve kesit görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2.19. 600 tex E-cam/Polyester iki yön el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozit yapının mikroskobik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesitçözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü (×6.7) [LS-6].

Şekil 2.20'de, 600 tex E-cam/Polyester dört yön el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozit yapıya ait mikroskobik yüzey ve kesit görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2.20. 600 tex E-cam/Polyester dört yön el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozit yapının mikroskobik görüntüsü, (a); ön-yüz, (b); arka-yüz, (c); kesitçözgü yönü, (d); kesit- atkı yönü (×6.7) [LS-7].

2.8. Kompozitlere Uygulanan Testler

Geliştirilen önşekillerden elde edilen kompozit yapılara uygulanan testler, kullanılan test standartları ve numune boyutları, Tablo 2.7'de verilmiştir.

	Uygulanan Test	Standart	Numune Boyutları
1	Kompozit kalınlığı testi	-	-
2	Kompozit yoğunluğu testi	ASTM D 792-91	$30 \times 30 \text{ mm}$
3	Lif hacminin tayini	ASTM D3171-99	$30 \times 30 \text{ mm}$
4	Kompozitteki boşluk miktarının tayini	ASTM D 2734-91	-
5	Eğilme dayanımı testi	ASTM D 790-90	Dikişsiz: 25 × 60 mm Dikişli: 25 × 80 mm
6	Katlararası ayrılma dayanımı (Short Beam Strength)	ASTM D 2344	$20 \times 25 \text{ mm}$
7	SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) analizi	-	_

Tablo 2.7. Kompozit yapılara uygulanan testler, kullanılan test standartları ve numune boyutları.

2.8.1. Mekanik Testler

2.8.1.1. Eğilme Dayanımı Testi

Kompozit yapıların eğilme dayanımı özellikleri ASTM D790-90 standardına uygun olarak belirlenmiştir. Eğilme dayanımı testi, Erciyes Üniversitesi Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi'ndeki (TAUM), Shimadzu AG-XD 50 model cihaz kullanılarak yapılmıştır. ASTM D790-90 standardında yer alan Test Metodu I'e göre 3-nokta eğilme testi gerçekleştirilmiştir. Buna göre, farklı destek mesafesi/kalınlık oranı ile oluşturulmuş tablolardan, mevcut tez çalışmasına uygun olarak 16/1'lik destek mesafesi/kalınlık oranı esas alınmıştır.

Dikşsiz/Nano-Silika Dolgulu Kompozit Yapılar

Tablo 2.8'de 2400 tex E-cam/Dolgulu polyester dikişsiz nano-silika kompozit yapıların eğilme dayanımı testi numune boyutları verilmiştir.

Test yönü	Kodlamalar	Kodlamalar Kalınlık L × d Boyutları (mm) (mm) En × Boy (mm) (mm) (mm)		Destek mesafesi (mm)	Test hızı (mm/dak.)				
2400 TEX- DİKİŞSİZ \rightarrow %2.5 Silika (nano) [T2-a]									
	26-BW-1	2.646	42.332	25×60	40	1.0			
Çözgü	26-BW-2	2.646	42.332	25×60	40	1.0			
	26-BW-3	2.646	42.332	25×60	40	1.0			
	26-BF-1	2.646	42.332	25×60	40	1.0			
Atkı	26-BF-2	2.646	42.332	25×60	40	1.0			
	26-BF-3	2.646	42.332	25×60	40	1.0			
2400 TEX- I	DİKİŞSİZ → %5	5 Silika (nano) [T2-b]						
	16-BW-1	2.502	40.024	25×60	40	1.0			
Çözgü	16-BW-2	2.502	40.024	25×60	40	1.0			
	16-BW-3	2.502	40.024	25×60	40	1.0			
	16-BF-1	2.502	40.024	25×60	40	1.0			
Atkı	16-BF-2	2.502	40.024	25×60	40	1.0			
	16-BF-3	2.502	40.024	25×60	40	1.0			
2400 TEX- I	DİKİŞSİZ → %7	7.5 Silika (nai	no) [T2-c]						
	21-BW-1	2.434	38.952	25×60	40	1.0			
Çözgü	21-BW-2	2.434	38.952	25×60	40	1.0			
	21-BW-3	2.434	38.952	25×60	40	1.0			
	21-BF-1	2.434	38.952	25×60	40	1.0			
Atkı	21-BF-2	2.434	38.952	25×60	40	1.0			
	21-BF-3	2.434	38.952	25×60	40	1.0			

Tablo 2.8. 2400 tex E-cam/Dolgulu polyester dikişsiz nano-silika kompozitlerin eğilme dayanımı testi numune boyutları.

Dikişsiz Kompozit Yapılar

Tablo 2.9'da 600 tex E-cam/Polyester dikişsiz kompozit yapıların eğilme dayanımı testi numune boyutları verilmiştir.

Test yönü	Kodlamalar	Kalınlık (mm)	L×d (mm)	Numune Boyutları En × Boy (mm)	Destek mesafesi (mm)	Test hızı (mm/dak.)			
600 TEX -[0/90°]- DİKİŞSİZ [LS-1]									
	124-BW-1	1.758	28.128	25×60	40	1.0			
Çözgü	124-BW-2	1.758	28.128	25×60	40	1.0			
	124-BW-3	1.758	28.128	25×60	40	1.0			
	124-BF-1	1.758	28.128	25×60	40	1.0			
Atkı	124-BF-2	1.758	28.128	25×60	40	1.0			
	124-BF-3	1.758	28.128	25×60	40	1.0			

Tablo 2.9. 600 tex E-cam/Polyester dikişsiz kompozitlerin eğilme dayanımı testi numune boyutları.

Tablo 2.10'da 600 tex E-cam/Polyester el dikişli (Kevlar 129 dikiş ipliği) kompozit yapıların eğilme dayanımı testi numune boyutları verilmiştir. Tablo 2.11'de 600 tex E-cam/Polyester el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozit yapıların eğilme dayanımı testi numune boyutları verilmiştir.

Test yönü	Kodlamalar	Kalınlık (mm)	L×d (mm)	Numune Boyutları En × Boy (mm)	Destek mesafesi (mm)	Test hızı (mm/dak.)				
600 TEX- EL DİKİŞLİ→ KEVLAR 129- TEK YÖN [LS-2]										
125-BW-1 1.947 31.152 25×60 40 1.0										
Çözgü	125-BW-2	1.947	31.152	25×60	40	1.0				
	125-BW-3	1.947	31.152	25×60	40	1.0				
	125-BF-1	1.947	31.152	25×60	40	1.0				
Atkı	125-BF-2	1.947	31.152	25×60	40	1.0				
	125-BF-3	1.947	31.152	25×60	40	1.0				
600 TEX- EI	L DİKİŞLİ→ KI	EVLAR 129-	İKİ YÖN	[LS-3]						
	126-BW-1	2.065	33.044	25×60	40	1.0				
Çözgü	126-BW-2	2.065	33.044	25×60	40	1.0				
	126-BW-3	2.065	33.044	25×60	40	1.0				
	126-BF-1	2.065	33.044	25×60	40	1.0				
Atkı	126-BF-2	2.065	33.044	25×60	40	1.0				
	126-BF-3	2.065	33.044	25×60	40	1.0				
600 TEX- EI	L DİKİŞLİ→ KI	EVLAR 129-	<u>DÖRT YÖ</u>	N [LS-4]						
	127-BW-1	2.136	34.168	25×60	40	1.0				
Çözgü	127-BW-2	2.136	34.168	25×60	40	1.0				
	127-BW-3	2.136	34.168	25×60	40	1.0				
	127-BF-1	2.136	34.168	25×60	40	1.0				
Atkı	127-BF-2	2.136	34.168	25 × 60	40	1.0				
	127-BF-3	2.136	34.168	25 × 60	40	1.0				

Tablo 2.10. 600 tex E-cam/Polyester el dikişli (Kevlar 129 dikiş ipliği) kompozitlerin eğilme dayanımı testi numune boyutları.

Tablo 2.11. 600 tex E-cam/Polyester el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozitlerin eğilme dayanımı testi numune boyutları.

Test yönü	Kodlamalar	Kalınlık (mm)	L×d (mm)	Numune Boyutları En × Boy (mm)	Destek mesafesi (mm)	Test hızı (mm/dak.)			
600 TEX- EL DİKİŞLİ→ E-CAM 600 TEX - TEK YÖN [LS-5]									
	128-BW-1	2.218	35.484	25×60	40	1.0			
Çözgü	128-BW-2	2.218	35.484	25×60	40	1.0			
	128-BW-3	2.218	35.484	25×60	40	1.0			
	128-BF-1	2.218	35.484	25×60	40	1.0			
Atkı	128-BF-2	2.218	35.484	25×60	40	1.0			
	128-BF-3	2.218	35.484	25×60	40	1.0			

600 TEX- EL DİKİŞLİ→ E-CAM 600 TEX - İKİ YÖN [LS-6]								
	129-BW-1	2.073	33.164	25×60	40	1.0		
Çözgü	129-BW-2	2.073	33.164	25×60	40	1.0		
	129-BW-3	2.073	33.164	25×60	40	1.0		
Atkı	129-BF-1	2.073	33.164	25×60	40	1.0		
	129-BF-2	2.073	33.164	25×60	40	1.0		
	129-BF-3	2.073	33.164	25×60	40	1.0		
600 TEX- EI	L DİKİŞLİ→ E-(CAM 600 TE	X - DÖRT	YÖN [LS-7]				
	130-BW-1	2.377	38.032	25×60	40	1.0		
Çözgü	130-BW-2	2.377	38.032	25×60	40	1.0		
	130-BW-3	2.377	38.032	25×60	40	1.0		
	130-BF-1	2.377	38.032	25×60	40	1.0		
Atkı	130-BF-2	2.377	38.032	25×60	40	1.0		
	130-BF-3	2.377	38.032	25×60	40	1.0		

2.8.1.2. Katlararası Ayrılma Dayanımı (Short Beam Strength)

Kompozit yapıların katlararası ayrılma dayanımı özellikleri ASTM D2344 standardına uygun olarak belirlenmiştir. Katlararası ayrılma dayanımı testi, Erciyes Üniversitesi Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi'ndeki (TAUM), Shimadzu AG-XD 50 model cihaz kullanılarak yapılmıştır. Test numunesi, destek mesafesi/ kalınlık oranı 4/1 olacak biçimde, oldukça küçük bir destek mesafesi ile 3- nokta eğme prensibine göre yüke maruz bırakılmaktadır. Bu test metodunda, destek mesafesi/ kalınlık oranı çok düşük olduğundan, uzama değerinin ölçümü mümkün değildir. Bu sebeple, modül hesaplanamamaktadır.

Katlararası ayrılma dayanımını hesaplamak için aşağıdaki formül (26) kullanılmıştır.

$$F^{sbs} = \times \overset{D}{\underset{b\times}{}}$$
(26)

Burada;

 F^{sbs} : Katlararası ayrılma dayanımı, MPa

 P_m : Maksimum kuvvet, N

b : Numune eni, mm

h : Numune kalınlığı, mm

Dikişsiz Kompozit Yapılar

Tablo 2.12'de 600 tex E-cam/Polyester dikişsiz kompozit yapıların katlararası ayrılma dayanımı testi numune boyutları verilmiştir.

Test yönü	Kodlamalar	Kalınlık (mm)	Numune Boyutları En × Boy (mm)	Destek mesafesi (mm)	Test hızı (mm/dak.)			
600 TEX -[0/	600 TEX -[0/90°]- DİKİŞSİZ [LS-1]							
	124-BW-1	1.758	25.4×20	18	1.0			
Çözgü	124-BW-2	1.758	25.4×20	18	1.0			
	124-BW-3	1.758	25.4×20	18	1.0			
	124-BF-1	1.758	25.4×20	18	1.0			
Atkı	124-BF-2	1.758	25.4×20	18	1.0			
	124-BF-3	1.758	25.4×20	18	1.0			

Tablo 2.12. 600 tex E-cam/Polyester dikişsiz kompozitlerin katlararası ayrılma dayanımı testi numune boyutları.

El Dikişli Kompozit Yapılar

Tablo 2.13'te 600 tex E-cam/Polyester el dikişli (Kevlar 129 dikiş ipliği) kompozit yapıların katlararası ayrılma dayanımı testi numune boyutları verilmiştir. Tablo 2.14'te 600 tex E-cam/Polyester el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozit yapıların katlararası ayrılma dayanımı testi numune boyutları verilmiştir.

Tablo 2.13. 600 tex E-cam/Polyester el dikişli (Kevlar 129 dikiş ipliği) kompozitlerin katlararası ayrılma dayanımı testi numune boyutları.

Test yönü	Kodlamalar	Kalınlık (mm)	Numune Boyutları En × Boy (mm)	Destek mesafesi (mm)	Test hızı (mm/dak.)			
600 TEX- EL DİKİŞLİ→ KEVLAR 129- TEK YÖN [LS-2]								
	125-BW-1	1.947	25.4×20	18	1.0			
Çözgü	125-BW-2	1.947	25.4×20	18	1.0			
	125-BW-3	1.947	25.4×20	18	1.0			
	125-BF-1	1.947	25.4×20	18	1.0			
Atkı	125-BF-2	1.947	25.4×20	18	1.0			
	125-BF-3	1.947	25.4×20	18	1.0			
600 TEX- EI	600 TEX- EL DİKİŞLİ→ KEVLAR 129- İKİ YÖN [LS-3]							
	126-BW-1	2.065	25.4×20	18	1.0			
Çözgü	126-BW-2	2.065	25.4×20	18	1.0			
	126-BW-3	2.065	25.4×20	18	1.0			
	126-BF-1	2.065	25.4×20	18	1.0			
Atkı	126-BF-2	2.065	25.4×20	18	1.0			
	126-BF-3	2.065	25.4×20	18	1.0			
600 TEX- EI	L DİKİŞLİ→ KI	EVLAR 129-1	DÖRT YÖN [I	LS-4]				
	127-BW-1	2.136	25.4×20	18	1.0			
Çözgü	127-BW-2	2.136	25.4×20	18	1.0			
	127-BW-3	2.136	25.4×20	18	1.0			
	127-BF-1	2.136	25.4×20	18	1.0			
Atkı	127-BF-2	2.136	25.4×20	18	1.0			
	127-BF-3	2.136	25.4×20	18	1.0			

Test yönü	Kodlamalar	Kalınlık (mm)	Numune Boyutları En × Boy (mm)	Destek mesafesi (mm)	Test hızı (mm/dak.)				
600 TEX- EI	600 TEX- EL DİKİŞLİ→ E-CAM 600 TEX - TEK YÖN [LS-5]								
	128-BW-1	2.218	25.4×20	18	1.0				
Çözgü	128-BW-2	2.218	25.4×20	18	1.0				
	128-BW-3	2.218	25.4×20	18	1.0				
	128-BF-1	2.218	25.4×20	18	1.0				
Atkı	128-BF-2	2.218	25.4×20	18	1.0				
	128-BF-3	2.218	25.4×20	18	1.0				
600 TEX- EI	600 TEX- EL DİKİŞLİ→ E-CAM 600 TEX - İKİ YÖN [LS-6]								
	129-BW-1	2.073	25.4×20	18	1.0				
Çözgü	129-BW-2	2.073	25.4×20	18	1.0				
	129-BW-3	2.073	25.4×20	18	1.0				
	129-BF-1	2.073	25.4×20	18	1.0				
Atkı	129-BF-2	2.073	25.4×20	18	1.0				
	129-BF-3	2.073	25.4×20	18	1.0				
600 TEX- EI	L DİKİŞLİ→ E-(CAM 600 TE	X - DÖRT YÖ	N [LS-7]					
	130-BW-1	2.377	25.4×20	18	1.0				
Çözgü	130-BW-2	2.377	25.4×20	18	1.0				
	130-BW-3	2.377	25.4×20	18	1.0				
	130-BF-1	2.377	25.4×20	18	1.0				
Atkı	130-BF-2	2.377	25.4×20	18	1.0				
	130-BF-3	2.377	25.4×20	18	1.0				

Tablo 2.14. 600 tex E-cam/Polyester el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozitlerin katlararası ayrılma dayanımı testi numune boyutları.

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Kompozit Yoğunlukları ve Lif Hacmi

3.1.1. Dikişsiz/Nano-Silika Kompozit Yapılar

Tablo 3.1'de, 2400 tex E-cam/Dolgulu polyester dikişsiz nano-silika kompozit yapıların yoğunluk ve lif hacmi değerleri verilmiştir.

	Yoğu	ınluk							
	Teorik	Ölçülen	Тор	olam	L	if	Dikiş	ipliği	Boşluk miktarı
Kod	yoğunluk	yoğunluk	()	<u>/o)</u>	(%	<u>(0)</u>	(%	<u>(0)</u>	IIIKtall
	T_d	M_d	Ağırlık	Hacim	Ağırlık	Hacim	Ağırlık	Hacim	
	(g/cm^3)	(g/cm ³)	esaslı	esaslı	esaslı	esaslı	esaslı	esaslı	(%)
2400 TEX-	DİKİŞSİZ →	%2.5 Silika (nano) [T2	-a]					
Ortalama	1.996	1.949	74.162	56.232	-	-	-	-	2.360
S.Sapma	0.013	0.016	0.760	0.899	-	-	-	-	0.731
% CV	0.657	0.814	1.025	1.599	-	-	-	-	30.969
2400 TEX-	DİKİŞSİZ →	%5 Silika (na	ano) [T2-b	9					
Ortalama	2.024	1.806	74.717	52.400	-	-	-	-	10.266
S.Sapma	0.156	0.052	8.870	4.757	-	-	-	-	9.295
% CV	7.703	2.872	11.871	9.079	-	-	-	-	90.542
2400 TEX-	DİKİŞSİZ →	%7.5 Silika (nano) [T2	-c]					
Ortalama	2.050	1.869	75.998	55.256	-	-	-	-	8.728
S.Sapma	0.085	0.010	4.890	3.278	-	-	-	-	4.233
% CV	4.142	0.535	6.435	5.933	-	-	-	-	48.494

Tablo 3.1. 2400 tex E-cam/Dolgulu polyester dikişsiz nano-silika kompozit yapıların yoğunluk ve lif hacmi değerleri.

3.1.2. Dikişsiz Kompozit Yapılar

Tablo 3.2'de, 600 tex E-cam/Polyester dikişsiz kompozit yapıların yoğunluk ve lif hacmi değerleri verilmiştir.

Tablo 3.2.	600 tex E	E-cam/Polyester	dikişsiz	kompozit	yapıların	yoğunluk	ve lif l	nacmi
	değerleri.							

	Yoğu	nluk							
	Teorik	Ölçülen	Тор	olam	L	if	Dikiş ipliği		Boşluk
Kod	yoğunluk	yoğunluk	(%)		(%)		(%)		miktari
	T_d	M_d	Ağırlık	Hacim	Ağırlık	Hacim	Ağırlık	Hacim	
	(g/cm ³)	(g/cm ³)	esaslı	esaslı	esaslı	esaslı	esaslı	esaslı	(%)
600 TEX -[0/90°] - DİKİ Ş	SIZ [LS-1]			•				•
Ortalama	2.044	1.985	77.478	59.857	-	-	-	-	2.894
S.Sapma	0.012	0.055	0.636	1.995	-	-	-	-	2.367
% CV	0.578	2.755	0.821	3.333	-	-	-	-	81.788

3.1.3. El Dikişli Kompozit Yapılar

Tablo 3.3'te, 600 tex E-cam/Polyester el dikişli (Kevlar 129 dikiş ipliği) kompozit yapıların yoğunluk ve lif hacmi değerleri verilmiştir.

Tablo 3.3. 600 tex E-cam/Polyester el dikişli (Kevlar 129 dikiş ipliği) kompozit yapıların yoğunluk ve lif hacmi değerleri.

	Yoğu	ınluk			Lif h	acmi			
	Teorik	Ölçülen	Тор	olam	Lif		Dikiş	ipliği	Boşluk
Kod	yoğunluk	yoğunluk	(%	(%)		(%)		(%)	
	T_d	M_d	Ağırlık	Hacim	Ağırlık	Hacim	Ağırlık	Hacim	(0)
	(g/cm³)	(g/cm³)	esaslı	esaslı	esaslı	esaslı	esaslı	esaslı	(%)
600 TEX- E	L DİKİŞLİ→	KEVLAR 12	29- TEK Y	ÖN [LS-2	2]	•	•	•	
Ortalama	1.999	1.966	75.408	57.694	74.995	57.378	0.412	0.316	1.649
S.Sapma	0.004	0.010	0.238	0.227	0.237	0.226	0.001	0.001	0.647
% CV	0.211	0.506	0.316	0.393	0.316	0.393	0.316	0.393	39.253
600 TEX- E	L DİKİŞLİ→	KEVLAR 12	29- İKİ Y(ÖN [LS-3]					
Ortalama	2.010	1.929	76.416	57.367	75.584	56.743	0.831	0.624	4.000
S.Sapma	0.004	0.010	0.245	0.275	0.242	0.272	0.003	0.003	0.619
% CV	0.216	0.521	0.320	0.479	0.320	0.479	0.320	0.479	15.469
600 TEX- E	L DİKİŞLİ→	KEVLAR 12	29- DÖRT	YÖN [LS	5-4]				
Ortalama	1.965	1.868	74.954	54.492	73.055	53.111	1.899	1.381	4.933
S.Sapma	0.003	0.013	0.156	0.273	0.152	0.266	0.004	0.007	0.799
% CV	0.133	0.708	0.208	0.500	0.208	0.500	0.208	0.500	16.195

Tablo 3.4'te, 600 tex E-cam/Polyester el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozit yapıların yoğunluk ve lif hacmi değerleri verilmiştir.

	Yoğu	ınluk			Lif h	acmi			
	Teorik	Ölçülen	Тор	olam	L	if	Dikiş	ipliği	Boşluk
Kod	yoğunluk	yoğunluk	(%)		(%)		(%)		miktari
	T_d	M_d	Ağırlık	Hacim	Ağırlık	Hacim	Ağırlık	Hacim	(0)
	(g/cm^3)	(g/cm^3)	esaslı	esaslı	esaslı	esaslı	esaslı	esaslı	(%)
600 TEX- F	EL DİKİŞLİ→	E-CAM 600	TEX - TE	EK YÖN [LS-5]				
Ortalama	2.035	1.945	76.954	58.227	74.691	56.515	2.262	1.712	4.427
S.Sapma	0.001	0.006	0.070	0.152	0.068	0.147	0.002	0.004	0.310
% CV	0.063	0.290	0.091	0.260	0.091	0.260	0.091	0.260	7.007
600 TEX- E	EL DİKİŞLİ→	• E-CAM 600	TEX - İK	İ YÖN [L	S-6]				
Ortalama	2.033	1.879	76.890	56.226	72.507	53.021	4.383	3.205	7.578
S.Sapma	0.003	0.035	0.181	0.975	0.171	0.920	0.010	0.056	1.793
% CV	0.164	1.848	0.235	1.734	0.235	1.734	0.235	1.734	23.662
600 TEX- E	EL DİKİŞLİ→	• E-CAM 600	TEX - DĊ	ÖRT YÖN	[LS-7]				
Ortalama	1.979	1.908	73.837	54.833	64.570	47.951	9.267	6.881	3.559
S.Sapma	0.003	0.031	0.162	0.986	0.141	0.862	0.020	0.124	1.454
% CV	0.142	1.619	0.219	1.797	0.219	1.797	0.219	1.797	40.858

Tablo 3.4. 600 tex E-cam/Polyester el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozit yapıların yoğunluk ve lif hacmi değerleri.

3.2. Eğilme Dayanımı Test Sonuçları

3.2.1. Dikişsiz/Nano-Silika Kompozit Yapılar

Tablo 3.5'te, 2400 tex E-cam/Dolgulu polyester dikişsiz nano-silika kompozit yapıların eğilme dayanımı test sonuçları verilmiştir.

Test yönü	Kodlamalar	Kuvvet (N)	Uzama (mm)	Eğilme dayanımı (MPa)	Uzama (%)	Eğilme modülü (GPa)
2400 TEX	- DİKİŞSİZ → 9	%2.5 Silika (na	ano) [T2-a]			
Çözgü	Ortalama	1075.41	3.32	368.64	3.29	14.33
	S.Sapma	49.51	0.33	16.97	0.33	0.89
	% CV	4.60	9.93	4.60	9.93	6.23
	Ortalama	796.62	2.99	278.74	2.96	12.22
	S.Sapma	141.38	0.94	54.04	0.93	2.19
Akı	% CV	17.75	31.37	19.39	31.37	17.94
2400 TEX	- DİKİŞSİZ → 9	%5 Silika (nan	o) [T2-b]			
Çözgü	Ortalama	902.95	2.48	346.18	2.33	16.23
	S.Sapma	81.97	0.27	31.43	0.25	1.40
	% CV	9.08	10.69	9.08	10.69	8.65
	Ortalama	899.82	2.67	344.98	2.51	15.50
	S.Sapma	89.54	0.25	34.33	0.23	0.45
Atkı	% CV	9.95	9.25	9.95	9.25	2.92
2400 TEX	- DİKİŞSİZ → 9	%7.5 Silika (na	ano) [T2-c]			

Tablo 3.5. 2400 tex E-cam/Dolgulu polyester dikişsiz nano-silika kompozitlerin eğilme dayanımı test sonuçları.

Çözgü	Ortalama	1167.25	3.20	472.86	2.92	17.70
	S.Sapma	83.36	0.17	33.77	0.16	0.77
	% CV	7.14	5.33	7.14	5.33	4.33
	Ortalama	925.43	3.05	374.90	2.78	15.35
A +121	S.Sapma	145.07	0.27	58.77	0.25	0.87
AIKI	% CV	15.68	8.82	15.68	8.82	5.69

Şekil 3.1 ve Şekil 3.2'de, 2400 tex E-cam/Dolgulu polyester dikişsiz %2.5-nano-silika kompozit yapıların eğilme testi kuvvet- uzama ve dayanım- uzama grafikleri verilmiştir.



Şekil 3.1. 2400 tex E-cam/Dolgulu polyester dikişsiz %2.5-nano-silika kompozitlerin eğilme testi kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T2-a].



Şekil 3.2. 2400 tex E-cam/Dolgulu polyester dikişsiz %2.5-nano-silika kompozitlerin eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T2-a].

Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'te, 2400 tex E-cam/Dolgulu polyester dikişsiz %5-nano-silika kompozit yapıların eğilme testi kuvvet- uzama ve dayanım- uzama grafikleri verilmiştir.



Şekil 3.3. 2400 tex E-cam/Dolgulu polyester dikişsiz %5-nano-silika kompozitlerin eğilme testi kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T2-b].



Şekil 3.4. 2400 tex E-cam/Dolgulu polyester dikişsiz %5-nano-silika kompozitlerin eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T2-b].

Şekil 3.5 ve Şekil 3.6'de, 2400 tex E-cam/Dolgulu polyester dikişsiz %7.5-nano-silika kompozit yapıların eğilme testi kuvvet- uzama ve dayanım- uzama grafikleri verilmiştir.



Şekil 3.5. 2400 tex E-cam/Dolgulu polyester dikişsiz %7.5-nano-silika kompozitlerin eğilme testi kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T2-c].



Şekil 3.6. 2400 tex E-cam/Dolgulu polyester dikişsiz %7.5-nano-silika kompozitlerin eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [T2-c].

3.2.2. Dikişsiz Kompozit Yapılar

Tablo 3.6'da 600 tex E-cam/Polyester dikişsiz kompozit yapıların eğilme dayanımı test sonuçları verilmiştir.

Test yönü	Kodlamalar	Kuvvet (N)	Uzama (mm)	Eğilme dayanımı (MPa)	Uzama (%)	Eğilme modülü (GPa)			
600 TEX -[0/90°]- DİKİŞSİZ [LS-1]									
Çözgü	Ortalama	610.74	4.51	474.27	2.97	18.89			
	S.Sapma	26.30	0.28	20.42	0.19	0.56			
	% CV	4.31	6.26	4.31	6.26	2.98			
	Ortalama	550.56	4.33	427.55	2.86	17.89			
	S.Sapma	68.86	0.11	53.47	0.07	0.74			
Atkı	% CV	12.51	2.43	12.51	2.43	4.13			

Tablo 3.6. 600 tex E-cam/Polyester dikişsiz kompozitlerin eğilme dayanımı test sonuçları.

Şekil 3.7 ve Şekil 3.8'de, 600 tex E-cam/Polyester dikişsiz kompozit yapıların eğilme testi kuvvet- uzama ve dayanım- uzama grafikleri verilmiştir.



Şekil 3.7. 600 tex E-cam/Polyester dikişsiz kompozitlerin eğilme testi kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [LS-1].



Şekil 3.8. 600 tex E-cam/Polyester dikişsiz kompozitlerin eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [LS-1].

3.2.3. El Dikişli Kompozit Yapılar

Tablo 3.7'de, 600 tex E-cam/Polyester el dikişli (Kevlar 129 dikiş ipliği) kompozit yapıların eğilme dayanımı test sonuçları verilmiştir.

Tablo 3.7. 600 tex E-cam/Polyester el dikişli (Kevlar 129 dikiş ipliği) kompozitlerin eğilme dayanımı test sonuçları.

Test yönü	Kodlamalar	Kuvvet (N)	Uzama (mm)	Eğilme dayanımı (MPa)	Uzama (%)	Eğilme modülü (GPa)
600 TEX-	EL DİKİŞLİ→	KEVLAR 129-	- TEK YÖN [l	LS-2]		
Çözgü	Ortalama	552.66	3.95	349.89	2.88	14.14
	S.Sapma	80.51	0.56	50.97	0.41	0.88
	% CV	14.57	14.16	14.57	14.16	6.19
	Ortalama	512.36	4.25	324.38	3.11	12.50
A +1=1	S.Sapma	25.64	0.04	16.23	0.03	0.40
Atki	% CV	5.00	1.04	5.00	1.04	3.20
600 TEX-	EL DİKİŞLİ→	KEVLAR 129	- İKİ YÖN [L	<u>S-3]</u>		
Çözgü	Ortalama	699.13	4.35	393.48	3.37	13.72

	S.Sapma	68.99	0.21	38.83	0.16	0.45		
	% CV	9.87	4.84	9.87	4.84	3.26		
	Ortalama	655.82	4.36	369.11	3.38	12.89		
	S.Sapma	34.45	0.45	19.39	0.35	0.28		
Atkı	% CV	5.25	10.36	5.25	10.36	2.14		
600 TEX- EL DİKİŞLİ→ KEVLAR 129- DÖRT YÖN [LS-4]								
Çözgü	Ortalama	673.64	3.88	354.35	3.11	12.94		
	S.Sapma	31.16	0.32	16.39	0.25	0.31		
	% CV	4.63	8.17	4.63	8.17	2.43		
	Ortalama	642.02	3.89	337.72	3.12	13.02		
	S.Sapma	29.88	0.30	15.72	0.24	0.11		
Atkı	% CV	4.66	7.67	4.66	7.67	0.86		

Şekil 3.9 ve Şekil 3.10'da, 600 tex E-cam/Polyester tek yön el dikişli (Kevlar 129 dikiş ipliği) kompozit yapıların eğilme testi kuvvet- uzama ve dayanım- uzama grafikleri verilmiştir.



Şekil 3.9. 600 tex E-cam/Polyester tek yön el dikişli (Kevlar 129 dikiş ipliği) kompozitlerin eğilme testi kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [LS-2].



Şekil 3.10. 600 tex E-cam/Polyester tek yön el dikişli (Kevlar 129 dikiş ipliği) kompozitlerin eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [LS-2].

Şekil 3.11 ve Şekil 3.12'de, 600 tex E-cam/Polyester iki yön el dikişli (Kevlar 129 dikiş ipliği) kompozit yapıların eğilme testi kuvvet- uzama ve dayanım- uzama grafikleri verilmiştir.



Şekil 3.11. 600 tex E-cam/Polyester iki yön el dikişli (Kevlar 129 dikiş ipliği) kompozitlerin eğilme testi kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [LS-3].



Şekil 3.12. 600 tex E-cam/Polyester iki yön el dikişli (Kevlar 129 dikiş ipliği) kompozitlerin eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [LS-3].

Şekil 3.13 ve Şekil 3.14'de, 600 tex E-cam/Polyester dört yön el dikişli (Kevlar 129 dikiş ipliği) kompozit yapıların eğilme testi kuvvet- uzama ve dayanım- uzama grafikleri verilmiştir.



Şekil 3.13. 600 tex E-cam/Polyester dört yön el dikişli (Kevlar 129 dikiş ipliği) kompozitlerin eğilme testi kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [LS-4].



Şekil 3.14. 600 tex E-cam/Polyester dört yön el dikişli (Kevlar 129 dikiş ipliği) kompozitlerin eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, , (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [LS-4].

Tablo 3.8'de, 600 tex E-cam/Polyester el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozit yapıların eğilme dayanımı test sonuçları verilmiştir.

Test yönü	Kodlamalar	Kuvvet (N)	Uzama (mm)	Uzama (mm)		Eğilme modülü (GPa)	
600 TEX-	EL DİKİŞLİ→ I	E-CAM 600 T	EX - TEK YÖ	N [LS-5]			
Çözgü	Ortalama	587.42	3.63	286.57	3.02	10.76	
	S.Sapma	52.37	0.27	25.55	0.22	0.17	
	% CV	8.92	7.42	8.92	7.41	1.56	
	Ortalama	591.59	3.84	288.61	3.19	10.48	
	S.Sapma	36.63	0.10	17.87	0.08	1.13	
Atkı	% CV	6.19	2.49	6.19	2.49	10.82	
600 TEX-	EL DİKİŞLİ→ I	E-CAM 600 T	EX - İKİ YÖN	[LS-6]			
Çözgü	Ortalama	612.63	3.41	342.14	2.65	14.49	
	S.Sapma	29.85	0.43	16.67	0.33	0.61	

Tablo 3.8. 600 tex E-cam/Polyester el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozitlerin eğilme dayanımı test sonuçları.

	% CV	4.87	12.54	4.87	12.54	4.20
	Ortalama	608.74	3.62	339.97	2.81	14.03
	S.Sapma	32.54	0.09	18.17	0.07	0.55
Atkı	% CV	5.35	2.58	5.35	2.58	3.91
600 TEX-	EL DİKİŞLİ→ I	E-CAM 600 T	EX - DÖRT Y	ÖN [LS-7]		
Çözgü	Ortalama	586.53	3.22	249.14	2.87	10.59
	S.Sapma	42.14	0.27	17.90	0.24	0.44
	% CV	7.18	8.45	7.18	8.45	4.18
	Ortalama	511.60	3.00	217.31	2.67	9.61
	S.Sapma	53.20	0.36	22.60	0.32	0.29
Atkı	% CV	10.40	12.13	10.40	12.13	3.02

Şekil 3.15 ve Şekil 3.16'da, 600 tex E-cam/Polyester tek yön el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozit yapıların eğilme testi kuvvet- uzama ve dayanım- uzama grafikleri verilmiştir.



Şekil 3.15. 600 tex E-cam/Polyester tek yön el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozitlerin eğilme testi kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [LS-5].



Şekil 3.16. 600 tex E-cam/Polyester tek yön el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozitlerin eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [LS-5].

Şekil 3.17 ve Şekil 3.18'de, 600 tex E-cam/Polyester iki yön el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozit yapıların eğilme testi kuvvet- uzama ve dayanım- uzama grafikleri verilmiştir.



Şekil 3.17. 600 tex E-cam/Polyester iki yön el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozitlerin eğilme testi kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [LS-6].



Şekil 3.18. 600 tex E-cam/Polyester iki yön el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozitlerin eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [LS-6].

Şekil 3.19 ve Şekil 3.20'de, 600 tex E-cam/Polyester dört yön el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozit yapıların eğilme testi kuvvet- uzama ve dayanım- uzama grafikleri verilmiştir.



Şekil 3.19. 600 tex E-cam/Polyester dört yön el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozitlerin eğilme testi kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [LS-7].



Şekil 3.20. 600 tex E-cam/Polyester dört yön el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozitlerin eğilme testi dayanım- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [LS-7].

3.3. Katlararası Ayrılma Dayanımı Test Sonuçları

3.3.1. Dikişsiz Kompozit Yapılar

Tablo 3.9'da 600 tex E-cam/Polyester dikişsiz kompozit yapıların katlararası ayrılma dayanımı test sonuçları verilmiştir.

Tablo 3.9. 600 tex E-cam/Polyester dikişsiz kompozitlerin katlararası ayrılma dayanımı test sonuçları.

Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Katlararası ayrılma dayanımı (MPa)	Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Katlararası ayrılma dayanımı (MPa)
600 TEX	[-[0/90°]- DİK	İŞSİZ [LS-1	[]				
	Ortalama	1010.84	16.98		Ortalama	996.87	16.74
Çözgü	S.Sapma	74.50	1.25	Atkı	S.Sapma	55.63	0.93
	% CV	7.37	7.37		% CV	5.58	5.58

Şekil 3.21'de 600 tex E-cam/Polyester dikişsiz kompozit yapıların katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri verilmiştir.



Şekil 3.21. 600 tex E-cam/Polyester dikişsiz kompozitlerin katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [LS-1].

3.3.2. El Dikişli Kompozit Yapılar

Tablo 3.10'da, 600 tex E-cam/Polyester el dikişli (Kevlar 129 dikiş ipliği) kompozit yapıların katlararası ayrılma dayanımı test sonuçları verilmiştir.

Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Katlararası ayrılma dayanımı (MPa)	Test yönü	Kod	Kuvvet (N)	Katlararası ayrılma dayanımı (MPa)
000 TEA	Ortalama	1292.21	129- TEK TO	1 [LS-2]	Ortalama	647.15	9.81
Çözgü	S.Sapma	150.47	2.28	Atkı	S.Sapma	284.68	4.32
, C	% CV	11.64	11.64		% CV	43.99	43.99
600 TEX	- EL DİKİŞLİ	→ KEVLAR	129 - İKİ YÖN	[LS-3]			
	Ortalama	1455.23	20.81		Ortalama	1152.02	16.47
Çözgü	S.Sapma	78.36	1.12	Atkı	S.Sapma	171.05	2.45
	% CV	5.38	5.38		% CV	14.85	14.85
600 TEX	- EL DİKİŞLİ	\rightarrow KEVLAR	129 - DÖRT Y	ÖN [LS-4	4]		
	Ortalama	1435.41	19.84		Ortalama	1272.77	17.60
Çözgü	S.Sapma	170.18	2.35	Atkı	S.Sapma	164.88	2.28
	% CV	11.86	11.86		% CV	12.96	12.96

Tablo 3.10. 600 tex E-cam/Polyester el dikişli (Kevlar 129 dikiş ipliği) kompozitlerin katlararası ayrılma dayanımı test sonuçları.

Şekil 3.22'de 600 tex E-cam/Polyester tek yön el dikişli (Kevlar 129 dikiş ipliği) kompozit yapıların katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri verilmiştir.



Şekil 3.22. 600 tex E-cam/Polyester tek yön el dikişli (Kevlar 129 dikiş ipliği) kompozitlerin katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [LS-2].

Şekil 3.23'te 600 tex E-cam/Polyester iki yön el dikişli (Kevlar 129 dikiş ipliği) kompozit yapıların katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri verilmiştir.



Şekil 3.23. 600 tex E-cam/Polyester iki yön el dikişli (Kevlar 129 dikiş ipliği) kompozitlerin katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [LS-3].

Şekil 3.24'te 600 tex E-cam/Polyester dört yön el dikişli (Kevlar 129 dikiş ipliği) kompozit yapıların katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri verilmiştir.



Şekil 3.24. 600 tex E-cam/Polyester dört yön el dikişli (Kevlar 129 dikiş ipliği) kompozitlerin katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [LS-4].

Tablo 3.11'de, 600 tex E-cam/Polyester el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozit yapıların katlararası ayrılma dayanımı test sonuçları verilmiştir.

Test yönü		Kuvvet (N)	Katlararası ayrılma dayanımı (MPa)	Test yönü VÖN U S	Kod	Kuvvet (N)	Katlararası ayrılma dayanımı (MPa)			
000 1127	Ortalama	1411.64	18.79		Ortalama	929.18	12.37			
Çözgü	S.Sapma	153.11	2.04	Atkı	S.Sapma	16.88	0.23			
	% CV	10.85	10.85		% CV	1.82	1.82			
600 TEX	600 TEX- EL DİKİŞLİ→ E-CAM 600 TEX - İKİ YÖN [LS-6]									
	Ortalama	1328.11	18.92		Ortalama	1263.35	18.00			
Çözgü	S.Sapma	262.21	3.74	Atkı	S.Sapma	55.40	0.79			
	% CV	19.74	19.74		% CV	4.39	4.39			
600 TEX- EL DİKİŞLİ→ E-CAM 600 TEX - DÖRT YÖN [LS-7]										
Çözgü	Ortalama	1467.98	18.24		Ortalama	1214.69	15.09			
	S.Sapma	49.77	0.62	Atkı	S.Sapma	28.07	0.35			
	% CV	3.39	3.39		% CV	2.311	2.31			

Tablo 3.11. 600 tex E-cam/Polyester el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozitlerin katlararası ayrılma dayanımı test sonuçları.

Şekil 3.25'te 600 tex E-cam/Polyester tek yön el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozit yapıların katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri verilmiştir.



Şekil 3.25. 600 tex E-cam/Polyester tek yön el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozitlerin katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [LS-5].

Şekil 3.26'da 600 tex E-cam/Polyester iki yön el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozit yapıların katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri verilmiştir.



Şekil 3.26. 600 tex E-cam/Polyester iki yön el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozitlerin katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [LS-6].

Şekil 3.27'de 600 tex E-cam/Polyester dört yön el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozit yapıların katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri verilmiştir.



Şekil 3.27. 600 tex E-cam/Polyester dört yön el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozitlerin katlararası ayrılma dayanımı kuvvet- uzama grafikleri, (a); çözgü yönü, (b); atkı yönü [LS-7].

3.4. SEM Analizi

3.4.1. Dikişsiz/Nano-Silika Kompozit Yapılar

Şekil 3.28'de, 2400 tex E-cam/Dolgulu polyester dikişsiz %2.5 nano-silika kompozit yapının atkı yönü SEM kesit görüntüsü farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.



Şekil 3.28. 2400 tex E-cam/Dolgulu polyester dikişsiz %2.5 nano- silika kompozit yapının atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); ×85, (b); ×350, (c); ×500, (d); ×2.500 [T2-a].

Şekil 3.29'da, 2400 tex E-cam/Dolgulu polyester dikişsiz %5 nano-silika kompozit yapının atkı yönü SEM kesit görüntüsü farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.



Şekil 3.29. 2400 tex E-cam/Dolgulu polyester dikişsiz %5 nano- silika kompozit yapının atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); ×110, (b); ×350, (c); ×500, (d); ×2.500 [T2-b].

Şekil 3.30'da, 2400 tex E-cam/Dolgulu polyester dikişsiz %7.5 nano-silika kompozit yapının atkı yönü SEM kesit görüntüsü farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.





Şekil 3.30. 2400 tex E-cam/Dolgulu polyester dikişsiz %7.5 nano- silika kompozit yapının atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); ×115, (b); ×350, (c); ×500, (d); ×2.500 [T2-c].

3.4.2. Dikişsiz Kompozit Yapılar

Şekil 3.31'de, 600 tex E-cam/Polyester dikişsiz kompozit yapının atkı yönü SEM kesit görüntüsü farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.



Şekil 3.31. 600 tex E-cam/Polyester dikişsiz kompozit yapının atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); ×120, (b); ×350, (c); ×500, (d); ×2.500 [LS-1].

3.4.3. El Dikişli Kompozit Yapılar

Şekil 3.32'de, 600 tex E-cam/Polyester tek yön el dikişli (Kevlar 129 dikiş ipliği) kompozit yapının atkı yönü SEM kesit görüntüsü farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.



Şekil 3.32. 600 tex E-cam/Polyester tek yön el dikişli (Kevlar 129 dikiş ipliği) kompozit yapının atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); ×105, (b); ×350, (c); ×500, (d); ×2.500 [LS-2].

Şekil 3.33'te, 600 tex E-cam/Polyester iki yön el dikişli (Kevlar 129 dikiş ipliği) kompozit yapının atkı yönü SEM kesit görüntüsü farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.





Şekil 3.33. 600 tex E-cam/Polyester iki yön el dikişli (Kevlar 129 dikiş ipliği) kompozit yapının atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); ×150, (b); ×350, (c); ×500, (d); ×2.500 [LS-3].

Şekil 3.34'te, 600 tex E-cam/Polyester dört yön el dikişli (Kevlar 129 dikiş ipliği) kompozit yapının atkı yönü SEM kesit görüntüsü farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.



Şekil 3.34. 600 tex E-cam/Polyester dört yön el dikişli (Kevlar 129 dikiş ipliği) kompozit yapının atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); ×110, (b); ×350, (c); ×500, (d); ×2.500 [LS-4].

Şekil 3.35'te, 600 tex E-cam/Polyester dört yön el dikişli (Kevlar 129 dikiş ipliği) kompozit yapının +45° yönü SEM kesit görüntüsü farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.



Şekil 3.35. 600 tex E-cam/Polyester dört yön el dikişli (Kevlar 129 dikiş ipliği) kompozit yapının +45° yönü SEM kesit görüntüsü, (a); ×110, (b); ×350, (c); ×500, (d); ×2.500 [LS-4].

Şekil 3.36'da, 600 tex E-cam/Polyester dört yön el dikişli (Kevlar 129 dikiş ipliği) kompozit yapının –45° yönü SEM kesit görüntüsü farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.





Şekil 3.36. 600 tex E-cam/Polyester dört yön el dikişli (Kevlar 129 dikiş ipliği) kompozit yapının –45° yönü SEM kesit görüntüsü, (a); ×90, (b); ×350, (c); ×500, (d); ×2.500 [LS-4].

Şekil 3.37'de, 600 tex E-cam/Polyester tek yön el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozit yapının atkı yönü SEM kesit görüntüsü farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.



Şekil 3.37. 600 tex E-cam/Polyester tek yön el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozit yapının atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); ×115, (b); ×350, (c); ×500, (d); ×2.500 [LS-5].

Şekil 3.38'de, 600 tex E-cam/Polyester iki yön el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozit yapının atkı yönü SEM kesit görüntüsü farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.



Şekil 3.38. 600 tex E-cam/Polyester iki yön el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozit yapının atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); ×100, (b); ×350, (c); ×500, (d); ×2.500 [LS-6].

Şekil 3.39'da, 600 tex E-cam/Polyester dört yön el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozit yapının atkı yönü SEM kesit görüntüsü farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.





Şekil 3.39. 600 tex E-cam/Polyester dört yön el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozit yapının atkı yönü SEM kesit görüntüsü, (a); ×85, (b); ×350, (c); ×500, (d); ×2.500 [LS-7].

Şekil 3.40'ta, 600 tex E-cam/Polyester dört yön el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozit yapının +45° yönü SEM kesit görüntüsü farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.



Şekil 3.40. 600 tex E-cam/Polyester dört yön el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozit yapının +45° yönü SEM kesit görüntüsü, (a); ×90, (b); ×350, (c); ×500, (d); ×2.500 [LS-7].

Şekil 3.41'de, 600 tex E-cam/Polyester dört yön el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozit yapının –45° yönü SEM kesit görüntüsü farklı büyütme oranlarıyla verilmiştir.



Şekil 3.41. 600 tex E-cam/Polyester dört yön el dikişli (E-cam 600 tex dikiş ipliği) kompozit yapının –45° yönü SEM kesit görüntüsü, (a); ×90, (b); ×350, (c); ×500, (d); ×2.500 [LS-7].

4. BÖLÜM

TARTIŞMA- SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. Kompozit Yoğunlukları ve Lif Hacmi

Tablo 4.1'de, kompozit yapıların yoğunluk ve lif hacmi değerleri verilmiştir.

Kod	Ölçülen Yoğunluk (g/cm ³)	Toplam lif hacmi Ağırlık esaslı (Hacim esaslı) (%)	Lif hacmi Ağırlık esaslı (Hacim esaslı) (%)	Dikiş ipliği lif hacmi Ağırlık esaslı (Hacim esaslı) (%)	Boşluk miktarı (%)
T2-a	1.949	74.162 (56.232)	-	-	2.360
T2-b	1.806	74.717 (52.400)	-	-	10.266
T2-c	1.869	75.998 (55.256)	-	-	8.728
LS-1	1.985	77.478 (59.857)	-	-	2.894
LS-2	1.966	75.408 (57.694)	74.995 (57.378)	0.412 (0.316)	1.649
LS-3	1.929	76.416 (57.367)	75.584 (56.743)	0.831 (0.624)	4.000
LS-4	1.868	74.954 (54.492)	73.055 (53.111)	1.899 (1.381)	4.933
LS-5	1.945	76.954 (58.227)	74.691 (56.515)	2.262 (1.712)	4.427
LS-6	1.879	76.890 (56.226)	72.507 (53.021)	4.383 (3.205)	7.578
LS-7	1.908	73.837 (54.833)	64.570 (47.951)	9.267 (6.881)	3.559

Tablo 4.1. Kompozit yapıların yoğunluk ve lif hacmi değerleri.

4.1.1. Kompozit Yoğunlukları

Geliştirilen kompozit yapıların yoğunlukları yaklaşık 1.8-2.0 g/cm³ arasında değiştiği gözlenmiştir. Bu E-cam lifinin, polyester reçine ve nano yoğunlukları göz önüne alındığına beklenen bir değerdir.

4.1.2. Toplam Lif Hacmi ve Boşluk Miktarı

Geliştirilen kompozit yapıların lif hacimleri irdelenerek ağırlık esaslı oranların yaklşık % 74-77 arasında, hacimsel lif hacimi oranlarının ise yaklaşık % 52-60 arasında gerçekleştiği anlaşılmıştır. Bu oranlar da beklenen değerler olarak tanımlanmıştır. Dikişli geliştirilen yapılardaki dikiş lif oranı ağırlıkça % 0.5-10 aralığında hacimce ise % 0.5-7 aralığında olduğu bulunmuştur. Genellikle kompozit yapının düzlem dışı lif hacmi % 10 un altında olması herzaman istenmektedir. Lif boşluk miktarı T2-b de yüksek bulunmuş olup bunun nedeni nano malzemenin yapı hacminde homojen dağılmaması olarak değerlendirilmiştir.

4.2. Eğilme Dayanımı Testi

Tablo 4.2 ve 4.3'te sırasıyla, kompozit yapıların çözgü yönü ve atkı yönü eğilme dayanımı test sonuçları verilmiştir.

Kod	Eğilme kuyyeti	Uzama	Eğilme davanımı	Uzama	Eğilme modülü	Spesifik eğilme	Spesifik eğilme	Spesifik eğilme
	Ruvven		uayannin		mouuru	dayanımı	uzaması	modülü
	(N)	(mm)	(MPa)	(%)	(GPa)	(MPa/g/cm ³)	$(\%/g/cm^{3})$	(GPa/g/cm ³)
T2-a	1075.41	3.32	368.64	3.29	14.33	189.14	1.69	7.35
Т2-b	902.95	2.48	346.18	2.33	16.23	191.68	1.29	8.99
T2-c	1167.25	3.20	472.86	2.92	17.70	253.00	1.56	9.47
LS-1	610.74	4.51	474.27	2.97	18.89	238.93	1.50	9.52
LS-2	552.66	3.95	349.89	2.88	14.14	177.97	1.46	7.19
LS-3	699.13	4.35	393.48	3.37	13.72	203.98	1.75	7.11
LS-4	673.64	3.88	354.35	3.11	12.94	189.69	1.66	6.93
LS-5	587.42	3.63	286.57	3.02	10.76	147.34	1.55	5.53
LS-6	612.63	3.41	342.14	2.65	14.49	182.09	1.41	7.71
LS-7	586.53	3.22	249.14	2.87	10.59	130.58	1.50	5.55

Tablo 4.2. Kompozit yapıların çözgü yönü eğilme dayanımı test sonuçları.

Tablo 4.3. Kompozit yapıların atkı yönü eğilme dayanımı test sonuçları.

Kod	Eğilme kuyyeti	Uzama	Eğilme davanımı	Uzama	Eğilme modülü	Spesifik eğilme	Spesifik eğilme	Spesifik eğilme
	nuvven		uuyu		mouulu	dayanımı	uzaması	modülü
	(N)	(mm)	(MPa)	(%)	(GPa)	(MPa/g/cm ³)	$(\%/g/cm^{3})$	(GPa/g/cm ³)
T2-a	796.62	2.99	278.74	2.96	12.22	143.02	1.52	6.27
Т2-b	899.82	2.67	344.98	2.51	15.50	191.02	1.39	8.58
T2-c	925.43	3.05	374.90	2.78	15.35	200.59	1.49	8.21
LS-1	550.56	4.33	427.55	2.86	17.89	215.39	1.44	9.01
LS-2	512.36	4.25	324.38	3.11	12.50	164.99	1.58	6.36
LS-3	655.82	4.36	369.11	3.38	12.89	191.35	1.75	6.68
LS-4	642.02	3.89	337.72	3.12	13.02	180.79	1.67	6.97
LS-5	591.59	3.84	288.61	3.19	10.48	148.39	1.64	5.39
LS-6	511.60	3.00	339.97	2.81	14.03	180.93	1.50	7.47
LS-7	550.56	4.33	217.31	2.67	9.61	113.89	1.40	5.04

4.2.1. Eğilme Dayanımı

Nano katkılı E-cam kompozitte nano silika oranı arttıkça hem çözgü ve hem de atkı yönü eğilme dayanımının arttığı, ancak nano katkısız kompozit yapıya (LS-1) kıyasla daha düşük olduğu bunun da nano katkı malzemesinin yapı içindeki düzensiz dağılımından kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Öte yandan, kevlar dikişli kompozit malzemenin E-cam dikişli kompozit

malzemeye göre daha yüksek sonuçlar verdiği ve dikiş yönü açısından ise iki yönlü dikişli yapının diğerlerine göre daha yüksek eğilme dayanımı gösterdiği anlaşılmıştır. Materyal ve metod bölümünde ön şekillerin SEM görüntülerinden de anlaşıldığı üzere dikim işlemi önşekil yapıda filament kırılmalarına yol açmaktadır. Bu da eğilme esaslı dayanımı etkilemektedir. Yine bütün dikişli yapıların LS-1 yapıya göre daha düşük değerde eğilme dayanımı gösterdiği anlaşılmıştır. Bunun bir başka nedeni de düzlem dışındaki belirli bir miktar lif hacminin olması ve daha önemlisi dikim işlemi ile dikiş ipliğinin çözgü/atkı yönündeki bükümsüz ipliklerin doğrultusunda lokal düzensizliklere yol açıcı etkiler bırakmasıdır. Öte yandan, çözgü yönü eğilme dayanımının atkı yönüne göre genel olarak bir derece yüksek değerde olması kumaştaki atkı sıklık değerlerinin düzensizliği ile ilgili olacağı tahmin edilmektedir. Lif lineer yoğunluğunun etkilerininde daha detaylı bir şekilde incelenmsi ileriki çalışmalar için önerilebilir

Ayırca spesifik eğilme dayanımı değerlerinin yukarıdaki verilerle benzerlik gösterdiği ve önemli bir değişimin olmadığı sonucuna varılmıştır.

4.2.2. Eğilme Modülü

Nano katkılı E-cam kompozitte nano silika oranı arttıkça hem çözgü ve hem de atkı yönü eğilme modül değerlerinin arttığı, ancak nano katkısız kompozit yapıya (LS-1) kıyasla daha düşük olduğu bunun da nano katkı malzemesinin yapı içindeki düzensiz dağılımından kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Öte yandan, kevlar dikişli kompozit malzemenin E-cam dikişli kompozit malzemeye göre az da olsa daha yüksek sonuçlar verdiği ve dikiş yönü açısından ise iki yönlü dikişli yapının diğerlerine göre daha yüksek eğilme modül değeri gösterdiği anlaşılmıştır. Materyal ve metod bölümünde ön şekillerin SEM görüntülerinden de anlaşıldığı üzere dikim işlemi önşekil yapıda filament kırılmalarına yol açmaktadır. Bu da eğilme esaslı modül değerlerini etkilemektedir. Yine bütün dikişli yapıların LS-1 yapıya göre daha düşük değerde eğilme modül değeri gösterdiği anlaşılmıştır. Bunun bir başka nedeni de düzlem dışındaki belirli bir miktar lif hacminin olması ve daha önemlisi dikim işlemi ile dikiş ipliğinin çözgü/atkı yönündeki bükümsüz ipliklerin doğrultusunda lokal düzensizliklere yol açıcı etkiler bırakmasıdır. Öte yandan, çözgü yönü eğilme dayanımının atkı yönüne göre genel olarak bir derece yüksek değerde olması kumaştaki atkı sıklık değerlerinin düzensizliği

ile ilgili olacağı tahmin edilmektedir. Lif lineer yoğunluğunun etkilerininde daha detaylı bir şekilde incelenmsi ileriki çalışmalar için önerilebilir

Ayırca spesifik eğilme modül değerlerinin yukarıdaki verilerle benzerlik gösterdiği ve önemli bir değişimin olmadığı sonucuna varılmıştır.

4.2.3. Eğilme Uzaması

Nano katkılı E-cam kompozitte nano silika oranı arttıkça hem çözgü ve hem de atkı yönü eğilme % uzaması değerlerinin azaldığı, ancak nano katkısız kompozit yapıya (LS-1) kıyasla daha düşük olduğu bunun da nano silikanın yapıyı bir derece kırılgan hale getirdiği şeklinde göz önüne alınmıştır. Öte yandan, kevlar dikişli kompozit malzemenin E-cam dikişli kompozit malzemeye göre az da olsa daha yüksek % uzama sonuçları verdiği ve dikiş yönü açısından ise çok da belirgin bir değişim gözlenmediği anlaşılmıştır. Materyal ve metod bölümünde ön şekillerin SEM görüntülerinden de anlaşıldığı üzere dikim işlemi önşekil yapıda filament kırılmalarına yol açmaktadır. Bu da eğilme esaslı % uzama değerlerini etkilemektedir. Yine bütün dikişli yapıların LS-1 yapıya göre az da olsa genel olarak daha yüksek değerde eğilme % uzama değeri gösterdiği anlaşılmıştır. Bunun bir başka nedeni de düzlem dışındaki belirli bir miktar lif hacminin olması ve daha önemlisi dikim işlemi ile dikiş ipliğinin çözgü/atkı yönündeki bükümsüz ipliklerin doğrultusunda lokal düzensizliklere yol açıcı etkiler bırakmasıdır. Öte yandan, çözgü yönü eğilme dayanımının atkı yönüne göre genel olarak bir derece yüksek değerde olması kumaştaki atkı sıklık değerlerinin düzensizliği ile ilgili olacağı tahmin edilmektedir. Lif lineer yoğunluğunun etkilerininde daha detaylı bir şekilde incelenmsi ileriki çalışmalar için önerilebilir

Ayırca spesifik eğilme % uzama değerlerinin yukarıdaki verilerle benzerlik gösterdiği ve önemli bir değişimin olmadığı sonucuna varılmıştır.

4.3. Katlararası Ayrılma Dayanımı

Tablo 4.4'te, kompozit yapıların çözgü yönü ve atkı yönü katlararası dayanımı test sonuçları verilmiştir.

Kod	Katlararası ayrılma kuvveti (N)		Katlararası ay (M	rılma dayanımı (Pa)	Spesifik katlararası ayrılma dayanımı (MPa/g/cm ³)		
	Çözgü Atkı		Çözgü	Atkı	Çözgü	Atkı	
LS-1	1010.84	996.87	16.98	16.74	8.55	8.43	
LS-2	1292.21	647.15	19.6	9.81	9.97	4.99	
LS-3	1455.23	1152.02	20.81	16.47	10.79	8.54	
LS-4	1435.41	1272.77	19.84	17.6	10.62	9.42	
LS-5	1411.64	929.18	18.79	12.37	9.66	6.36	
LS-6	1328.11	1263.35	18.92	18	10.07	9.58	
LS-7	1467.98	1214.69	18.24	15.09	9.56	7.91	

Tablo 4.4. Kompozit yapıların çözgü ve atkı yönü katlararası dayanımı test sonuçları.

4.3.1. Katlararası Ayrılma Dayanımı

Kevlar dikişli kompozit malzemenin E-cam dikişli kompozit malzemeye göre daha yüksek katlararası ayrılma dayanımı sonuçları verdiği ve dikiş yönü açısından ise iki yönlü dikişli yapının diğerlerine göre daha yüksek katlararası açılma dayanımı gösterdiği anlaşılmıştır. Öte yandan, dikişli kompozit malzemenin dikişsiz yapıya göre daha yüksek katlararası ayrılma dayanımı gösterdiği açık bir şekilde anlaşılmıştır. Bunun nedeni kompozit önşekle düzlem dışında belirli bir lif hacmi eklendiğinde bunun kalararası açılmayı yapıştırıcı polyester matrise göre daha iyi bir arada tutması nedeni ile olduğudur. Materyal ve metod bölümünde ön şekillerin SEM görüntülerinden de anlaşıldığı üzere dikim işlemi önşekil yapıda filament kırılmalarına yol açmaktadır. Bu da eğilme esaslı dayanımı etkilemektedir ancak katlararası dayanım artırılmış olmaktadır. Öte yandan, çözgü yönü katlararası ayrılma dayanımının atkı yönüne göre genel olarak bir derece yüksek değerde olması kumaştaki atkı sıklık değerlerinin düzensizliği ile ilgili olacağı tahmin edilmektedir. Lif lineer yoğunluğunun etkilerininde daha detaylı bir şekilde incelenmsi ileriki çalışmalar için önerilebilir

Ayırca spesifik eğilme dayanımı değerlerinin yukarıdaki verilerle benzerlik gösterdiği ve önemli bir değişimin olmadığı sonucuna varılmıştır.

4.4 Genel sonuçlar

1. Nano malzeme, kompozit yapının düzlemde ve düzlem dışındaki dayanımlarına önemli bir ölçüde etki etmemekte ancak yapıyı genel olarak kırılgan hale getirmektedir.

2. Dikiş, kompozit yapının düzlemde özelliklerini bir miktar düşürmekte ancak düzlem dışı özellikleri iyileştirmektedir.

İleriki aşamadaki çalışmalar kompozit yapının hem dikişli ve hem de nanolu formlarının geliştirilip özelliklerinin belirlenmesi üzerine gerçekleşmesi planlanmaktadır.

Öte yandan, bu çalışma ile Tekstil Mühendisliği bölümümüzün tekstil tasarım laboratuarı kurularak lisans öğrencilerimizin sanal ortamda iplikden sayısız tekstil yüzeylerinin tasarlanabilme imkanları bu proje ile sunulmuş olmaktadır. Bu açıdan proje amacına fazlası ile varmıştır.

KAYNAKLAR

- Güngör Başer., Dokuma Tekniği ve Sanatı, Cilt-II: Dokuma Kumaş Tasarımı, Punto Yayıncılık, İzmir, 2005.
- Güngör Başer., Dokuma Tekniği ve Sanatı, Cilt-1: Temel dokuma tekniği ve kumaş yapıları, TMMOB Tekstil Mühendisleri Odası Yayınları, No.2, İzmir,1998
- An investigation on the classification of weave pattern based on active grid model, Textile Research Journal, 2008.
- Robinson,A. and Marks,R., Principles of weaving, The Textile Institute, Manchester, 1976.Lord,P.R. and Mohamed,M.H.,Weaving;Conversion of yarn to fabric, Merrow Publishing,1982.
- Grosicki, Z.J., Watson's Advanced Textile Design and Compound Woven Structures, Newnes-Butterworths, Boston, 1977.
- 6. Hearle, J.W.S, Grosberg, P. and Backer, S., Structural mechanics of fibers, yarn and fabrics, Wiley-Interscience, 1969.
- 7. Watson, W., Advanced Textile Design, Longmans, Gren and Co., 1955, UK.
- Woven fabric surfaces, draw-in and shedding plan appearances on computer, Undergraduate Project, Ege University, İzmir, 1998.
- 9. NedGraphics Cataloge, 2008
- Pihtili H, Tosun N. Investigation of the wear behaviour of a glass-fibre-reinforced composite and plain polyester resin. Composites Science and Technology 2000-2001; 62 (2002) 367–370.
- 11. Wong W, Horsfall I, Champion SM, Watson CH. The Effect of Matrix Type on the Ballistic and Mechanical Performance of E-Glass Composite Armour. 19th International Symposium of Ballistics, 7–11 May 2001, Interlaken, Switzerland.
- Piggot MR, The Effect of Fibre Waviness on The Mechanical Properties of Unidirectional Fibre Composites: A Review, Composite Science and Technology 53, 1995, pp. 201-205.
- Pardo S, Baptiste D, Decobert F, Fitoussi J, Joannic R. Tensile dynamic behaviour of a quasi-unidirectonal E-glass/polyester composite. Composites Science and Technology 2000-2001; 62 (2002) 579–584.

- Baucom JN, Zikry MA, Low-velocity impact damage progression in woven E-glass composite systems. Composites: Part A 2003-2004; 36 (2005) 658–664.
- 15. Gellert EP, Cimpoeru SJ, Woodward RL. A study of the effect of target thickness on the ballistic perforation of glass-fibre-reinforced plastic composites. International Journal of Impact Engineering. 1999; 24 (2000); 445-456.
- Bozkurt E, Kaya E, Tanoğlu M. Mechanical and thermal behavior of non-crimp glass fiber reinforced layered clay/epoxy nanocomposites. Composites Science and Technology 2006-2007; 67 (2007) 3394–3403.
- Antonio F. Avila, Marcelo I. Soares, Almir Silva Neto. A study on nanostructured laminated plates behavior under low-velocity impact loadings. International Journal of Impact Engineering . 2006; 34 (2007) 28–41
- Gellert EP, Pattie SD, Woodward RL. Energy transfer in ballistic perforation of fibre reinforced composites. Journal of Materials Science 1998; 33 (1998) 1845D1850
- Grujicic M, Pandurangan B, Angstadt DC, Koudela KL, Cheeseman BA. Ballisticperformance optimization of a hybrid carbon-nanotube/E-glass reinforced poly-vinylester-epoxy-matrix composite armor. J Mater Sci 2006; (2007) 42:5347–5359
- Kireitseu M, Hui D, Tomlinson G. Advanced shock-resistant and vibration damping of nanoparticle-reinforced composite material. 2007; Composites: Part B 39 (2008) 128–138
- 21. Kornmann X, Rees M, Thomann Y, Necola A, Barbezat M, Thomann R. Epoxylayered silicate nanocomposites as matrix in glass fibre-reinforced composites. Composites Science and Technology 2004-2005; 65 (2005) 2259–2268
- 22. Tekalur SA, Shivakumar K, Shukla A. Mechanical behavior and damage evolution in E-glass vinyl ester and carbon composites subjected to static and blast loads. Composites: Part B 2007; 39 (2008) 57–65
- 23. Naik NK, Shrirao P, Composite structures under ballistic impact. Composite Structures 2004; 66 (2004) 579–590
- Naik NK, Shrirao P, Reddy BCK. Ballistic impact behaviour of woven fabric composites: Parametric studies. Materials Science and Engineering 2005; A 412 (2005) 104–116
- 25. Naik NK, Ganesh VK, Failure Behavior of Plain Weave Fabric Laminates Under Inplane Shear Loading, Journal of Compozites Technology & Research, JCTRER, Vol.16, No. 1, January 1994, pp. 3-20

- 26. Cam Elyaf San. ve Tic. Ltd. Şti. 2009 http://www.camelyaf.com.tr/turkce/wr3.php?id1=11&id2=1
- 27. Armaplast Polyester San. ve Tic. Ltd. Şti. 2008. www.armaplast.com.tr
- 28. Cam Elyaf San. ve Tic. Ltd. Şti. 2009 http://www.camelyaf.com.tr/turkce/soru_cevap/ce_takviye_6.php
- 29. Eğilme Dayanımı Testi (ASTM D790)
- 30. Çekme Dayanımı Testi (ASTM D638 / D3039)
- 31. Yoğunluk Belirleme Testi (ASTM D792-91)
- 32. Lif Miktarı Belirleme Testi (Burn-off Test ASTM D 3171-99)
- 33. Kompozitteki Boşluk Miktarı Belirleme Testi (ASTM D 2734-91)
- 34. Kinloch AJ, Masania K, Taylor C, Sprenger S, Egan D. The fracture of glass-fibre reinforced epoxy composites using nanoparticle-modified matrices. J Mater Sci 2007; (2008) 43:1151–1154
- 35. Krawczak P, Pabiot J. Fracture Mechanics Applied to Glass Fibre/Epoxy Matrix Interface Caracterization. Journal of composite Materials 1995 Vol.29. No.10/2230-2253
- 36. Lapique F., Rune H., Larsen G., Larsen A, Pore Nucleation and Growth in Short Glass Fibre Reinforced Polypropylene, Journal of Reinforced Plastics and Composites 20, 744–765, 2001
- 37. Parvizi, A., Garrett, K.W., Bailey, J.E., Constrained Cracking in Glass Fibre-Reinforced Epoxy Cross-Ply Laminates, Journal of Materials Science 13, 195-201, 1978
- Swaminathan G, Shivakumar KN, Sharpe M. Material property characterization of glass and carbon/vinylester composites. Composites Science and Technology 2005; 66 (2006) 1399–1408.
- 39. Zilg C, Thomann R, Finter J. Mülhaupt R. The influence of silicate modification and compatibilizers on mechanical properties and morphology of anhydride-cured epoxy nanocomposites. Macromol. Mater. Eng. 2000; 280/281, 41–46.