



Konferans Bildirisi

Karbon Fiber ve Termoplastik Takviyeli Hibrit Kumaşlarda Örgü Açısının Mukavemet Üzerine Etkisi

Hakkı Osman Necipoğlu^{1*}, Sibel Demir^{2*}, Ömür Alkan^{3*}

¹ Kord Endüstriyel İp ve İplik San. Ve Tic. AŞ, Orcid ID: <https://orcid.org/0009-0000-0144-7347>, e-mail: osmannecipoglu@kordiplik.com

² Kord Endüstriyel İp ve İplik San. Ve Tic. AŞ, Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0003-4007-0284>, e-mail: sibeldemir@kordiplik.com

³ Kord Endüstriyel İp ve İplik San. Ve Tic. AŞ, Orcid ID: <https://orcid.org/0009-0000-1080-5513>, e-mail: omuralkan@kordiplik.com

* Sorumlu Yazar: omuralkan@kordiplik.com; +905413358747

Received 18 October 2024

Received in revised form 12 December 2024

In final form 14 December 2024

4th International Conference on Design, Research and Development
(RDCONF 2024)
December 19 - 20, 2024

Reference: Necipoğlu, H. O., Demir, S., & Alkan, Ö. (2024). The effect of braiding angle on the strength of carbon fiber hybrid fabrics reinforced with thermoplastics. *Orclever Proceedings of Research and Development*, 5(1), 174-185

Özet

Tekstil alanında çokça yer kaplayan, farklı özelliklere sahip iki veya daha fazla ipin bir araya getirilmesiyle oluşturulan hibrit kumaşlar, mühendislik uygulamalarında kullanımı giderek artan tekstil kompozitlerinde de kullanılmaktadırlar. Kullanılacak olan iplerin malzemeleri ve oranları optimize edilerek üretilen ürünün çok iyi mekanik özelliklere sahip olup hafif olabildiğini ve aynı zamanda daha uygun fiyatlı hale getirilebilmesini sağlayan hibrit kumaşlarda farklı uygulamalar için farklı malzeme seçimi yapılmaktadır. Bu projede karbon teknik elyafı ile imalat sektöründe düşük maliyet, işlenebilirlik ve geniş bir uygulama yelpazesi sunmaları nedeniyle sıklıkla tercih edilen, termoplastik malzeme olan polyamid, polipropilen malzemeleri kullanılarak örgü yöntemi ile hibrit kumaş üretimi yapıldı. Örgü yönteminin seçilmesinde otomatikleştirilebilir olması, üretim maliyetinin az olması, birçok parametre değiştirilip istenen son şekle yakın üretim yapılabilmesiyle ürünün özelleştirilebilir olması en önemli etkenlerdir. Oluşacak ürünün mekanik özelliklerine örgü açısı aralığı, iplik boyutları, kukla sayısı gibi birçok değişken etki etmektedir. Projede farklı malzemelerle farklı açılarla örülen hibrit kumaşlar daha sonrasında Taguchi



yöntemiyle bulunan farklı sıcaklık ve basınç ayarlarında sıcak pres makinesinde termoplastik kısmı eritilerek plaka haline getirildi ve çekme testi yapılarak değişkenlerin çıkan ürünün mukavemeti üzerine etkisi incelendi. Plakayı farklı yönlerde çekerek yapılan testlerin sonucunda yönle birlikte en yüksek mukavemet değerini veren açının da değiştiği gözlemlendi. Sonuçta her iki yönde de optimum sonucu veren 45° örgü açısının ideal olduğu kararına varıldı. Bundan sonraki çalışmalarda diğer parametrelerin hibrit kumaşların mukavemeti üzerine etkisi incelenecektir.

Anahtar: Hibrit kumaş, Termoplastik takviye, Örgü açısı



The Effect of Braiding Angle on the Strength of Carbon Fiber Hybrid Fabrics Reinforced with Thermoplastics

Abstract

Hybrid fabrics, created by combining two or more yarns with different properties, are widely used in the textile industry and have seen increasing application in engineering-focused textile composites. By optimizing the materials and ratios of the yarns, hybrid fabrics can achieve excellent mechanical properties while remaining lightweight and cost-effective. These fabrics allow for tailored material choices to suit different applications. In this project, hybrid fabrics were produced using the braiding method, combining carbon technical fibers with thermoplastic materials such as polyamide (PA) and polypropylene (PP), which are widely preferred in the manufacturing industry for their low cost, processability, and versatility. The braiding method was chosen due to its automation compatibility, low production cost, and ability to customize the product by adjusting various parameters to achieve the desired final shape. The mechanical properties of the resulting products were influenced by multiple variables, including the braiding angle range, yarn dimensions, and the number of spools. The hybrid fabrics, braided with different materials and angles, were subsequently transformed into plates using a hot pressing machine at various temperature and pressure settings determined through the Taguchi method. During this process, the thermoplastic component was melted, and tensile tests were conducted to evaluate the effects of these variables on the strength of the final product. The results of tensile tests conducted by pulling the plates in different directions showed that the angle yielding the highest strength varied with direction. Ultimately, a 45° braiding angle was determined to be the optimal configuration for achieving balanced mechanical performance in both directions. Future studies will investigate the effects of other parameters on the strength of hybrid fabrics.

Keywords: Hybrid fabric, Thermoplastic reinforcement, Braiding angle



1. Giriş

Endüstrilerin hafif ve yüksek performanslı malzemelere olan talebi, kompozit malzemelerin kullanımını artırmaktadır. Otomotiv, havacılık, imalat, denizcilik ve rüzgar enerjisi gibi sektörler, hafiflik, dayanıklılık ve enerji verimliliği gibi özelliklere sahip kompozit malzemelere büyük ilgi göstermektedir. Çevre dostu malzemelere olan talep arttıkça, kompozit malzemelerin sürdürülebilir özellikleri ve geri dönüştürülebilirlik potansiyeli dikkat çekmektedir. Kompozit malzeme üretim teknolojilerindeki gelişmeler, daha verimli üretim süreçleri, daha çeşitli tasarım seçenekleri ve daha rekabetçi maliyetler sunmaktadır. Bu da kompozit malzemelerin kullanımını yaygınlaştırmaktadır. Bunun sonucunda da birçok sektörde olduğu gibi tekstil kompozitlerinin de kullanımı artmaktadır. [1] [2]

Tekstil kompozitlerinde ip, örgü kumaş, dokuma kumaş gibi çeşitli tekstil ürünleri kullanılarak uygun reçine ile kompozit malzeme üretilmektedir. Günümüzde üretilen üründe hedeflenen teknik isteklere daha uygun maliyetli bir biçimde ulaşmak adına hibrit kumaş çalışmaları yapılmaya başlanmıştır. [3] [4]

Yüksek performans ve mukavemete sahip, hafifleştirmeye ve diğer fonksiyonel özelliklerin kazandırılmasına yönelik polimer esaslı malzemelerin geliştirilmesini amaçlayan bu projede de, karbon teknik elyafı ile imalat sektöründe düşük maliyet, işlenebilirlik ve geniş bir uygulama yelpazesi sunmaları nedeniyle sıklıkla tercih edilen, termoplastik malzeme olan polyamid, polipropilen malzemeleri kullanılarak örgü yöntemi ile hibrit kumaş üretimi yapıldı. [5] Hibrit edilecek malzemeler ve üretim sürecindeki kriterler değiştirilerek birbirleriyle uyumlulukları ve proses edilebilirlikleri ayarlandı. Örgü yönteminin tercih edilmesinde üretim maliyetinin az olması ve istenen son şekle yakın üretim yapılabilmesi gibi faktörler etkilidir. Oluşacak ürünün mekanik özelliklerine etki eden örgü açısı aralığının etkisini gözlemlemek adına, farklı açılarla örülen hibrit kumaşlar, daha sonrasında Taguchi yöntemiyle belirlenen farklı sıcaklık ve basınç ayarlarında sıcak pres makinesinde termoplastik kısmı eritilerek plaka haline getirildi ve çekme testi yapılarak örgü açısının çıkan ürünün mukavemeti üzerine etkisi incelendi.

2. Materyal ve Yöntem

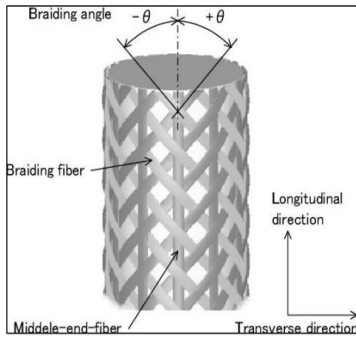
Malzemelerin birçok avantajı ve dezavantajı bulunmaktadır. Projede üretilen ürünlerin hedeflenen kullanım alanı olan imalat sektörüne yönelik en ideal ürüne ulaşmak adına bu avantajlar ve dezavantajlar göz önünde bulundurularak malzeme seçimi yapıldı ve gerekli teknik özelliklere ulaşmak adına en uygun oranlarda hibrit braided kumaş

üretildi. PA (Polyamid) ve PP (Polipropilen) gibi termoplastik malzemeler, imalat sektöründe düşük maliyet, işlenebilirlik ve geniş bir uygulama yelpazesi sunmaları nedeniyle sıklıkla tercih edilmektedir. Bu malzemeler, otomotiv, beyaz eşya ve ambalaj gibi alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. PA ve PP, kimyasal dirençleri, mekanik dayanımları ve yüksek üretim hızlarına olanak tanıyan geniş işleme sıcaklığı aralığı ile öne çıkar. Özellikle PP, düşük yoğunluğu, mükemmel yorulma direnci ve kimyasal dayanıklılığı sayesinde, maliyetin ve üretim hızının önemli olduğu uygulamalarda ideal bir malzeme olarak kabul edilir. Bu sebeple, PA ve PP gibi termoplastikleri, maliyet etkinliği ve işlenebilirliği ile öne çıktıklarından dolayı tercih edildi. Karbon teknik fiberle birlikte kullanılarak hibrit kumaş üretimi gerçekleştirildi. [5] [6]

Hibrit kumaşlar braiding (örgü) yöntemiyle geliştirildi. Bu çalışmada kumaşların üretim yöntemlerinden olan dokuma (weaving) değil, örgü (braiding) yönteminin tercih edilmesinde üretim maliyetinin az olması ve istenen son şekle yakın üretim yapılabilmesi gibi faktörler etkili olmaktadır. [7]

2.1. Örgü (Braiding) Üretim Yöntemi

Örgü, braiding makinesinde sürekli fiberlerin birbirine sarılmasıyla (birlikte bükerek birbirlerinin üzerine koyarak) örülmesi tekniğidir. Weaving (dokuma) ile farkı dokumada (weaving) ipler birbirine dik açılarla iç içe geçer, örgüde (braiding) ise belirli açılarda çaprazlanır. Bu açı optimizasyonu ile istenen mukavemet özelliklerine erişilebilir. [8] [9]



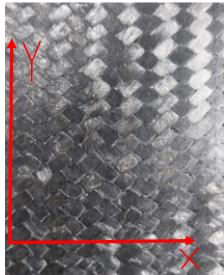
Şekil 1. Örgü Açısı [12]

Farklı malzemelerle ve örgü şekilleriyle istenen son şekle ve çarpma dayanımı gibi son ürün özelliklerinin istenen değerlerine ulaşabilmektedir. Bu özellikler üretilen ürünün hangi alanda hangi amaçla kullanılacağına göre belirlenmekte ve bu özelliklere kullanılan fiberin malzemesi, kalınlığı, örgü açısı, örgü hızı, kullanılan makine ve taşıyıcı sayısı gibi parametrelerin oluşturduğu örgü geometrisiyle ulaşılmaktadır. [10]

Farklı türde malzemelere göre kullanım alanına uygun esnekliklerin kazanımı için hibrit oranları, örgü açıları ve örgü hızlarının farklı olduğu farklı kombinasyonların hibrit kumaşların mekanik değerleri üzerine etkisi mevcut olup bu projede örgü açısının etkisi incelendi. Örgü makinesinde farklı açı değerlerine ulaşmak için farklı proses ayarları yapıldı, 30°- 45°- 60° örgü açılarında hibrit kumaşlar örüldü. Bu bağlamda örgü açısının belirlenmesi, malzeme biliminde lif yerleşim düzeninin ve bu düzenin ürün performansına etkilerinin optimizasyonu için stratejik bir adım olup açıların uygun şekilde tasarlanması, ürünün performans ve dayanım özelliklerini iyileştirmekte önemli bir rol oynamaktadır.

2.2. Son Ürün Haline Gelene Kadar Ürünün Geçtiği Aşamalar

Üretim prosesinde, ilk olarak hibrit kumaş için belirlenen ağırlık oranında teknik elyaf ve termoplastik elyafların kuklaya sarıldıktan sonra, makineye yerleştirilip istenen açı değerlerine ulaşmak için denemeler sırasında elde edilen motor hızı, çekim hızı, elyaf gerginliği gibi makine parametreleri ayarlandı. Makine ayarları tamamlandıktan sonra, ayarlar girilince örgü işlemine başlandı ve bobinler, makinenin döner yapısı sayesinde belirli bir desende ve belirli bir gerginlikte örgü oluşturdu. Örülmüş ürün, istenen boyut ve forma ulaşana kadar sürekli olarak üretildi. Örgü işlemi tamamlanan ürün, kesim işlemiyle üretim prosesinin gereksinimlerine göre ayarlanan boyutlarda kumaş haline getirildi. Kesim işlemi sırasında, örgü yapısının bozulmaması için dikkatli bir işlem gerçekleştirilmesi önemli rol oynamaktadır. Kesilen kumaşlar, malzemenin preslenmesi için hazır hale getirildi ve Taguchi yöntemiyle belirlenen parametre değerleriyle pres makinesi ayarları yapıldıktan sonra pres makinesine yerleştirildi. Bu aşamada termoplastiklerin eriyip teknik fiberlerin arasına nüfuz etmesi ve malzemenin homojen bir yapıya ulaşması sağlanması için uygulanan basınç ve sıcaklık, termoplastik malzemenin fiberlerle iyi bir şekilde kaynaşmasını sağladığından ürünün nihai mekanik özelliklerini büyük ölçüde etkilemekte ve büyük önem arz etmektedir. Bu işlem sonucunda kumaş, termoplastik ile takviye edilmiş bir plaka haline geldi. Bu plakalar, örgü açısının ürünlerin mukavemetleri üzerine etkisini görmek için çekme testine tabi tutuldu.



Şekil 2. Örülmüş Ürünün Plaka
Hali ve Yön Gösterilmesi



Şekil 3. X Yönünde
Yapılan Çekme Testi



Şekil 4. Y Yönünde
Yapılan Çekme Testi



2.3. Taguchi Yöntemi

Taguchi Yöntemi, ürün ve süreç geliştirme çalışmalarında verimliliği artırmak amacıyla kullanılan deney tasarım yöntemlerinden biridir. Bu yöntem, çok sayıda deney yapmadan süreç parametrelerinin optimizasyonunu sağlayarak, maliyetleri düşürür ve zaman tasarrufu sağlar.

Deney tasarım yöntemlerinde zaman ve maliyet açısından kısıt oluşturan çok fazla deney önerilmektedir. Taguchi bunu azaltmak adına geliştirdiği deney tasarımında hangi gözlem sırasında hangi parametrenin hangi seviyesinin olacağını belirten diziler olan ortogonal dizi yönteminde deney faktörlerinin seviyelerini ayrı ayrı değiştirmek yerine eş zamanlı olarak değişimini önermesiyle diğer yöntemlere göre daha az sayıda deney ile güvenilir sonuçlar alınmasını sağlamaktadır. [11]

Projede, örgü açısı, basınç ve sıcaklık gibi parametreler üzerinde Taguchi Yöntemi kullanılarak çekme mukavemeti optimize edilmiştir.

Bu çalışmada, üç farklı üretim parametresi ve her bir parametre için üç seviye değerlendirilmiştir:

- A: Örgü açısı (°): 30, 45, 60
- B: Basınç (bar): 30, 40, 50
- C: Sıcaklık (°C): 260, 280, 300

Bu parametreler kullanılarak toplamda 9 deney koşulu oluşturulmuş ve çekme mukavemeti (N) ölçülmüştür. Sonuçlar, Sinyal/Gürültü (S/N) oranlarıyla analiz edilmiştir. S/N oranı, performans değişkenliğini azaltmaya yönelik olarak belirlenmiş olup, daha yüksek S/N oranı, optimizasyon açısından daha iyi sonuçlar vermektedir.

Her bir parametrenin farklı seviyeleri için ortalama S/N oranları hesaplanmış ve bu değerlere göre en uygun parametre kombinasyonu belirlenmiştir. Aşağıda her bir parametrenin analizi detaylandırılmıştır.

- Örgü Açısı (A): Örgü açısı 45° olduğunda S/N oranı en yüksektir. Bu durum, 45° örgü açısının çekme mukavemetini arttırmada daha etkin olduğunu göstermektedir.
- Basınç (B): Basınç açısından bakıldığında, 40 bar seviyesinde en yüksek S/N oranı gözlemlenmiştir. Basıncın 40 bar seviyesinde çekme mukavemeti üzerindeki etkisinin en iyi seviyeye ulaştığı görülmüştür.
- Sıcaklık (C): Sıcaklık parametresinde, 260°C'de en yüksek S/N oranı gözlemlenmiştir. Yüksek sıcaklıklarda malzemenin çekme mukavemeti azalmaya başlar, bu nedenle optimum sıcaklığın daha düşük seviyelerde olduğu belirlenmiştir.



3. Sonuçlar

Optimizasyon sonucunda hesaplanan optimum S/N oranı 69,199 olarak bulunmuştur. Teorik çekme mukavemeti 2883,80 N olarak hesaplanmış, ancak yapılan uygulama sonucu çıkan çekme mukavemeti 3028,2 N olarak ölçülmüştür. Bu sonuç, optimizasyonun başarılı olduğunu ve deneysel sonuçların teorik beklentilere oldukça yakın olduğunu göstermektedir.

Optimum Parametre Kombinasyonu:

Optimum parametre kombinasyonu şu şekilde belirlenmiştir:

- Örgü açısı: 45°
- Basınç: 40 bar
- Sıcaklık: 260°C

Sonuç:

Taguchi Yöntemi ile yapılan bu çalışma, üretim parametrelerinin optimize edilmesinde etkili sonuçlar sağlamaktadır. Deneysel sonuçların teorik sonuçlara yakın olması, bu yöntemin doğruluğunu ve güvenilirliğini pekiştirmektedir. Sonuç olarak, 45° örgü açısı, 40 bar basınç ve 260°C sıcaklık koşulları, çekme mukavemetini en üst düzeye çıkarmak için ideal parametrelerdir. Bu bulgular, çalışma kapsamında kullanılacak olan hibrit braided kumaşların performansını iyileştirmek için önemli bir rehber niteliği taşır.

Bu veriler ışığında, 45° örgü açısının hem çekme mukavemeti hem de homojenizasyon açısından en uygun açı olduğu belirlenmiştir. Aşağıda bu açının gelecek süreçlerde tercih edilme gerekçeleri sıralanmıştır:

- Dengeli Lif Yerleşimi: 45° örgü açısında lifler hem eksenel hem de yanal yönde dengeli bir şekilde yerleşerek, malzemenin çekme dayanımı, darbe dayanımı ve esnekliği gibi mekanik özelliklerini dengeli bir şekilde optimize eder.
- Yüksek Homojenizasyon: 45° örgü açısında elde edilen düşük yoğunluk farkı, malzeme genelinde homojen bir yapı oluşmasını sağlar. Bu durum, termoplastik polimerin lifler arasında tam bir entegrasyon sağlayarak boşlukların minimize edilmesine olanak tanır.
- Presleme Verimliliği: Homojen bir yoğunluk dağılımı, presleme işlemi sırasında malzemenin daha iyi yayılmasına ve istenen mekanik özelliklerin her bölgede tutarlı bir şekilde elde edilmesine yardımcı olur. Bu, özellikle savunma sanayi gibi yüksek performans gerektiren uygulamalarda malzemenin güvenilirliğini artırır.



- Optimum Performans: 45° örgü açısı, çekme mukavemeti ve homojenizasyon açısından optimum performansı sağlayarak, malzemenin nihai ürün haline getirilmesi sürecinde daha yüksek kalite standartlarına ulaşmayı sağlar.

Bu nedenle, malzeme üretimi sırasında 45° örgü açısı tercih edilerek, malzemenin her bölgesinde dengeli bir yoğunluk sağlanabilir ve polimer ile lifler arasında mükemmel bir entegrasyon elde edilebilir. Gelecek süreçlerde 45° örgü açısının tercih edilmesi, nihai ürünün kalite ve performansını artırarak, özellikle yüksek performans gerektiren uygulamalarda güvenilir sonuçlar elde edilmesini sağlayacaktır.

3.1.Farklı Yönlerde Yapılan Çekme Testi Sonuçları

3.1.1. Y Yönü Çekme Mukavemeti

Tablo 1.Y Yönü Çekme Testi Sonuçları

Örgü Açısı	Ortalama Çekme Mukavemeti Değeri
60°	885,541 N
45°	759,035 N
30°	1277,806 N

3.1.2. X Yönü Çekme Mukavemeti

Tablo 2. X Yönü Çekme Testi Sonuçları

Örgü Açısı	Ortalama Çekme Mukavemeti Değeri
60°	26036,656 N
45°	16435,945 N
30°	12836,905 N

Test sonuçlarına göre, 30° örgü açısında Y yönünde en yüksek çekme mukavemeti, 60° örgü açısında ise X yönünde en yüksek çekme mukavemeti elde edilmesine rağmen, 45° örgü açısının tercih edilmesinin birkaç teknik sebebi vardır:

- 45° örgü açısı, liflerin hem aksel hem de yanal doğrultuda yerleştirildiği, yani çok yönlü yük taşıma kapasitesini sağlayan bir açı yapısı sunar. Bu durum, liflerin yük altında dengeli bir şekilde dağılmasına ve malzemenin hem X hem de Y yönlerinde dengeli performans göstermesine katkı sağlar.
- 30° örgü açısı, liflerin aksel doğrultuda yoğunlaşması nedeniyle yüksek Y yönü çekme mukavemeti sunabilir, ancak X yönünde esneklik ve darbe dayanımını



düşürebilir. Aynı şekilde, 60° örgü açısı, liflerin daha yanal yerleşmesi nedeniyle Y yönünde yüksek mukavemet sunarken, X yönünde çekme dayanımında zayıf sonuçlar verir. Bu dengesizlik, malzemenin tek bir yönde yük altında kırılma olasılığını artırabilir.

- 45° örgü açısında, X ve Y yönleri arasındaki mekanik performans farkı diğer açılara kıyasla daha dengelidir. Y yönünde 759,035 N, X yönünde ise 16435,945 N çekme mukavemeti elde edilmiştir. Bu denge, malzemenin farklı yönlerden gelecek yüklere karşı daha güvenilir ve dayanıklı olmasını sağlar.

- Özellikle karmaşık yükleme senaryolarında (darbe, basınç veya çok yönlü kuvvetler altında), 45° örgü açısının çok yönlü yük taşıma kapasitesi sayesinde malzemenin genel yapısal bütünlüğü korunur.

- 45° örgü açısı, çekme mukavemeti, darbe dayanımı ve esneklik gibi özelliklerde optimum bir denge sağlar. Bu, malzemenin hem X hem de Y yönünde eşit oranda dayanıklılık göstermesine olanak tanır.

Bazı uygulamalarda, malzemenin sadece tek bir yönde yüksek çekme mukavemeti göstermesi yeterli olmayabilir. Hem X hem de Y yönlerinde denge sağlayan bir yapı, uygulama ihtiyaçlarını karşılamak açısından daha güvenilirdir.

Çekme testlerinde X ve Y yönlerinde en yüksek mukavemetin farklı örgü açılarında elde edilmesine rağmen, 45° örgü açısı dengeli performansı, çok yönlü yük taşıma kapasitesi ve homojen dağılım sağlaması nedeniyle tercih edilmiştir. Bu örgü açısı, sadece çekme mukavemeti değil, aynı zamanda malzemenin homojenliği, stabilitesi ve darbe dayanımı açısından da optimum performansı sunar. Gelecek süreçlerde bu açı tercih edilerek, malzemenin karmaşık yükleme koşulları altında daha güvenilir ve dengeli performans sergilemesi sağlanabilir.

4. Tartışma

Bu projede imalat sektöründe kullanılmasına yönelik ürün üretimi yapılmıştır. Kullanım alanlarına uygun mukavemet değerlerine ulaşmak için farklı örgü açıları denenmiştir. Seçilen alanlarda karbon içeriğini artırarak hibridizasyon, bu belirli alandaki mukavemeti veya sertliği artırmak için kullanılırken, diğer fiber malzemelerle yerel olarak daha yumuşak hale getirilmiş. Hangi örgü açısının ideal olduğu bulunmuştur. Farklı yönlerde yapılan çekme testlerinde farklı örgü açılarında en yüksek mukavemet değerlerinin alınması ama her açıda sonucun iyi olması hedeflendiğinden 45° örgü açısıyla optimum sonuç elde edildiğine karar verilmiştir. Daha yüksek mukavemet değerleri iki yönde de elde edilmesi için diğer parametrelerde değişiklik yapıp



denemeler yapılabilir. Bundan sonraki çalışmalarda diğer parametrelerin etkisi incelenip, mukavemet değerleriyle karşılaştırma yapılabilir.

Teşekkür

Bu çalışmanın yapılmasına öncülük eden ve desteklerini esirgemeyen İhsan Ömer Necipoğlu'na, çalışmada yardımcı olup yürütülmesinde destek olan fabrika müdürümüz Alpaslan Üstün'e teşekkür ederiz.

Referanslar

- [1] M. G. C. E. Werner Hufenbach, «Hybrid 3D-textile reinforced composites with tailored property profiles for crash and impact applications,» *Composites Science and TEchnology*, 2009.
- [2] C. E. Umut Yılmaz, «Havacılık ve Savunma Sektöründe Kompozit Malzemelerin Geleceği,» *Savunma Bilimleri Dergisi*, pp. 77-109, Kasım 2015.
- [3] N. N. R. J. S. A. D. F. A. M. R. R. Ahmad Fuad Ab Ghani, «Hybrid Carbon/Glass Fiber Reinforced Polymer; A Frontier Material for Aerospace Industry : A Review on Mechanical Properties Enhancement,» *CURRENT SCIENCE AND TECHNOLOGY (CST)*, November 2021.
- [4] A. & P. M. & M. S. & b. K. & M. S. Hussain, «Performance evaluation of conventional and hybrid woven fabrics for the development of sustainable personal protective clothing,» *Environmental Science and Pollution Research*, 2020.
- [5] P. J. L. B. K. D. Praveen Kumar A., «Hybridization of Polymer Composites,» *International Journal of Advanced Materials Science*, pp. 173-182, 2012.
- [6] T. M. K. A. S. K. P. P. M. D. R. T. A. M. N. S. K. S. R. INDU SHEKAR, «Hybrid Fabrics for Structural Composites,» *JOURNAL OF INDUSTRIAL TEXTILES*, July 2011.
- [7] S. O. P. P. Benjamin Dauda, «Characterising Mechanical Properties of Braided and Woven Textile Composite Beams,» *Applied Composite Materials*, pp. 15-31, 2009.
- [8] K. Bilisik, «Three-dimensional braiding for composites: A review,» *Textile Research Journal*, 26 July 2012.
- [9] Y. Kyosev, Braiding Technology for Textiles.
- [10] H. D. KARTHIK RAMANI, «Design and Process for Preformed Woven, Knitted, and Braided Thermoplastic Composite Reinforced Arrester,» *Journal of Composite Materials*, 2002.



- [11] E. KAPÇAK, *TAGUCHI METODU KULLANILARAK KAYNAK PROSES PARAMETRELERİNİN OPTİMİZASYONU: SOMUN KAYNAK OPERASYONU İÇİN BİR UYGULAMA*, Balıkesir, 2022.
- [12] Örgü Açısı. [Art]. 2024.