

KÜR SÜRECİNİN TABAKALI KOMPOZİT MALZEMELERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

Arzu KORUVATAN¹, Tuncer KORUVATAN¹, Nurettin ARSLAN², Faruk ŞEN¹

¹Kara Harp Okulu Dekanlığı, Teknik Bilimler Bölümü, Bakanlıklar, Ankara

²Balıkesir Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Çağış Kampüsü, Balıkesir

ÖZET

Bu çalışmada, kür sürecinin tabakalı kompozit malzemelerin mekanik özellikleri üzerine etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Bu amaçla, farklı kür süreçleri kullanılarak dört farklı tabakalı kompozit malzeme üretilmiştir. Kompozit üretiminde, matris malzemesi olarak epoksi reçine ve takviye elemanı olarak cam fiberler kullanılmıştır. Üretilen tabakalı kompozit levhaların her biri, dört tabakacıktan meydana getirilmiştir, $[0^\circ]_4$. Kür süreci için sıcaklıklar 90 ve 120 °C olarak seçilmiştir. Kür zamanı olarak ise 1.5 ve 4 saatlik süreler uygulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Tabakalı kompozit, kür süreci, mekanik özellikler, epoksi*

ABSTRACT

In this study, the effect of cure process on mechanical properties of laminated composite materials was investigated experimentally. For this reason, four different laminated composite materials were produced using different cure processes. During the composite production, epoxy resin and glass fibers were used as matrix and reinforcement materials respectively. Each of produced laminated composite plates was oriented from four laminas, $[0^\circ]_4$. The temperatures for curing processes were selected as 90 and 120 °C. Moreover, 1.5 and 4 hours were performed as curing time.

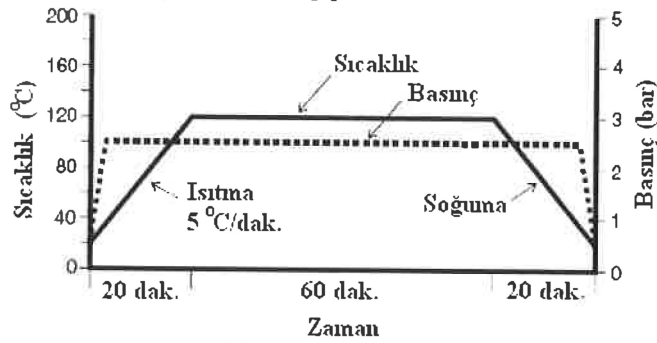
Key words: *Laminated composite, cure process, mechanical properties, epoxy*

1. Giriş

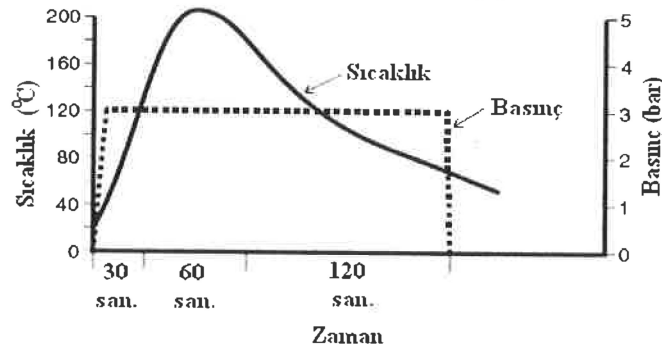
İki veya daha malzemenin makroskobik düzeyde birleştirilmesi ile elde edilen yeni malzeme, kompozit malzeme olarak adlandırılmaktadır. Fiber takviyeli polimer kompozitler ise özellikle ikinci dünya savaşından sonra yaygın mühendislik malzemeleri olarak birçok uygulamada yeni ve çekici malzemeler olarak ortaya çıkmıştır. Günümüzde bu yapıdaki kompozitler hava araçları, uzay araçları, uydular, gemiler, denizaltılar, otomobiller, kimyasal işlem donanımları, sportif araçlar, alt yapı sistemleri, insan sağlığı açısından çok önemli olan

tıbbi protezler ve mikro elektronik aletlerde yaygın bir kullanım alanına sahiptirler [1]. Son yıllarda üretilen yapısal parçalar, daha büyük daha ince ve daha karmaşık olduğundan, kür süreci kabul edilebilir mukavemet ve mekanik özelliklerin geliştirilmesinde en önemli aşama haline gelmiştir. Özellikle kür uygulanmış kompozit malzemeler geleneksel metal malzemelerinkinden bir hayli üstün mukavemete ve özelliklere sahip olabilmektedir. İyi bir tabakalı kompozit levha, doğru tabaka dizilişine, doğru elyaf/reçine oranına, doğru elyaf hacim oranına, düşük boşluk hacmine ve en önemlisi doğru kür derecesine sahip olması gerekir. Doğru tabaka dizilişi, el yatırması sürecinin bir fonksiyonudur ve kürdeki ya da kimyasal süreçlerdeki hiçbir şey tabaka dizilişlerindeki bir değişikliği etkilemez. Doğru reçine içeriği, viskozite ve akışın bir fonksiyonudur. Düşük boşluk hacmi, akış özelliklerinin, buharlaşma hacminin, viskozitenin ve kür boyunca akışkan hidrostatik basıncının bir sonucudur. Kür derecesi, reçine viskozitesinin, sıcaklığın, zamanın ve reçinenin polimerizasyonu için gereken kimyasal reaksiyonun bir fonksiyonudur. Bu karakteristiklerin üçü reçinenin kür süreci boyunca meydana gelen kimyasal reaksiyonlarla direkt olarak ilgilidir [2].

Temel kür süreci, önceden belirlenmiş zaman dönemlerinde ısı ve basıncın sistematik olarak uygulanmasını içerir. Kompozit malzemelerin üretimlerinde, reçine üreticileri tarafından tavsiye edilen kür çevrimleri uygulanır. Her kompozit malzeme sistemi birbirinden farklı kür çevrimine sahiptir. Kür süresi, normal koşullarda parçanın kalınlığı ve kullanılan katalizör (sertleştirici) miktarına bağlı olarak değişmektedir. Kompozit malzemeler için tipik bir kür çevrimi diyagramı Şekil 1'de görülmektedir [3].



Şekil 1. Tipik bir kür çevrimi [3]

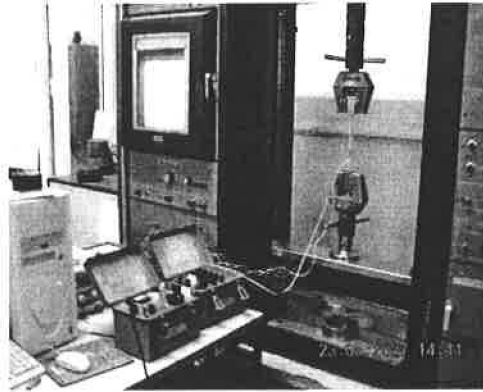


Şekil 2. Modifiye edilmiş tipik bir kür çevrimi [3]

Uygun denemelerden sonra kür çevrimleri modifiye edilebilir. Örneğin; küçük parçaların yüksek üretim oranları için Şekil 2’de görüldüğü gibi daha kısa bir zaman için daha yüksek kür sıcaklığı kullanılabilir [3].

2. Deneysel Çalışma

Bu çalışmada, farklı kür süreçlerine sahip dört farklı tabakalı kompozit malzeme üretilmiştir. Kompozit üretiminde, matris malzemesi olarak epoksi reçine kullanılırken, takviye elemanı olarak cam fiberler kullanılmıştır. Üretilen tabakalı kompozit levhaların her biri dört tabakacıktan meydana getirilmiştir, $[0^{\circ}]_4$. Kür süreci için sıcaklıklar 90 ve 120 °C olarak seçilmiştir. Zaman olarak ise 1,5 ve 4 saatlik süreler uygulanmıştır. Mekanik özelliklerin tespit edilebilmesi amacıyla, üretilen tabakalı kompozit levhalardan ASTM standartlarına (ASTM 3410-75, ASTM 3039-76, ASTM D 5379) uygun boyutlarda numuneler hassas bir şekilde hazırlanmıştır [4-6]. Testler, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mekanik Laboratuvarındaki 20 kN yük kapasiteli Instron 1114 Test Makinesi’nde yapılmıştır. Her bir özelliğin tespiti için test edilmek üzere üçer numune hazırlanmıştır. Daha sonra her bir özellik için ortalama test değerleri elde edilmiştir. Kompozit numunelere gerinim ölçerler yapıştırılarak birim uzama değerleri ölçülmüştür. Mekanik özelliklerinin deneysel olarak bulunması sırasında oluşturulan düzenek Şekil 3’te gösterilmiştir.



Şekil 3. Deney düzeneği (Instron 1114)

3. Sonuçlar

Yapılan testler neticesinde elde edilen mekanik özellikler Tablo 1-4’te gösterilmiştir. Bu tablolardan görüldüğü üzere, kür süreci kompozit malzemenin mekanik özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir. Elde edilen değerlere göre, 120°C sıcaklık ve 4 saat kür uygulanan kompozit malzemenin mekanik özelliklerinin diğerlerinden daha iyi olduğu anlaşılmıştır. Bir başka ifadeyle, daha iyi mekanik özellikler edilebilmesi açısından, kür süreci için seçilen sıcaklıklar içerisinde 120 °C sıcaklığın, 90 °C sıcaklıktan daha uygun olduğu bunun yanında, 4 saatlik sürenin 1,5 saatlik süreden daha iyi olduğu anlaşılmıştır.

Tablo 1. 90 °C sıcaklıkta 1,5 saat kür uygulanan kompozit malzemelerin mekanik özellikleri

Malzeme Özellikleri	Sembol	Birim	Değer
Elyaf Hacim Oranı	V_f	%	57
Elyaf Yönündeki Elastisite Modülü	E_1	MPa	41173
Elyafa Dik Yöndeki Elastisite Modülü	E_2	MPa	10654
Kayma Modülü	G_{12}	MPa	6785
Poisson Oranı	ν_{12}	-	0.22
Elyaf Yönündeki Çekme Mukavemeti	X_c	MPa	760
Elyafa Dik Yöndeki Çekme Mukavemeti	Y_c	MPa	110
Elyaf Yönündeki Basma Mukavemeti	X_b	MPa	842
Elyafa Dik Yöndeki Basma Mukavemeti	Y_b	MPa	154
Kayma Mukavemeti	S	MPa	94

Tablo 2. 90°C sıcaklık ve 4 saat kür uygulanan kompozit malzemenin mekanik özellikleri

Malzeme Özellikleri	Sembol	Birim	Değer
Elyaf Hacim Oranı	V_f	%	54
Elyaf Yönündeki Elastisite Modülü	E_1	MPa	40950
Elyafa Dik Yöndeki Elastisite Modülü	E_2	MPa	9984
Kayma Modülü	G_{12}	MPa	5486
Poisson Oranı	ν_{12}	-	0.22
Elyaf Yönündeki Çekme Mukavemeti	X_c	MPa	787
Elyafa Dik Yöndeki Çekme Mukavemeti	Y_c	MPa	112
Elyaf Yönündeki Basma Mukavemeti	X_b	MPa	798
Elyafa Dik Yöndeki Basma Mukavemeti	Y_b	MPa	138
Kayma Mukavemeti	S	MPa	86

Tablo 3. 120°C sıcaklık ve 1,5 saat kür uygulanan kompozit malzemenin mekanik özellikleri

Malzeme Özellikleri	Sembol	Birim	Değer
Elyaf Hacim Oranı	V_f	%	55
Elyaf Yönündeki Elastisite Modülü	E_1	MPa	42952
Elyafa Dik Yöndeki Elastisite Modülü	E_2	MPa	10470
Kayma Modülü	G_{12}	MPa	6882
Poisson Oranı	ν_{12}	-	0.24
Elyaf Yönündeki Çekme Mukavemeti	X_c	MPa	763
Elyafa Dik Yöndeki Çekme Mukavemeti	Y_c	MPa	108
Elyaf Yönündeki Basma Mukavemeti	X_b	MPa	786
Elyafa Dik Yöndeki Basma Mukavemeti	Y_b	MPa	145
Kayma Mukavemeti	S	MPa	92

Tablo 4. 120°C sıcaklık ve 4 saat kür uygulanan kompozit malzemenin mekanik özellikleri

Malzeme Özellikleri	Sembol	Birim	Değer
Elyaf Hacim Oranı	V_f	%	57
Elyaf Yönündeki Elastisite Modülü	E_1	MPa	45933
Elyafa Dik Yöndeki Elastisite Modülü	E_2	MPa	12524
Kayma Modülü	G_{12}	MPa	5680
Poisson Oranı	ν_{12}	-	0.25
Elyaf Yönündeki Çekme Mukavemeti	X_c	MPa	885
Elyafa Dik Yöndeki Çekme Mukavemeti	Y_c	MPa	116
Elyaf Yönündeki Basma Mukavemeti	X_b	MPa	875
Elyafa Dik Yöndeki Basma Mukavemeti	Y_b	MPa	165
Kayma Mukavemeti	S	MPa	98

Teşekkür

Yazarlar, deneylerin Dokuz Eylül Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Mekanik Test ve Araştırma Laboratuvarında yapılmasına imkân veren Mekanik Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Onur Sayman'a teşekkür etmektedirler.

Kaynaklar

- [1] Tong, L., Mouritz, A.P. and Bannister, M., "3D Fibre Reinforced Polymer Composites", Elsevier-2002.
- [2] Reinhart, T.J., "Engineered Materials Handbook", Vol.1, Composites, In C.A. Dostal (Eds.), ASM International Handbook Committee, New York-1994.
- [3] Redux bonding technology, Hexcel Corporation-2003.
- [4] Mallick, P. K. "Fiber-Reinforced Composites Materials, Manufacturing, and Design", Marcel Decker-1993.
- [5] Jones, R. M. "Mechanics of Composite Material", Taylor & Francis-1999.
- [6] Gibson, R. F. "Principals of Composite Material Mechanics", Mc Graw-Hill-1994.

