

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DEĞİŞİK TAKVİYELİ KOMPOZİT MALZEMENİN
MATKAPLA DELİNEBİLİRLİĞİNİN VE YÜZEY
PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN ARAŞTIRILMASI**

Nusret CANPOLAT

Tez Yöneticisi
Yrd. Doç. Dr. Haşim PIHTILI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ELAZIĞ, 2008

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DEĞİŞİK TAKVİYELİ KOMPOZİT MALZEMENİN
MATKAPLA DELİNEBİLİRLİĞİNİN VE YÜZEY
PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN ARAŞTIRILMASI**

Nusret CANPOLAT

Yüksek Lisans Tezi

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu seminer, tarihinde aşağıda belirtilen jüri tarafından oybirliği /oyçokluğu ile başarılı / başarısız olarak değerlendirilmiştir.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Haşim PIHTILI

Üye: Doç. Dr. Haldun KELEŞTEMUR

Üye: Yrd. Doç. Dr. Cihan ÖZEL

Üye:

Üye:

Bu seminerin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanması sırasında çalışmalarımı teşvik eden, her türlü yakın ilgi ve yardımlarını esirgemeyen, danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Haşim PIHTILI Bey'e, Bölüm başkanımız Sayın Prof. Dr. Ali İNAN Bey'e, Sayın Yrd. Doç. Dr. Mete Onur KAMAN Bey'e, İl Özel İdaresi Genel Sekreteri Sayın Vali Yrd. Enver ERDEM Bey'e, bölümümüz öğrencisi Doğukan SARI Bey'e, malzeme temini konusunda yardımcı olan TAI firmasına, deneylerin yapılması sırasında çalışmalarına yardımcı olan Elazığ İl Özel İdaresi atölye personelleri Adnan EKİNCİ, Osman BUDAK, Mustafa GÜNDOĞDU ve Selim Sıtkı DEMİRCİ Bey'e yine araştırmalarımnda yardımcı olan Mak. Yük Müh. Avni DİLLİ Bey ve Bilgisayar Yük Müh. Suna YILDIRIM Hanıma, beni her zaman destekleyen eşime ve aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR

İÇİNDEKİLER.....	I
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	III
TABLolar LİSTESİ.....	VI
SİMGELER LİSTESİ.....	VII
ÖZET.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
1.GİRİŞ.....	1
2.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	3
3. KOMPOZİT MALZEMELER.....	7
3.1. Kompozit Malzemelerin Tanımı.....	7
3.2 Kompozitlerin Malzemelerin Yapı Bileşenleri	7
3.3 Matris Malzemeler.....	7
3.3.1. Plastikler	8
3.3.2 Plastik Çeşitleri.....	8
3.3.2.1. Elastomerler	8
3.3.2.2. Termo Plastikler.....	8
3.3.2.3. Termosetler.....	9
3.4. Katalizörler.....	9
3.5. Dolgu Malzemeleri ve Boyalar.....	10
3.6. Takviye Malzemeler.....	10
3.6.1. Cam Lifler.....	11
3.6.2. Wisker	11
3.6.3. Karbon Fiber.....	11
3.6.4. Kevlar..	11
3.7. Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması.....	12
3.7.1. Matriks Malzemesine Göre.....	12
3.7.2. Takviye Malzemesine Göre.....	12
3.7.2.1. Partikül Takviyeli Kompozit Malzemeler.....	12
3.7.2.2. Fiber (Elyaf) Takviyeli Kompozit Malzemeler.....	13
3.7.2.3. Tabakalı Yapı Takviyeli Kompozit Malzemeler.....	13

3.8. Kompozitler İçin Karışım Kuralı.....	14
3.9. Kompozit Malzemelerin Mekaniği.....	15
3.9.1. Mikromekanik Analiz.....	15
3.9.2. Makromekanik Analiz	15
3.10. Kompozit Malzemelerin Uygulama Alanları.....	15
3.10.1. Denizcilik Sanayi.....	16
3.10.2. Korozyona Dayanıklı Ürünler.....	16
3.10.3. Sağlık.....	16
3.10.4. Ulaşım.....	16
3.10.5. Spor Araçları.....	17
3.10.6. Otomotiv.....	17
3.10.7. Müzik aletleri.....	18
3.10.8. İnşaat.....	18
3.10.9.Savunma Sanayindet.....	18
4. MATKAP İLE DELME.....	19
4.1. Matkaplar.....	19
4.2. Helisel Matkap Gereçleri.....	21
4.3. Delme.....	23
5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	24
5.1. Deneylerde Kullanılan Malzemeler.....	24
5.1.1. Deneylerde Kullanılan Malzemelerin İmali.....	25
5.2. Delme İşlemleri.....	27
5.3. Kesici Takımlar.....	28
6. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	29
6.1. Yüzey Pürüzlülüklerinin İncelenmesi.....	29
6.2. CYCOM7701 Kompozitleri.....	32
6.3. CYCOM7714 Kompozitleri.....	40
6.4. ISOVAL11 Kompozitleri.....	47
6.5. Yüzey Pürüzlülüğüne Etki Eden Faktörler.....	57
7. GENEL SONUÇLAR VE İRDELEME.....	61
8. ÖNERİLER.....	63
KAYNAKLAR.....	64
ÖZGEÇMİŞ.....	67

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. Partikül takviyeli kompozitlerin yapısı

Şekil 3.2. Değişik şekilli Elyaf takviyeli kompozitler

Şekil 3.3. Tabakalı Kompozitlerin yapısı

Şekil 4.1. Helisel Matkap

Şekil 5.1. Kompozit Malzemeleri üretmek için kullanılan soğuk pres

Şekil 5.2. Kompozit Malzemeleri üretmek için kullanılan sıcak pres

Şekil 5.3. Deneylerin yapıldığı matkap tezgahı, önden görünüş

Şekil 6.1. CYCOM7701-A kompoziti

Şekil 6.2. CYCOM7701-B kompoziti

Şekil 6.3. CYCOM7701-C kompoziti

Şekil 6.4. CYCOM7701 kompoziti için örgü yoğunluğu ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi
($s=0,056$ mm/dev, $n=125$ dev/dak, $d=5$ mm)

Şekil 6.5. CYCOM7701 kompoziti için örgü yoğunluğu ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi
($s=0,112$ mm/dev, $n=250$ dev/dak, $d=10$ mm)

Şekil 6.6. CYCOM7701 kompoziti için örgü yoğunluğu ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi
($s=0,16$ mm/dev, $n=315$ dev/dak, $d=15$ mm)

Şekil 6.7. CYCOM7701 kompoziti için matkap malzemesi ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi
(Örgü yoğunluğu= 170 g/m²,yarı mamul kalınlığı= $0,1$ mm)

Şekil 6.8. CYCOM7701 kompoziti için matkap malzemesi ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi
(Örgü yoğunluğu= 485 g/m²,yarı mamul kalınlığı= $0,25$ mm)

Şekil 6.9. CYCOM7701 kompoziti için matkap malzemesi ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi
(Örgü yoğunluğu= 610 g/m²,yarı mamul kalınlığı= $0,35$ mm)

Şekil 6.10. $d=15$ mm HSS matkap ile delinmiş CYCOM7701-B kompoziti SEM fotoğrafı (x1000)

Şekil 6.11. $d=15$ mm HSS matkap ile delinmiş CYCOM7701-B kompoziti SEM fotoğrafı (x2000)

Şekil 6.12. CYCOM7714-A kompoziti

Şekil 6.13. CYCOM7714-B kompoziti

Şekil 6.14. CYCOM7714 kompoziti için örgü yoğunluğu ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi
($s=0,056$ mm/dev, $n=125$ dev/dak, $d=5$ mm)

Şekil 6.15. CYCOM7714 kompoziti için örgü yoğunluğu ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi
($s=0,112$ mm/dev, $n=250$ dev/dak, $d=10$ mm)

Şekil 6.16. CYCOM7714 kompoziti için örgü yoğunluğu ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi ($s=0,16$ mm/dev, $n=315$ dev/dak, $d=15$ mm)

Şekil 6.17. CYCOM7714 kompoziti için matkap malzemesi ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi (Örgü yoğunluğu= 370 g/m², yarı mamul kalınlığı= $0,27$ mm)

Şekil 6.18. CYCOM7714 kompoziti için matkap malzemesi ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi (Örgü yoğunluğu= 142 g/m², yarı mamul kalınlığı= $0,105$ mm)

Şekil 6.19. $d=15$ mm HSS matkap ile delinmiş CYCOM7714-B kompoziti SEM fotoğrafı (x1000)

Şekil 6.20. $d=15$ mm HSS matkap ile delinmiş CYCOM7714-B kompoziti SEM fotoğrafı (x2000)

Şekil 6.21. $d=15$ mm HSS matkap ile delinmiş CYCOM7714-B kompoziti delik etrafı SEM fot. (x250)

Şekil 6.22. $d=15$ mm HSS matkap ile delinmiş CYCOM7714-B kompoziti delik etrafı SEM fot. (x1000)

Şekil 6.23. ISOVAL 11-A Kompoziti

Şekil 6.24. ISOVAL 11-B Kompoziti

Şekil 6.25. ISOVAL 11-C Kompoziti

Şekil 6.26. ISOVAL 11-D Kompoziti

Şekil 6.27. ISOVAL 11-E Kompoziti

Şekil 6.28. ISOVAL 11-F Kompoziti

Şekil 6.29. ISOVAL 11 Kompozit kalınlığı ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi ($s=0,056$ mm/dev, $n=125$ dev/dak, $d=5$ mm)

Şekil 6.30. ISOVAL 11 Kompozit kalınlığı ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi ($s=0,112$ mm/dev, $n=250$ dev/dak, $d=10$ mm)

Şekil 6.31. ISOVAL 11 Kompozit kalınlığı ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi ($s=0,16$ mm/dev, $n=315$ dev/dak, $d=15$ mm)

Şekil 6.32. ISOVAL 11 kompoziti için matkap malzemesi ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi (Örgü yoğunluğu= $0,2$ g/cm³, malzeme kalınlığı= 2 mm)

Şekil 6.33. ISOVAL 11 kompoziti için matkap malzemesi ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi (Örgü yoğunluğu= $0,2$ g/cm³, malzeme kalınlığı= $3,5$ mm)

Şekil 6.34. ISOVAL 11 kompoziti için matkap malzemesi ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi (Örgü yoğunluğu= $0,2$ g/cm³, malzeme kalınlığı= 5 mm)

Şekil 6.35. $d=15$ mm HSS matkap ile delinmiş ISOVAL11-C kompoziti SEM fotoğrafı (x500)

Şekil 6.36. $d=15$ mm HSS matkap ile delinmiş ISOVAL11-C kompoziti SEM fotoğrafı (x2000)

Şekil 6.37. ISOVAL 11 kompoziti için matkap malzemesi ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi (Örgü yoğunluğu= $0,2$ g/cm³, malzeme kalınlığı= 7 mm)

Şekil 6.38. ISOVAL 11 kompoziti için matkap malzemesi ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi (Örgü yoğunluğu= $0,2$ g/cm³, malzeme kalınlığı= 10 mm)

Şekil 6.39. ISOVAL 11 kompoziti için matkap malzemesi ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi
(Örgü yoğunluğu=0,2g/cm³, malzeme kalınlığı=14 mm)

Şekil 6.40. Matkap malzemesi ile ortalama Ra'nın değişimi

Şekil 6.41. İlerleme/devir/çap ile ortalama Ra'nın değişimi

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 4.1. Çeşitli malzemelerde kullanılan helisel matkap uçlarının helis ve bileme açıları

Tablo 4.2. Kesme takım malzemelerinin sertlik değerleri

Tablo 5.1. Deneylerde kullanılan kompozit malzemeler

Tablo 6.1. Deney parametreleri ve sonuçlar

Tablo 6.2. Regresyon katsayıları

Tablo 6.3. Anova

Tablo 6.4. Model özeti

Tablo 6.5. Regresyon analizi için malzeme tanımı

Tablo 6.6. Regresyon analizi için sınıflandırma tanımı

SİMGELER LİSTESİ

		<u>Birim</u>
ρ_c	: Kompozit malzeme özgül ağırlığı	(gr/cm ³)
f	: Hacim yüzdesi	(% oran)
f_t	: Takviye malzemesi hacim yüzdesi	(% oran)
f_m	: Matriks malzemesi hacim yüzdesi	(% oran)
ρ_t	: Takviye malzemesi yoğunluğu	(gr/cm ³)
ρ_m	: Matriks malzemesi yoğunluğu	(gr/cm ³)
V	: Matkap delme hızı	(m/ dak.)
d	: Matkap çapı	(mm)
n	: Matkap dönme hızı	(devir/dak.)

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DEĞİŞİK TAKVİYELİ KOMPOZİT MALZEMENİN MATKAPLA DELİNEBİLİRLİĞİNİN VE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN ARAŞTIRILMASI

Nusret CANPOLAT

Fırat Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

2008, Sayfa: 65

Plastik matrisli kompozitler özellikle savunma sanayi başta olmak üzere taşımacılık ve inşaat gibi dayanım, mukavemet ve hafiflik istenilen alanlarda önem arz etmektedir. İmalat endüstrisi modern talaşlı imalat yöntemleri geliştirmelerine rağmen, geleneksel delik delme yöntemi ekonomikliği ve basit uygulanabilirliği gibi sebeplerden dolayı hala en yaygın kullanılan işleme prosesidir. Delme prosesi savunma, havacılık ve otomobil endüstrilerinde oldukça yaygın kullanılmaktadır. Bu proste, delme performansı ve delik kalitesi değişik kesme parametreleri, matkap türleri ve matkap çaplarının, değişik takviyeli ve kalınlıkları farklı kompozitlerde uygulanmak suretiyle incelenmiştir Delme deneyi, 5mm,10 mm ve 15 mm çapında HSS,TiN ve Karbür matkaplarla 125 dev/dak, 250 dev/dak ve 315 dev/dak kesme hızlarında ve 0,056 mm/dev, 0,112 mm/dev ve 0,16 mm/dev ilerleme değerlerinde yapılan kuru delme deneyinde iş parçası olarak değişik takviyeli kompozitlerde yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda, devir ve ilerleme hızı arttıkça işlenmiş yüzeydeki yüzey pürüzlülüğünün arttığı tespit edildi. Küçük çaplı matkaplarda yüzey pürüzlülüğü açısından daha iyi sonuçlar alındı. HSS matkaplarda yüzey pürüzlülüğünün arttığı buna karşın TiN kaplı ve karbür matkaplarda ise azaldığı ve en iyi işlenmiş yüzey kalitesinin karbür matkaplar kullanıldığı zaman elde edildiği tespit edildi. Ayrıca, tüm numunelerin fotoğrafları Elektro mikroskop(SEM) altında çekildi ve bu fotoğraflardaki yüzey pürüzlülük durumu incelendi.

Anahtar kelimeler: Plastik matrisli kompozit, matkapla delme, yüzey pürüzlülüğü

ABSTRACT

M.S. Thesis

INVESTIGATION OF SURFACE ROUGHNESS AND DRILLABILITY OF DIFFERENT REINFORCED COMPOSITE MATERIAL IN DRILLING

Nusret CANPOLAT

Fırat University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

2008, Page: 65

Plastic reinforced composite materials are important in transporting and structure areas for strength and lightness. Although the manufacturing industry develops modern machining processes, it is still a machining process used in general because of the economic and basic applicability of conventional drilling method. The drilling process has generally been used in defending, aeronautic and automotive industry. In this study, drilling performance and hole quality were investigated in different cutting parameters, drill types and diameters, composites with different reinforced and thickness. The drilling experiment was performed in 125, 250 and 315 rpm cutting speeds and 0.056, 0.112 and 0.16 mm/rev feed rates by using HSS, TiN and carbide drills with 5, 10 and 15 mm diameters. The different reinforced composites were used as work piece material in the experiments. It was determined that the surface roughness on the machining surface also increased, as the speed and feed rate increased. The results taken from view of the surface roughness by the drills with the small diameter were higher efficient. It was found while the surface roughness increased by HSS drills, it decreased by TiN and carbide drills and the quality of the best machining surface was obtained when carbide drills used. In addition, the photographs of specimens were taken under the SEM and surface roughness behaviors on these photographs were investigated.

Keywords: Plastic matrix composite, drilling, surface roughness.

1.GİRİŞ

İki veya daha fazla malzemenin uygun özelliklerini bir araya getirerek tek malzemede toplamak veya yeni bir özellik ortaya çıkarmak amacıyla makro düzeyde birleştirilmesi sonucu oluşturulan malzemelere “**Kompozit Malzemeler**” denir. Diğer bir ifade ile güçlendirici (partikül) veya fiber şeklinde bir malzeme ile bir matris yada bağlayıcı bir maddenin karışımıdır.

Kompozit malzemenin kullanıldığı yerlerde malzemelerden değişik performans beklenmektedir. Her ne kadar tüm kullanıcılar en yüksek performansı en hızlı bir üretimle ve en düşük maliyetle gerçekleştirmeyi arzusalar da, bu üç faktörü aynı anda karşılamak hemen hemen imkansızdır. Örneğin havacılık sanayi için öncelik, güvenlik açısından yüksek performans hem de maliyet önemlidir. Otomobil sanayi ise düşük maliyet ile hızlı bir üretime öncelik verilmektedir.

Kompozit malzemeler örneklerini tabiattan almışlardır. Çok eski yıllardan beri kullanıldıkları bilinmektedir. Tabiattan iyi bir örnek olarak çam ağacını verebiliriz. Memleketimizde kırsal yörelerde bina inşaatlarında kullanılan kerpiç dediğimiz saman çöpleri ile takviye edilmiş çamurda kompozit için iyi bir örnektir. Kompozit malzemeler genelde kendilerini oluşturan malzemelerin en iyi özelliklerini gösterecek biçimde teşkil edilirler.

Kompozit malzemelerin günümüz teknolojisinde önemi hızla yükselmektedir. Özellikle Plastik Matrisli Kompozit (PMK) malzemeler; uzay ve uçak sanayisinde, otomotiv endüstrisinde (piston, motor parçaları, fan ve kompresörde), spor ve deniz malzemelerinde; başka bir deyişle hafiflik, rijitlik, ısı direnci, yüksek mukavemet, iyi aşınma direnci gibi birçok özelliklerinden dolayı geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Temel olarak fazla ağırlık istenmeyen ancak mukavemetin fazla olması istenen yerlerde çelik ve benzeri metallerin yerine kompozit malzemeler kullanılmaktadır.

Kompozit malzeme teşkili ile düzeltilebilecek özellikler şu şekilde sıralanabilir:

- a) Yüksek Mukavemet
- b) Rijitlik
- c) Korozyona karşı direnç
- d) Yüksek aşınma direnci
- e) Düşük ağırlık
- f) Isı ve ses izolasyonu

- g) Isıya dayanım
- h) Estetik görünüm

Bu özelliklerin hepsinin aynı anda olması beklenemez, kullanım yeri ve özelliklerine bağlı olarak ihtiyaç duyulan özellikler arttırılarak elde edilirler.

Bakalitin (resin) bulunması, polyester, epoksi, polyamid ve silikon gibi diğer resinlerin (matriks) geliştirilmesine yol açmıştır. Ancak bu malzemelerin çok kırılğan ve esnek olması onların tek başlarına kullanılmasını mümkün kılmamış, çeşitli dolgu maddeleriyle takviyesini gerektirmiştir Yeni geliştirilen matrikslerin takviye yöntemiyle arzulanan özellikleri haiz kılmak II. Dünya Savaşı ve sonrası önemli bir araştırma konusu olmuş bu konuda pek çok deney ve uygulama yapılmıştır. Bu araştırma ve geliştirme çalışmaları cam fiberin geliştirilmesine ve bu polyesterle birlikte kompozitin malzeme haline getirilmesine yol açmıştır Cam fiber/polyester matrisli bu kompozitin çeşitli uçaklarda bal peteği ile sandviç yapı formunda kullanılmış ve sonuçlar arzulanan doğrultuda olmuştur Savaş sonrası polyesterlerin yerine epoksilerin almasına karşın cam fiberler günümüzde de mekanik özellikleri ve maliyet avantajları ile pazarda önemli yer tutmaktadır.

Bunların yanında bazı dezavantajları da göz ardı etmemek gerekir, bunlarda;

- a) İmalat güçlükleri
- b) Pahalı olması
- c) İşlenmede gerekli yüzey kalitesinin elde edilememesi
- d) Diğer malzemeler gibi geri dönüşümünün olmayışı gibi faktörler sayılabilir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Kompozitlerin işlenmesiyle ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde, daha çok karşımıza metal matrisli kompozitler (MMK) çıkmaktadır. Genel olarak MMK'ler üzerinde yapılan delme testlerinde klasik yüksek hız çeliği (HSS) matkaplar kullanıldığı zaman takım aşınmasının fazla olduğu ve deliğin yüzey pürüzlülüğünün zayıf olduğu görülmüştür [1]. McGinty vd. tarafından yapılan çalışmada, Du-Pant tarafından imal edilen alümina fiber ile takviyeli alüminyum matrisli malzeme kullanılmıştır [2]. Tosun, Karbür takımlar ile delme yapılırken takım aşınmasının, ilerleme hızının bir fonksiyonu değiştiği fakat matkap hızındaki değişikliklere bağlı olmadığı bulunmuştur. Bu çalışmada, PCD (çok kristalli elmas) matkaplarla yapılan deneysel çalışmadan elde edilen sonuçların karbür matkaplar ile elde edilen sonuçlara benzediği ve bu nedenle de MMK malzemeler delinirken PCD matkaplardan ziyade daha ucuz olan karbür matkapların kullanılması gerektiği belirtilmiştir [3].

Brun vd, MMK işlenebilirliğini, klasik ve deneysel takımların geniş bir koleksiyonunu kullanarak araştırmışlardır. Bütün kesme takımlarında aşınma hızlı bir şekilde meydana gelirken, sadece çok kristalli elmas takımlarda uzun takım ömrü elde edilmiştir[4].

Konig ve Grass fiber takviyeli termosetlerin delinmesini yüzey pürüzlülük miktarını ölçerek analiz etmişler ve deliklerin yüzey dokusu üzerinde çalışmışlardır. Yüzey yapısında ilerlemenin artması ile yüzey pürüzlülük değerlerinin düştüğü görülmüştür [5].

Chamber ve Stepfens tarafından yapılan çalışmada, MMK ler farklı kesme takımları kullanarak tornada işlenmiştir. PCD matkaplarda yüksek aşınma direncinin mevcut olduğu, takım ömrünün daha uzun olduğu ve bu matkaplarla işlemenin yapılması durumunda en iyi yüzey pürüzlülük değerlerinin elde edildiği görülmüştür [6]. Monaghan vd. metal matristi kompozitin PCD uçlu matkap, kaplanmış HSS matkap, karbür matkap kullanılarak bir dizi delme testleri yapmışlar ve takım üzerindeki kesme kenar aşınması, delme torku, kesme kuvvetleri üzerinde takım malzemesinin sertliğinin etkisini araştırmışlardır. Takım malzemesi sertliğinin kesme kenar aşınması, delme torku, kesme kuvvetleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu görülmüştür [7].

Wern vd. tarafından yapılan çalışmada, grafit/epoksi kompozitin delme deneyleri değişen ilerleme oranlarında iki farklı PCD uçlu matkap kullanılarak yapılmış ve işlenmiş yüzeylerinin yüzey pürüzlülükleri incelenmiştir. Delikler üzerinde matkap geometrisinin etkisinin çok önemli olduğu görülmüştür. İlerleme oranının artmasıyla yüzey pürüzlülüğünün düştüğü görülmüştür[8].

Mubaraki vd. metal matrisli kompoziti WC, PCD, HSS matkaplar kullanarak delme testleri yaparak matkaplardaki aşınmayı incelemişlerdir. HSS matkaplarda yan kenar aşınması ile birlikte uç aşınması, WC matkaplarda hem uç aşınması hem de kesme kenar aşınması gözlenirken PCD matkaplarda ise krater oluşumuna rastlanmamıştır [9].

Durante vd. alüminyum esaslı metal matrisli kompozitlerin işlenmesinde, elmas uçlu takımlar ile standart tungsten karbür takımlar arasındaki bağıl problemleri araştırmışlardır [10].

El-Gallab ve Sklad yaptıkları çalışmada işlenmiş partiküllü metal matrisli yüzey pürüzlülüğü üzerinde durmuşlardır. Kuru tornalama testlerini farklı kesme hızlarında, farklı ilerleme oranlarında ve farklı kesme derinliklerinde yaparak kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisini araştırmışlardır [11]. Büyük paso kalınlığı ve yüksek ilerleme hızlarında yüzey pürüzlülüğünün düştüğü görülmüştür [12]. Lin vd. alüminyum matrisli kompozitin farklı kesme hızlarında talaş şekillerini incelemişlerdir. Yapılan bu çalışmada, SiC partiküllerinin Al alaşıma ilavesiyle gevreklikteki düşme MMK'lerin işlenmesi esnasında yarı sürekli talaşların oluşmasını sağlamıştır [13].

Iuliano vd. metal matrisli kompozitin torna ile işlenmesinde elmas kaplı ve büyük kesme açılı karbür takımların davranışlarını karşılaştırmışlardır. Yüzey pürüzlülük, takım aşınması üzerinde belli ilerleme hızlarında ve kesme hızlarında kesme parametrelerinin etkisini araştırmışlardır. Karbür takımlarla işleme yapıldığı zaman düşük yüzey pürüzlülüğü ve yüksek takım ömrü elde etmişlerdir [14].

Joshi vd. metal matrisli kompozitin torna tezgahında işlenmesi sırasında karbür takımın aşınmasını ve kopan talaşın analizini yapmışlardır. Bu çalışmada kesme açısının azalmasıyla daha geniş çaplı talaşlar elde edilmiştir [15].

Barnes vd. tarafından yapılan bir çalışmada ise, kompozitin matris mikro yapısının delme performansı üzerindeki etkisi araştırılmış olup, aşınma mekanizmasının abrasyon olduğu görülmüştür [16].

S.Arul, L.Vijayaraghavan, S.K.Malhatta ve R.Krishnamurty yaptıkları çalışmalarında Polimerik Kompozitlerde Delik Kalitesi Üzerinde Titreşimli Delmenin Etkisini incelemişler. Polimerik kompozitlerinin delinmesinde, minimum yan ektili ve daha uzun takım ömrü sağlayan bir teknoloji bulmayı amaçlamışlardır. Özellikle delme boyunca besleme yönündeki parçaya düşük frekans, yüksek gerilim vererek yeni bir delme metodu üzerinde durmuşlardır. Yüksek hız çeliği (High Speed Steel) matkap kullanılarak bir seri titreşimli delme ve klasik delme deneyleri,

delme gücünü ve dizilim faktörünü değerlendirmek için fiber-destekli plastik kompozitler üzerinde yürütülmüştür [17].

Marta Fernandes, Chris Cook Tek vuruşlu/atımlı delme matkabı kullanarak karbon kompozitlerin delinmesi üzerine çalışılarda bulunmuş. Delmenin ve maksimum gücü ve torku etkileyen faktörleri tesbit etmişlerdir Delme boyunca üretilen delme gücü ve tork, delme matkabının giysisinin ve deliğin kalitesiyle ilgili önemli bilgi içerir [18].

A.Velayudham, R.Krishnamurty, T.Sundarapandion Yüksek Hacimli Fiber Glass Destekli Polimerik Kompozitin delme karakteristiklerinin değerlendirilmesi ile ilgili yaptıkları çalışmalarında yüksek hacimli cam fiber destekli kompozitlerin delinmesinin dinamiklerini anlamayı amaçlamıştır. Yüksek fiber hacminde, fiberler çok fazla gevşeme göstermediği ve polimerik kompezitlerle ilişkili normal delik büzülmesinin delme boyunca ortaya çıkan titreşimle birbirleriyle bağlantılı olduğu gözlemlenmiştir [19].

Wen-Chau Chen Karbon Fiber destekli plastik (CFRP) kompozitlerin delinmesinde bazı deneysel araştırmalarında delme işlemleri boyunca kesme gücünün varyasyonlarını araştırmak için gerçekleştirilmiştir. CFRP kompozit materyallerin delinmesinde kesme gücü varyasyonları üzerinde delme parametrelerinin ve takım geometrisinin etkileri de deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel sonuçlar göstermiştir ki tabakalar halinde dizilimsiz kesme işlemleri, uygun takım geometrisi ve delme parametrelerinin seçimiyle elde edilebilir. Aynı zamanda tabakalar halinde dizilim faktörü üzerinde delme parametrelerinin ve takım zırhının etkileri sunulmuş ve ele alınmıştır. Delme işlemi boyunca yanmadan doğan hasarı engellemek için optimum kesme şartları önerilmiştir [20].

Literatür incelemeleri sonucunda genellikle kompozitlerin işlenmesi üzerinde yapılan çalışmalar matkap ömrü üzerine yoğunlaşmıştır. Fakat işleme sonrası malzeme üzerinde fazla incelemeler yapılmadığı görülmüştür. Bu çalışmada, kompozit malzemenin matkapla işlenirken, iş parçası yüzey pürüzlülüğü üzerinde; ilerleme hızının, devir sayısının, matkap cinsi ve matkap çapının etkileri araştırılmıştır.

3. KOMPOZİT MALZEMELER

3.1. Kompozit Malzemelerin Tanımı

Şekil ve kimyasal bileşimleri farklı birbiri içerisinde pratik olarak çözünemeyen iki veya daha fazla sayıda makro bileşenin kombinasyonundan oluşan malzemeler olarak tanımlanabilir.

Belirli bir uygulama için malzemeden beklenen değişik özellikler (fiziksel, kimyasal ve mekaniksel) bu özelliklere sahip bileşenler tarafından sağlanır. Kompozit malzemeler makro ölçüde heterojen karakterli bir yapıya sahiptirler. İçyapılarına çıplak gözle bakıldığında yapı bileşenleri seçilip ayırt edilmesi genelde mümkündür.

3.2. Kompozit Malzemelerin Yapı Bileşenleri

Metalik, inorganik veya organik esaslı yapı bileşenlerinin kombinasyonundan kompozit malzemeler oluşturulmaktadır. Kombinasyonların seçiminde herhangi bir sınırlamama olamamakla beraber yapı bileşenlerinin sahip olabilecekleri geometrik şekiller sınırlıdır. Matriks ve takviyeler başlıca yapı bileşenleridir. Hacim bileşeni olan matrisin esas fonksiyonu diğer yapı bileşenlerinin kendi bünyesinde dağılmasını sağlamak, bu bileşenler arasında bağlayıcı bir faz etkisi göstermek, malzemeye gelen gerilmeleri takviye faza iletmek ve kompozit malzemenin uygun tekniklerle şekillendirilmesini sağlamaktır. Takviyeler ise kompozit malzemenin içyapısını oluşturan bileşenlerdir, çoğu zaman bir matris malzeme içerisinde yer almakla beraber bazı bileşenlerde hacim bileşeni olan matris mevcut olmayabilir. İki veya daha fazla farklı malzeme tabakalarının arasında bir bağ oluşturularak meydana getirilen sandviç yapılar bu tür kompozitlerdendir.

3.3. Matris Malzemeler

Kompozit malzemelerin imalinde matriks (tali faz) olarak çok çeşitli malzemeler kullanılmaktadır. Bunlar metaller, hafif metaller seramikler ve plastiklerdir.

Metal ve hafif metal matriks malzemeler teorik olarak kompozit malzemeyi teşkil eder ancak amaçlanan hafiflik ve imalat kolaylığı sağlanmadığından kullanımları tercih edilmezler. Matriks malzeme olarak en fazla tercih edilen malzemeler plastiklerdir, bu nedenle burada plastikler konu edilecektir.

3.3.1. Plastikler

Moleküllerin belli bir düzen içerisinde sıralanması ile oluşan organik kimyasal bir maddedir. Moleküllerin sıralanmasında yapılacak değişiklik farklı özellikler kazandırır. Bu özellikleri sayesinde özel amaçlar için değişik özelliklerde malzeme üretmek mümkündür. Bunları oluşturan molekül bağlarının fazla olması ve bunların farklı yerlerde farklı şekillerde kullanılması plastiklerin teorik olarak sonsuz çeşitte olabileceğini ortaya koyar.

3.3.2. Plastik Çeşitleri

Plastikler kullanımları sırasında gösterdiği özelliklere göre üç grupta gösterilebilir.

- a) Elastomerler
- b) Termo Plastikler
- c) Termosetler

3.3.2.1. Elastomerler

Yüksek esneklik gösteren polimerlerden meydana gelirler.

3.3.2.2. Termo Plastikler

Rijit yapıya sahip olmayan plastiklerdir. Isı altında yumuşadıklarından dolayı bu suretle şekillendirilebilirler. Şekil değişikliği esnasında kimyasal değişikliğe uğramazlar. Tekrar tekrar ısıtılıp yeni şekil alabilirler. Kompozit malzeme imalinde azda olsa kullanılırlar. Bazı örnekler;

<u>Termo Plastik</u>	<u>Kullanım Yeri</u>
Asetol reçineler	Şaft yatağı

Akrilikler	Işıklı reklâmlar
Selülozik	Selefon kâğıdı
Florokarbon	Teflon tava
Poliamitler	İp imalinde
İzosiyanatlar	Isı izolasyonu
Stiren	Okul gereçleri
Vinil	Boru
Polikarbonat	Trafik ışıkları

3.3.2.3. Termosetler

Bu tür plastik malzeme şekil aldıktan sonra sertleşir ve malzeme artık yumuşayıp şekil değiştiremez. Bazı örnekler;

<u>Termosetler</u>	<u>Kullanım Yeri</u>
Amino Reçineler	Tabak
Alkitler	Boya
Epoksi Reçineler	Uçakların iç donatımı
Furan Reçineler	Koruyucu metal kaplama
Fenolik Reçineler	Elektrik aksamalar
Slikonlar	Oto cilası

Plastik malzemeler genel olarak reçineler diye anılırlar. Kompozit malzeme imalinde en çok kullanılan reçineler Termosetlerdir. Bunlar içinde ise en çok kullanılanlar polyesterler, Fenolik reçineler, Epoksi reçineler ve Silikonlardır.

3.4. Katalizörler

Bunlar hızlandırıcı ve sertleştiricilerdir. Reçinelerin reaksiyon vermeleri ve jelleşip sertleşmeleri için çeşitli hızlandırıcılar operasyon şartlarına bağlı olarak farklı miktarlarda

kullanılırlar. Reçineye ilave edilecek sertleştirici miktarı reçine ağırlığının %0.5 ile %3 arasında olmalıdır. Hızlandırıcı ise genelde reçine ağırlığının %0.5 ile % 4 arasında kullanılmalıdır.

3.5. Dolgu Malzemeleri ve Boyalar

Dolgu malzemeleri bazı hallerde reçine ile birlikte kullanılarak mukavemet kazandırır. Ve daha ucuz olduklarında mamulün fiyatını düşürür. Reçinenin sertleşmesi sırasında çatlamayı önler, büzülmeyi azaltır ve daha düzgün yüzeyler elde edilmesini sağlar.

En fazla kullanılan dolgu maddeleri karbonatlar ve kildir. Reçine içerisinde %10 ile %70 arasında bulunabilirler. Boya ve benzeri maddelerde reçine içine doğrudan karıştırılırlar. Genellikle reçine miktarının %0.05 ile %0.1 'i kadar kullanılırlar.

Boya ve dolgu malzemelerinin yanı sıra reçinenin içine yanmayı geciktirici, elektriksel özellikleri düzenleyici hatta ultra viyole ışıklarını absorbe edecek katkı maddelerinin de reçineye karıştırılabileceği bilinmektedir.

3.6. Takviye Malzemeler

Reçineler pek çok malzeme ile takviye edilebilirler. Plastik fiberler, metal veya hafif metal fiberler, tabii fiberler, karbon ve cam fiberler çok kullanılanlarıdır. Cam fiberlerin kompozit malzeme imalinde ayrı bir yeri ve önemi vardır.

3.6.1. Cam Lifler

Camı oluşturan ham maddeler bir fırında eritmek suretiyle üzerinde 400 ile 2400 delik bulunan kovanlardan aşağıya kendi ağırlığıyla akıtılarak belli bir hızda masuralara sarılmak suretiyle elde edilirler. Çekim hızına bağlı olarak 10 ile 15 mikron arasında kalınlıklara sahip elyaflar elde edilir. İstenilen özelliğe göre çeşitlenmişlerdir.

- a) Daimi Lif: Genellikle flaman sarma metodunda kullanılırlar ve çok yüksek mukavemet istenen yerlerde tercih edilirler.
- b) Kumaş Tipi: Mukavemeti yüksek ve iki yönlü takviye için elverişlidir. gr/m^2 ağırlığına göre tanımlanır. Kumaşın ağırlığı arttıkça mukavemeti azalır.

- c) Keçe Tipi: Belli uzunluklarda kırılan demetlerin belli bir boyda bir bağlayıcı ile bir araya getirilmeleri ile elde edilirler. Mukavemeti düşüktür.
- d) Küçük Lif: Liflerin daha küçük boylarda kırılması suretiyle imal edilen keçe imalinin ara ürünü olan liflerdir. Daha az mukavemet istenen yerlerde kullanılırlar.

3.6.2. Wisker

Liflere benzer şekilde olup aynı çaplara sahiptirler ancak daha kısa ve kütürler. Liflere göre çok daha iyi özelliklere sahiptirler. Kristallerin hemen hemen en mükemmel halleridir. Çelik wiskerler teorik olarak 220.000 daN/cm^2 'lik kopma mukavemetine sahiptirler.

3.6.3. Karbon Fiber

Karbon fiberler (lifler) ile takviye edilmiş kompozit malzemeler mukavemetlerinin ve rijitliklerinin cam lifleri ile imal edilen kompozitlere oranla çok fazla olması, yoğunluğunun az olması ve yorulma mukavemetlerinin fazla olması sebebi ile günümüzde kullanımları gittikçe artmaktadır. Uçak, roket ve türbin kanatçıklarının imalinde kullanılmaktadırlar.

3.6.4. Kevlar

İki versiyonu mevcuttur bunlar; Kevlar 29 ve Kevlar 49 'dur. Kevlar 29 kurşungeçirmez yelek ve sürtünen malzemelerde halat ve kablolarla araç lastiklerinde kullanılır. Kevlar 49 ise yüksek modüle sahip olduğu için takviye elemanı olarak yorulma ve kimyasal etkilere karşı özelliği de iyi olup cam ve karbon elyaflarla birlikte kullanılabilirler. Özellikle uzay sanayi alanlarında kullanımı yoğundur. Suyu karşı çok hassas olmaları dezavantajlarıdır.

3.7. Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması

3.7.1. Matris Malzemesine Göre

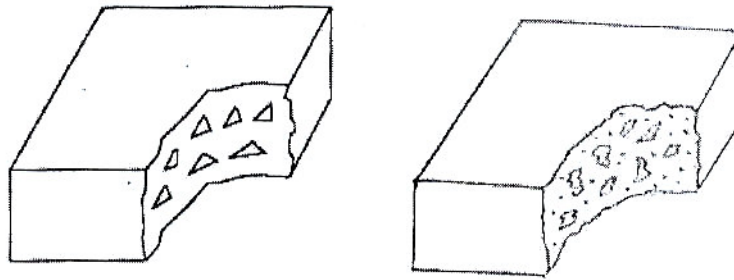
- a) Metal matriksli kompozit malzemeler
- b) Plastik matriksli kompozit malzemeler
- c) Seramik matriksli kompozit malzemeler

3.7.2. Takviye Malzemesine Göre

- a) Partikül takviyeli kompozit malzemeler
- b) Fiber (Elyaf) takviyeli kompozit malzemeler
- c) Tabakalı yapı takviyeli kompozit malzemeler

3.7.2.1. Partikül Takviyeli Kompozit Malzemeler

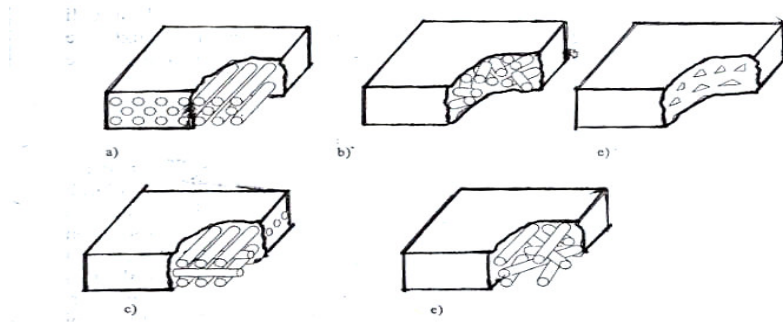
Partikül kompozitler bir veya iki boyutlu mikroskobik malzemelerin veya sıfır boyutlu kabul edilen çok küçük mikroskobik partiküllerin matriks fazıyla oluşturdukları malzemelerdir. En karakteristik özellikleri partikülleri matriks içinde tamamen rasgele dağılması ve bu nedenle malzemenin izotropik özellik göstermesidir.



Şekil 3.1. Partikül takviyeli kompozitlerin yapısı.

3.7.2.2. Fiber (Elyaf) Takviyeli Kompozit Malzemeler

- a) Camlar ve seramiklere fiber ilavesi ile tokluk artırılır. Yumuşak ve sünek Matriks içine sert dayanıklı elastikliği yüksek elyaf lar ilave edildiğinde çekme dayanımı yorulma dayanımı özellikleri iyileştirilir. Elyaf, malzemenin maruz kaldığı yükün çoğunu taşımaktadır. Elyaf lar örme veya şerit fitil şeklinde olduğu gibi tabakalar halinde yönlü elyaf lar da kullanılır. Polimer Matriks içine katılan cam elyaf lı kompozitler ulaşım ve uzay uygulamalarında kullanılmaktadır.
- b) Kısa elyaf olarak adlandırılan elyaf lar 3–5 mikron çapında 0.5–6 mm uzunluğunda üretilirler. Bu tip kısa elyaf takviyeli kompozitlerde elyaf lar rasgele yönlendirilirler. Üretim işlemlerinin hızlı, maliyetinin düşük ve şekil verme özelliğinin yüksek olması nedeniyle tercih edilirler.
- c) Rasgele düzlemsel yerleştirilmiş kompozitlerde kısa elyaf lardan oluşur. Elyaf ların Matriks içine yerleştirilmeleri ne kadar düzgün olursa elyaf hacim oranı o kadar artar. Kompozitin tüm yönlerdeki mekanik özellikleri elyaf ların yerleştirilmesine göre değişir.

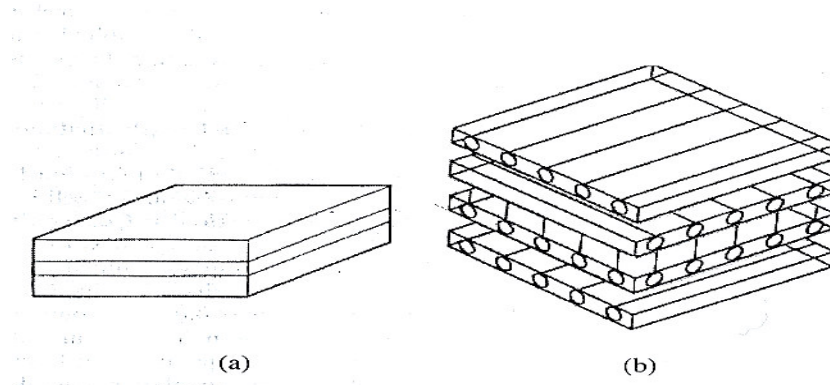


Şekil 3.2. Değişik şekilli Elyaf takviyeli kompozitler.

3.7.2.3. Tabakalı Yapı Takviyeli Kompozit Malzemeler

Temel malzeme eksenleri doğrultusunda değişik yönlerdeki tabaka ve katmanların üst üste konularak bir araya getirilmesi ile elde edilirler. Tabaklar, Matriks içerisinde rasgele yönelmiş elyaf lar, tek yönlü elyaf lar veya farklı elyaf takviyeli tabakalardan oluşabilir. Yapısal

uygulamalarda kullanılan kompozitler çok katlıdır. Her tabaka istenilen özelliğe göre değişen elyaf doğrultuları tek katlı kompozitten oluşabilir. Genelde her katman çok ince olup yaklaşık 0.1 mm kalınlığındadır. Tabakalardaki kompoziti oluşturan elemanlar aynı ise bunlara izotropik eğer farklı elemanlardan oluşuyorsa ortotropik diye adlandırılırlar.



Şekil 3.3. Tabakalı kompozitlerin yapısı. İzotropik yapı(a), Ortotropik yapı (b).

3.8. Kompozitler İçin Karışım Kuralı

Herhangi bir kompozit malzemenin çeşitli özellikleri kompoziti oluşturan yapı bileşenleri miktarlarına ve ayrı ayrı özelliklerine bağlıdır. Kompozit malzemelerde kombine özellikleri kesin olarak tanımlayan bir kural vardır. Bu kural karışım kuralıdır.

Bu kurala göre kompozit malzemenin pek çok fiziksel özelliklerini belirlemek mümkündür. Özgül ağırlık, elektrik iletkenliği, ısı iletkenliği, elastik modülü gibi. Sadece sertlik ve mukavemet karışım kuralı ile belirlenemez.

$$\rho_c = \sum f_i \cdot \rho_i \quad (3.1)$$

$$\rho_c = f_1 \cdot \rho_1 + f_2 \cdot \rho_2 + f_3 \cdot \rho_3 + \dots + f_n \cdot \rho_n$$

$$\rho_c = f_t \cdot \rho_t + f_m \cdot \rho_m \quad (3.2)$$

$$f_t + f_m = 1 \quad (3.3)$$

ρ_c :Kompozit malzeme özgül ağırlığı (gr/cm³)

f :Hacim yüzdesi (% oran)

f_t :Takviye malzemesi hacim yüzdesi (% oran)

f_m :Matriks malzemesi hacim yüzdesi (% oran)

ρ_t :Takviye malzemesi yoğunluğu (gr/cm³)

ρ_m :Matriks malzemesi yoğunluğu (gr/cm³)

3.9. Kompozit Malzemelerin Mekanik

Kompozit malzemelerin mekanik genel olarak iki alt grupta ele alınır.

a) Mikromekanik analiz

b) Makromekanik analiz

3.9.1. Mikromekanik Analiz

Analizde yapı bileşenlerinin kendi özelliklerinden hareket ederek ve aralarındaki karşılıklı etkileşimleri göz önünde tutarak Kompozit malzemenin hangi sınırlar içerisinde değişeceği tahmin edilir. Mikromekanikte amaç cisme etki eden dış kuvvetlerin etkisiyle heterojen malzeme içerisinde oluşan gerilimi veya şekil değiştirme anlamını tarif etmektir. Bu tür analizler özellikle Kompozit malzemelerin tasarımı açısından oldukça önemlidir.

3.9.2. Makromekanik Analiz

Bu tip analizde Kompozit malzemenin servis koşullarındaki mekaniksel davranışı incelenir. Örneğin dışarıdan uygulanan çekme geriliminin oluşturacağı deformasyonlar yapı bileşenlerinin ayrı ayrı deformasyonları yerine Kompozit malzemenin deformasyonu cinsinden ifade edilir. Gerek mikromekanik gerekse makromekanik analizlerden elde edilen sonuçlar yaklaşık değerler olup bazı durumlarda deneysel olarak ölçülen gerçek değerlerden oldukça büyük sapmalar görülebilir. Ayrıca mekanik analizleri basitleştirmek adına yapılan bazı varsayımların gerçek durumla olan uyumsuzlukları da bu sapmalarda önemli rol oynar.

3.10. Kompozit Malzemelerin Uygulama Alanları

Kompozit malzemeler artık gittikçe artan oranlarda ve yeni sektörlerde kullanılmaya başlanmıştır. Uzun zaman uçak sanayisindeki ihtiyaçların yönlendirdiği Kompozit malzeme gelişimleri son dönemde yeni birçok sektörde birçok farklı amaç için kullanılmaktadır.

3.10.1. Denizcilik Sanayi

Yelkenli Gövdesi; CTP, Balsa ve polimer köpük üstüne cam, aramid karbon dokumaları ile kaplanması.

Yat, Tekne Arkası Platform Basamaklar; CTP Yelken Direği; Kevlar+Epoksi

3.10.2. Korozyona Dayanıklı Ürünler

Su tankı; CTP

Mazgal Olukları; CTP

Yeraltı Boruları;

Marketlerde Dondurulmuş Gıda Reyonu Kaplaması; CTP

Rasathane Kubbesi; CTP

Açık Saha Dolapları: CTP

Çit; CTP

İlan Panoları; CTP

3.10.3. Sağlık

Tekerlekli sandalye; Cam veya Karbon Elyaf takviyeli Polyester

Tıbbi Tetkik Cihazları Dış Muhafazaları; CTP

3.10.4. Ulaşım

Traktör Kaporta

Kabin

Oturma Birimi; SMC

Toplu Taşıma Araçları Oturma Birimi; SMC

Konteynır Tabanı; GMT

Otobüs Havalandırma Kanalları

Port Bagaj Parçaları

Gösterge Paneli; CTP

Açık Alan Servis (Golf Arabası) araçları kaporta, tavan; CTP

Teleferik; CTP

Tren; Kompozit prepreg ve dokuma malzemeler türleri artan oranlarda tren konstrüksiyonunda maliyet ve ağırlık düşürmek amacıyla kullanılmaktadır. İskelette ağırlığın düşürülmesi enerji tasarrufu saklamakla beraber daha hızlı araçların geliştirilmesine katkıda bulunmaktadır. Ayrıca trenlerde malzemelerin yüksek katılığa sahip olmaları iskeletin desteklenmesine gerek olmaması anlamına gelmektedir ki böylece yolcu taşıma bölümü ayrılan mekan artırılabilir. Tren konstrüksiyonunda kolay ve hızlı değişebilen genellikle prepreg levhalar kullanılır. Böylece tekil zarar gören paneller hızla değiştirilebilmektedir.

3.10.5. Spor Araçları

Kompozit malzemelerin popüler olduğu yeni sektörler arasında spor araç ve gereçleri her geçen gün daha da öne çıkmaktadır. Özellikle ağırlığın azalması, dolayısıyla hareket kabiliyetinin artması ve dayanıklılığın artmasına neden olan cam ve karbon elyafı takviyeli kompozitler kullanılmaktadır. Kompozitler kano, sörf ve yatlar için çok önemli olan malzeme yorgunluğu ve darbe dayanımı konusunda üstün özelliklere sahiptirler. Dağ bisikletleri en iyi dayanım/ağırlık oranı ve en düşük ağırlık özellikleri kazanmak için karbon elyafı ile üretilmektedir. Korozyona dayanım, sok emme ve sağlamlık gibi üstün özellikler kazandırmaktadır. Ayrıca golf sopası, tenis raketi gibi spor ürünlerinde ağırlığı düşürmek için karbon elyafı takviyeli Kompozit malzemelerden üretilmektedirler.

3.10.6. Otomotiv

Otomobil firması müşterilerinin ihtiyaçlarına karşılık vermek çevresel şartların baskısı altında daha hafif otomobiller üretmektedirler. Hafifi otomobiller daha çabuk hızlanabilen, daha çabuk durabilen ilerlemek için daha küçük bir motora ve daha az benzine ihtiyaç duyan araç anlamına gelmektedir.

3.10.7. Müzik aletleri

London College of Furniture ve diğer bazı yerlerde ileri Kompozit malzemelerle müzikal enstrümanlar yapılması üzerine çalışmalar bulunmaktadır. İleri Kompozit malzemelerle yapılan yaylı sazlarda boyun kısmının tellerin gerilmesinden dolayı deforme olması karşılaşılan temel sorunlardandır.

3.10.8. İnşaat

Köprü Tabanı; CTP, Trabzani; CTP,
Yürüme yolları;CTP, Taşıyıcı Konstrüksiyon;CTP
Bina: Balkon Korkuluğu; CTP, Kapı; CTP, Taşıyıcı Konstruksiyon,
Yüzme Havuzu, Kapı Saçağı, Yer karoları; SMC
Bina Kaplama Panelleri: CTP, Küvet; CTP, Lavabo; CTP
Sokak Lambası; CTP

3.10.9. Savunma Sanayinde

Özellikle ileri Kompozit malzemeler havacılık ve savunma sanayinde çok geniş uygulama alanları bulmaktadır. Kompozit malzemelerinin hafifliklerine oranla üstün mekanik özellikleri uçaklarda ve helikopterlerde sadece iç mekan değil yapısal parçalarını da polimer esaslı kompozitlerle üretilmesine neden olmaktadır. Polimer matrisli malzemelerin en fazla tercih edildiği sektör havacılık sektörüdür. Günümüzde, askeri ve sivil uçak endüstrisinde kompozitleri, uçakların gövde ve motorlarında etkin bir şekilde uygulayan birçok üretici vardır.

4. MATKAP İLE DELME

Delme esas olarak, kesici takımla iş parçası arasında bağıl bir hareketle talaş kaldırmak suretiyle yapılan işlemdir. Bu işlem sırasında matkap veya iş parçası ya da ikisi birden döner. Delme işlemi hızlı ve ekonomik olmakla beraber, kesme hareketi zor ve verimsizdir. Delme işleminde talaş çıkışı ve kesme sıvısı akışı sınırlı olduğundan zor bir işleme yöntemidir.

Matkabin bir ağız, delik kalemi ile benzeştirilebilir. İki ağız ise üst üste yerleştirilmiş iki kalemden meydana geldiği düşünülebilir. Dolayısıyla matkabin ana kesme ağzının geometrisi, tek ağızlı takımlarda olduğu gibi tayin edilebilir [3].

İlke olarak, matkapla talaş kaldırma olayı tek ağızla talaş kaldırma olayı arasında bir fark yoktur. Ancak delik işlemede, talaşın tahliyesi kesme sıvısının verilmesi çok daha zor olduğu, talaş ile helis kanalların talaş açısının ağız boyunca değişmesi ve bundan dolayı ağız boyunca farklı kesme koşullarının olduğu göz önünde tutulursa, matkapla talaş kaldırma, tek ağızlı takıma göre çok daha karışık ve ağır koşullar meydana geldiği sonucuna varılır [21].

4.1.Matkaplar

Temelde kesme açılarına göre N, H, W ile simgelenen üç çeşit matkap vardır. Bunlardan: N tipi çelik ve dökme demir gibi normal, H tipi pirinç alaşımları gibi sert ve W tipi alüminyum alaşımları gibi yumuşak malzemelerde kullanılan matkaplardır.

Matkaplar yapıldıkları gerece, sap tipine kanal sayısına, yönüne, boyuna, çapına ve uç geometrisine göre sınıflandırılabilirler.

Sap çeşidine göre;

- Düz saplı matkap uçları,
- Konik saplı matkap uçları,

Kanal sayısına göre;

- Tek kanallı matkap uçları,
- İki kanallı matkap uçları,
- Üç ya da dört kanallı matkap uçları,

Kesme yönüne göre;

- Sağ matkap uçları,
- Sol matkap uçları,

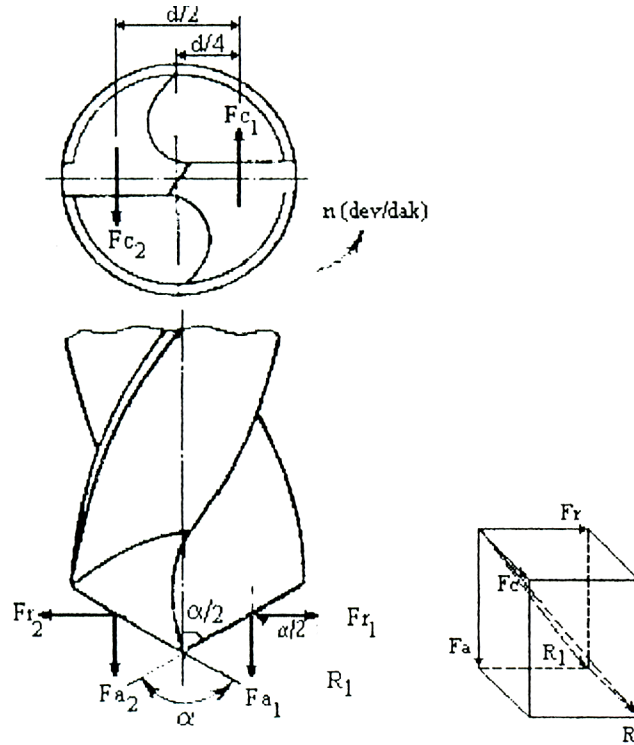
Uç geometrisine göre;

- Helisel matkap uçları,
- Yarım yuvarlak ve düz kanallı matkap uçları,
- Derin delik matkap uçları,

Matkaplar içerisinde en çok kullanılanlar helisel matkaplardır. Bizde deneylerimizde genel amaçlı helisel matkaplar kullanacağız.

Helisel matkapların kullanım amacına bağlı olarak genel tipleri

- Genel amaçlı matkap uçları,
- Düşük helisli matkap uçları,
- Yüksek helisli matkap uçları,
- Üç kanallı gövdeli matkap uçları,
- Sol yönlü matkap uçları,
- Kademeli matkap uçları, sayılabilir.



Şekil 4.1. Helisel matkap.

Helisel matkap; Sap, gövde, oluklar, uç, uç yüzeyi, öz, kesici ağızlar, zırh gibi kısımlardan oluşmuştur.

Sap: Matkap tezgahının milindeki konik deliğe ve mandrene giren kısmıdır.

Gövde: Helisel oluklarının bulunduğu kısma denir.

Oluklar: Gövde etrafında helisel biçimde açılmış kesme anında meydana gelen talaşların dışarı atılmasını ve soğutma sıvısının matkap ucuna ulaşmasını sağlayan kısımdır.

Uç: Değişik açılarla biçimlendirilen kesici kısmına denir.

Öz: İki kesici ağzın birleştiği yerdir. Bu kısma ölü merkez veya çekirdek de denir.

Kesici ağızlar: Matkabın kesici kenarlarıdır.

Zırh: Helisel kanallar boyunca meydana getirilmiş dar bir yüzeydir. Matkabın tam çapı karşılıklı zırhlar arasındaki mesafeden ölçülür.

Uç açısı: Kesici ağızların arasında kalan açıya denir.

Matkapla işlemede iyi sonuç alınabilmesi için aşağıdaki iki hususa dikkat edilmelidir

- Matkabın uç açısı doğru olmalıdır. Birçok işler için bu açı 118°'dir. Doğru bilenmiş bir matkapta kesici ağız bir doğru oluşturur.
- İki taraftaki kesici ağız uzunlukları, birbirine eşit ve matkap eksenine göre simetri olmalıdır.

4.2. Helisel Matkap Gereçleri

1900 yılından önce tüm kesici takımlarda Karbon ve düşük alaşımlı takım çelikleri kullanılmaktaydı ancak bugün sadece ağaç ve bazı demir dışı yumuşak malzemelerde kullanılmaktadır.

Helisel matkap gereçlerinde istenilen özellikler, iyi aşınma direnci, sağlamlık ve sıcak sertliktir. Bu isteği karşılayan iki temel malzeme vardır. Bunlar HSS çelikler ve sinterlenmiş tungsten karbürlerdir (WC). Helisel matkaplarda en fazla HSS kullanılmaktadır. Karbür gereçler HSS kadar olmasa da birçok alanda tercih edilmektedir.

Tablo 4.1. Çeşitli malzemelerde kullanılan helisel matkap uçlarının helis ile bileme açıları [3].

MALZEME	Helis Açısı β	Bileme Açısı α
Sert lastik (Ebonit) Suni sert maddeler (Bakalit) Mermer Eternit Mika	12	80
Grafit	20-30	
Hafif metal (kısa talaşlı) Magnezyum döküm Pirinç (gevrek)	12	
Pik döküm Temper döküm-Çelik döküm	12-25	
Ç1020, Ç1030, Ç1040, Ç1050 Pirinç (özlü) Bronz Elektrolit bakır Çinko	20-30	118
Alüminyum döküm	30-40	
Ç1330, Ç1340, Ç9260 (Manganlı çelikler)	10	
Ç1350, Ç9245, Ç9260 (Yay çelikleri) Ç3915, Ç51420, Ç51440 (P.çelik) Ç1060, Ç1090, Ç1350, Ç3130, Ç3150, Ç3230, Ç3315, Ç3330	30-40	130
Ç31150, Ç5330, Ç7430, Ç7930 (Sıcak iş çelikleri)	30-40	
Pleksiglas	12	
Hafif metal (uzun talaşlı) Bakır Yumuşak suni maddeler	30-40	140

Karbür matkaplar HSS lere göre 10 kat daha uzun ömürlü, 3 kat daha yüksek hızda delme yeteneğine sahip ve delme hızının yüksek olması gibi avantajları vardır. Ancak HSS lere göre çok daha pahalıdır.

İşlenecek malzemeye göre kullanılan takımın malzemesi çok önemlidir, Tablo 4.2’de kesme takım malzemelerinin sertlik değerleri görülmektedir.

Tablo 4.2. Kesme takım malzemelerinin sertlik değerleri [9].

Takım malzemesi	Vickers sertlikleri(HV30)
PCD	8000
TiC	3000
SiC	2400
Al ₂ O ₃	2100
WC	1900
HSS	857

4.3. Delme

Delme esnasında, maksimum ekonomi elde etmek için birçok faktör göz önüne alınmalıdır. Öncelikle işe uygun matkabın seçimi çok önemlidir. Uygun matkap seçilirken işlenecek malzemenin bileşimi, sertliği, yüzey durumu, delik çapı ve derinliği yüzey kalitesi, kullanılan tezgahın tipi ve bağlama durumları dikkate alınmalıdır.

Matkap seçimi yapıldıktan sonra işlem parametreleri belirlenebilir. Bunlar gerekli güç, ilerleme ve delme hızları ve kullanılacaksa kesme sıvısıdır.

İlerleme, s mm/dev veya mm/dak cinsinden ifade edilir, matkabın bir devirde eksenel yönde kat ettiği mesafedir. Yeterli delme ve ekonomik takım ömrü için mümkün olan en yüksek ilerleme hızını kullanmak gerekir.

Delme hızı m/dak. cinsinden matkabın çevresel ya da yüzey hızını anlatır. Matkabın dönme hızı ile delme hızı arasındaki bağıntı aşağıda verilmiştir.

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (4.1)$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} \quad (4.2)$$

olup burada

V = matkap delme hızı m/ dak.

d = matkap çapı

n = matkap dönme hızı devir/dak. dır.

5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

5.1. Deneylerde Kullanılan Malzemeler

Bu çalışmada, kesme parametrelerinden ilerleme hızı ve devir sayısının matkap cinsi ve matkap uç açısının iş parçası mikro yapısı ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri araştırıldı. Yapılan deneylerde, değişik şekillerde imal edilmiş plastik matriksli kompozitler kullanıldı. Malzemelerin bir kısmı TAI firmasından yarı mamul olarak temin edildi. Bu malzemeler çeşitli proseslerden geçirilerek mamul olarak deneylerde kullanılmaya hazır hale getirildi. Bir kısım malzeme ise TEMSAN firmasından mamul olarak temin edilerek deneylerde kullanıldı. Kullanılan kompozit malzemeler Tablo 5.1’de görülmektedir.

Tablo 5.1. Deneylerde kullanılan kompozit malzemeler.

Malzeme	Evsaftı	Örgü	Kalınlık	Temin yeri	Durumu
CYCOM7701-A	Epoksi/E-glass fiber	170 g/m ²	0,1 mm	TAI	Y.Mamul
CYCOM7701-B	Epoksi/E-glass fiber	485 g/m ²	0,25 mm	TAI	Y.Mamul
CYCOM7701-C	Epoksi/E-glass fiber	610 g/m ²	0,35 mm	TAI	Y.Mamul
CYCOM7714-A	Epoksi/Kevlar 49	370 g/m ²	0,27 mm	TAI	Y.Mamul
CYCOM7714-B	Epoksi/Kevlar 49	142 g/m ²	0,105 mm	TAI	Y.Mamul
ISOVAL11-A	Epoksi/E-glass fiber	0,2 g/cm ³	2 mm	TEMSAN	Mamul
ISOVAL11-B	Epoksi/E-glass fiber	0,2 g/cm ³	3,5 mm	TEMSAN	Mamul
ISOVAL11-C	Epoksi/E-glass fiber	0,2 g/cm ³	5 mm	TEMSAN	Mamul
ISOVAL11-D	Epoksi/E-glass fiber	0,2 g/cm ³	7 mm	TEMSAN	Mamul
ISOVAL11-E	Epoksi/E-glass fiber	0,2 g/cm ³	10 mm	TEMSAN	Mamul
ISOVAL11-F	Epoksi/E-glass fiber	0,2 g/cm ³	14 mm	TEMSAN	Mamul

Kompozitlerin ülkemizde üretimi ve üretim yöntemi henüz bilimsel araştırma ve çalışma konusu olduğundan deneylerdeki sonuçların daha iyi değerlendirilebilmesi için deneylerde kullanılan kompozit malzemeler yukarıda bahsedildiği üzere TAI ve TEMSAN

firmalarından temin edildi. Ancak TAI firmasından gelen malzemeler yarı mamul olarak geldiğinden TAI firmasından alınan proses özelliklerine göre mamul haline getirildi.

CYCOM 7714 ve CYCOM 7701 epoksi reçineleri uçaklar için yapısal laminatlar ve peteğimsi çekirdek sandviç panellerin kullanımı için dizayn edilmiş erimeye karşı dirençli, kendini yok edebilen bir reçinelerdir. Otoklav veya baskı işlemi için formülize edilmiştir. Çözünme işlemi yoluyla bütün uygun yapılara emdirilebilir bununla birlikte en çok aramid ve cam fiberlerin üstüne uygulanır.

ISOVAL11, epoksi sisteminin sıcaklığa dayanıklı versiyonu ile emdirilmiş cam bezden meydana gelir. Tabakalar, mükemmel termik ve kimyasal dayanmanın yanında yükseltilmiş sıcaklıklarda mekanik güç ortaya koyar. ISOVAL11 yüksek kalitedeki inşaat malzemelerinde kullanılabildiği gibi çeşitli makine ve donanımlarda elektrik ve termik izolasyon malzemesi olarak ta, özellikle bu alanlarda yüksek mekanik gereksinimleri ile birleştirilmiş yüksek işletme sıcaklıklarında da kullanılabilir. Yüksek sıcaklıkta çok iyi burulma ve basma kuvvetini ayrıca geleneksel polyamid ile kaplanılabilen alanlarda uygulamayı olanaklı kılar. Tabaka kuvvetinden ve sertliğinden ve ayrıca kullanılan yüksek içerikli cam ekipmanlarından dolayı yüksek derecede aşınmayla karşı karşıya gelebilir. Bundan dolayı sadece elmas karbür filtreli ekipmanların ve yüksek hızdaki makinelerin kullanılması önerilir.

5.1.1. Deneylerde Kullanılan Malzemelerin İmalatı

CYCOM7701-A

3 adet 21x29.7 cm ebadındaki malzeme 1/8 oranında kesildi. 2.4 mm kalınlığındaki malzeme önce 10 ton pres altında 1 dakika bekletildi buradan 5 ton sıcak pres altında 10 dakika bekletilerek. 80x110 mm ebadında 2 mm kalınlığında malzeme elde edildi.

CYCOM7701-B

4 adet 21x29.7 cm ebadındaki malzeme 1/8 oranında kesildi. 8 mm kalınlığındaki malzeme önce 10 ton pres altında 1 dakika bekletildi. Buradan 5 ton sıcak pres altında 10 dakika bekletilerek 80x110 mm ebadında 6 mm kalınlığında malzeme elde edildi.

CYCOM7701-C

İlk olarak 2 adet 21x29.7 cm ebadındaki malzeme 1/8 oranında kesildi. 5.6 mm kalınlığındaki malzeme önce 10 ton pres altında 1 dakika bekletildi. Buradan 5 ton sıcak pres altında 10 dakika bekletilerek 80x110 mm ebadında 4 mm kalınlığında malzeme elde edildi.

İkinci olarak 2 adet 21x29.7 cm ebadındaki malzeme 1/8 oranında kesildi. 5.6 mm kalınlığındaki malzeme önce 10 ton pres altında 1 dakika bekletildi. Buradan sıcaklığı 125 °C de 5 ton sıcak pres altında 10 dakika bekletilerek. 160x110 mm ebadında 2.5 mm kalınlığında malzeme elde edildi.

CYCOM7714-A

İlk olarak 2 adet 21x29.7 cm ebadındaki malzeme 1/8 oranında kesildi. 4.32 mm kalınlığındaki malzeme önce 10 ton pres altında 1 dakika bekletildi. Buradan sıcaklığı 110 °C de 5 ton sıcak pres altında 10 dakika bekletilerek. 80x110 mm ebadında 3.3 mm kalınlığında malzeme elde edildi.

İkinci olarak 2 adet 21x29.7 cm ebadındaki malzeme 1/8 oranında kesildi. 4.32 mm kalınlığındaki malzeme önce 10 ton pres altında 1 dakika bekletildi. Buradan sıcaklığı 90 °C de 5 ton sıcak pres altında 10 dakika bekletilerek. 80x110 mm ebadında 3.6 mm kalınlığında malzeme elde edildi.

CYCOM7714-B

4 adet 21x29.7 cm ebadındaki malzeme 1/8 oranında kesildi. 3.36 mm kalınlığındaki malzeme önce 10 ton pres altında 1 dakika bekletildi. Buradan sıcaklığı 110 °C de 5 ton sıcak pres altında 10 dakika bekletilerek 80x110 mm ebadında 2.4 mm kalınlığında malzeme elde edildi.



Şekil 5.1. Kompozit malzemeleri üretmek için kullanılan soğuk pres.

İmal edilen tüm malzemeler sıcak preslemeden alındıktan sonra buzdolabında 20 dakika bekletilmek suretiyle hızlı soğuması sağlanmıştır. Malzemelerin fırınlama süreleri ve sıcaklıkları TAI firmasından alınmıştır. Soğuk pres tezgahı F_NİGUER marka olup maksimum 200 ton'a kadar yükleme yapılabilmektedir.

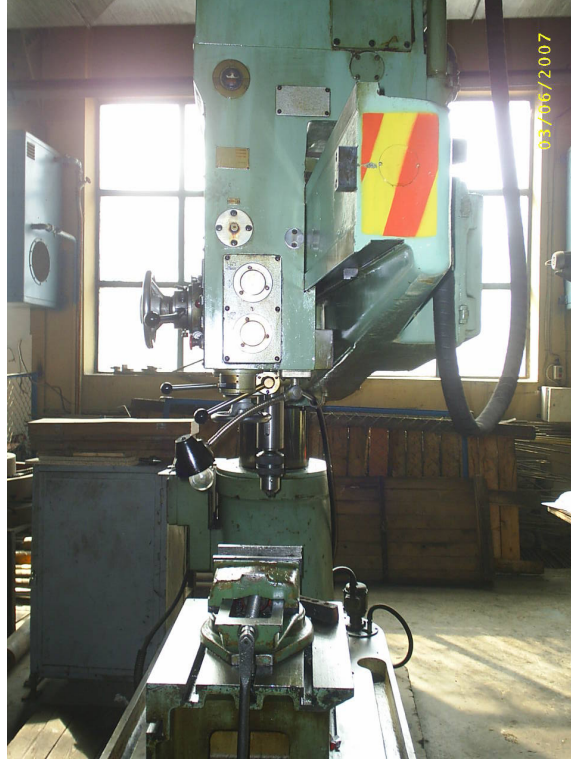


Şekil 5.2. Kompozit malzemeleri üretmek için kullanılan sıcak pres.

Sıcak pres tezgahı, alt ve üst tablalarında 2000 wattlık toplam 4000 watt rezistans yerleştirilmiştir. Üst tabla sabit alt tabla hareketlidir. Alt tabla hareketini 5 tonluk krikodan almaktadır. Sıcaklık kontrolü 0 °C ile 300 °C de çalışan termostatla yapılmaktadır.

5.2. Delme İşlemleri

Delme işleminde optimum sonuçlar elde etmek amacıyla delme boyu, delik çapının üç katı veya üç katından daha düşük olması gerektiği şartına uymak amacı ile maksimum 15mm seçildi. Deney sırasında takımlardaki muhtemel ısı şokunu azaltmak için soğutma sıvısı kullanılmadı [10]. Deneyler ise 20 dev/dak ile 2000 dev/dak aralığında çalışan yine 0,056 mm/dev ile 2,5 mm/dev ilerleme aralığına sahip Stanke import marka radyal matkap tezgahında yapıldı Delme işlemi yapılan tezgahın fotoğrafı Şekil 5.3 te görülmektedir.



Şekil 5.3. Deneylerin yapıldığı matkap tezgahı önden görünüş.

5.3. Kesici Takımlar

Delme işlemlerinde HSS ,TiN, Karbür olmak üzere 3 farklı cinsten matkap kullanıldı. Tablo 5.2 de hangi matkabin hangi deneyde kullanıldığı görülmektedir. Deneylerde, $30^{\circ} \pm 3$ helis açısına, 118° uç açısına sahip N tipi matkaplar kullanıldı. Yapılan her deneyde yeni bir matkap kullanıldı.

6. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

6.1. Yüzey Pürüzlülüklerinin İncelenmesi

Matkapla delinen kompozit numuneler, delik eksenine paralel olarak tam ortasından kesme diski ile kesildi. Farklı delme parametrelerine bağlı olarak delme performansını incelemek amacıyla, malzemelerin delik etrafındaki yüzey pürüzlülüğü Mitutoyo Sufitest-211 cihazı ile ölçüldü. Her yüzeyden Ra ve Ry değerleri için üçer ölçüm yapılarak ortalamaları alınmak suretiyle yüzey pürüzlülükleri tespit edildi. Değişik delme şartlarında yapılan deneyler neticesinde elde edilen iş parçasına ait deney parametreleri ve yüzey pürüzlülük değerleri Tablo 6.1 de verildi.

Tablo 6.1. Deney parametreleri ve sonuçlar.

Malzeme	Matkap Cinsi	Devir n (d/dak)	Matkap Çapı d (mm)	İlerleme s (mm/dev)	Ra *	Ry **
CYCOM7701-A	Karbür	125	5	0,056	0,94	5,3
CYCOM7701-A	TiN	125	5	0,056	1,4	6,9
CYCOM7701-A	HSS	125	5	0,056	1,25	8,3
CYCOM7701-A	Karbür	250	10	0,112	1,01	5,9
CYCOM7701-A	TiN	250	10	0,112	1,8	6,9
CYCOM7701-A	HSS	250	10	0,112	2,15	7,9
CYCOM7701-A	Karbür	315	15	0,16	1,73	6,5
CYCOM7701-A	HSS	315	15	0,16	1,81	9,1
CYCOM7701-B	Karbür	125	5	0,056	0,87	3,8
CYCOM7701-B	TiN	125	5	0,056	1,08	3,8
CYCOM7701-B	HSS	125	5	0,056	1,19	4,1
CYCOM7701-B	Karbür	250	10	0,112	1,02	6,9
CYCOM7701-B	TiN	250	10	0,112	1,8	6,1
CYCOM7701-B	HSS	250	10	0,112	2,15	7,1

CYCOM7701-B	Karbür	315	15	0,16	1,73	6,3
CYCOM7701-B	HSS	315	15	0,16	1,81	9,7
Malzeme	Matkap Cinsi	Devir n (d/dak)	Matkap Çapı d (mm)	İlerleme s (mm/dev)	Ra *	Ry **
CYCOM7701-C	Karbür	125	5	0,056	1,13	5,1
CYCOM7701-C	TiN	125	5	0,056	2,27	6,8
CYCOM7701-C	HSS	125	5	0,056	3,01	6,1
CYCOM7701-C	Karbür	250	10	0,112	2,09	8,9
CYCOM7701-C	TiN	250	10	0,112	3,84	10,1
CYCOM7701-C	HSS	250	10	0,112	3,01	9,2
CYCOM7701-C	Karbür	315	15	0,16	1,91	12,3
CYCOM7701-C	HSS	315	15	0,16	2,05	11,7
CYCOM7714-A	Karbür	125	5	0,056	0,83	3,8
CYCOM7714-A	TiN	125	5	0,056	1,47	3,8
CYCOM7714-A	HSS	125	5	0,056	1,71	5,1
CYCOM7714-A	Karbür	250	10	0,112	1,14	2,8
CYCOM7714-A	TiN	250	10	0,112	1,85	4,1
CYCOM7714-A	HSS	250	10	0,112	1,61	6,9
CYCOM7714-A	Karbür	315	15	0,16	0,71	3,4
CYCOM7714-A	HSS	315	15	0,16	1,53	4,3
CYCOM7714-B	Karbür	125	5	0,056	0,64	2,1
CYCOM7714-B	TiN	125	5	0,056	1,11	3,7
CYCOM7714-B	HSS	125	5	0,056	1,84	2,9
CYCOM7714-B	Karbür	250	10	0,112	1,41	2,4
CYCOM7714-B	TiN	250	10	0,112	1,59	4,3
CYCOM7714-B	HSS	250	10	0,112	1,11	5,1
CYCOM7714-B	Karbür	315	15	0,16	0,96	3,7
CYCOM7714-B	HSS	315	15	0,16	1,77	5,9
ISOVAL11-A	Karbür	125	5	0,056	1,02	5,1

ISOVAL11-A	TiN	125	5	0,056	1,44	5,7
ISOVAL11-A	HSS	125	5	0,056	1,37	6,9
ISOVAL11-A	Karbür	250	10	0,112	1,14	5,9
ISOVAL11-A	TiN	250	10	0,112	1,71	6,7

Malzeme	Matkap Cinsi	Devir n (d/dak)	Matkap Çapı d (mm)	İlerleme s (mm/dev)	Ra*	Ry**
ISOVAL11-A	HSS	250	10	0,112	1,98	6,1
ISOVAL11-A	Karbür	315	15	0,16	2,04	7,8
ISOVAL11-A	HSS	315	15	0,16	3,35	9,3
ISOVAL11-B	Karbür	125	5	0,56	0,75	4,5
ISOVAL11-B	TiN	125	5	0,056	0,8	4,8
ISOVAL11-B	HSS	125	5	0,056	0,82	5,8
ISOVAL11-B	Karbür	250	10	0,112	1,06	5,4
ISOVAL11-B	TiN	250	10	0,112	1,21	5,6
ISOVAL11-B	HSS	250	10	0,112	1,62	5,8
ISOVAL11-B	Karbür	315	15	0,16	1,74	6,7
ISOVAL11-B	HSS	315	15	0,16	2,13	8,2
ISOVAL11-C	Karbür	125	5	0,056	0,91	4,3
ISOVAL11-C	TiN	125	5	0,056	0,77	4,6
ISOVAL11-C	HSS	125	5	0,056	0,98	5,1
ISOVAL11-C	Karbür	250	10	0,112	1,21	5,6
ISOVAL11-C	TiN	250	10	0,112	1,28	5,9
ISOVAL11-C	HSS	250	10	0,112	1,49	6,3
ISOVAL11-C	Karbür	315	15	0,16	1,92	6,1
ISOVAL11-C	HSS	315	15	0,16	1,87	6,9
ISOVAL11-D	Karbür	125	5	0,056	1,57	9,6
ISOVAL11-D	TiN	125	5	0,056	1,81	9,8
ISOVAL11-D	HSS	125	5	0,056	1,72	10,7

ISOVAL11-D	Karbür	250	10	0,112	0,85	6,2
ISOVAL11-D	TiN	250	10	0,112	1,55	7,7
ISOVAL11-D	HSS	250	10	0,112	2,06	8,4
ISOVAL11-D	Karbür	315	15	0,16	1,47	6,9
ISOVAL11-D	HSS	315	15	0,16	2,85	8,9
ISOVAL11-E	Karbür	125	5	0,056	0,95	8,6

Malzeme	Matkap Cinsi	Devir n (d/dak)	Matkap Çapı d (mm)	İlerleme s (mm/dev)	Ra *	Ry **
ISOVAL11-E	TiN	125	5	0,056	0,98	10
ISOVAL11-E	HSS	125	5	0,056	1,01	10,2
ISOVAL11-E	Karbür	250	10	0,112	1,5	6,9
ISOVAL11-E	TiN	250	10	0,112	1,87	7,7
ISOVAL11-E	HSS	250	10	0,112	2,17	9,4
ISOVAL11-E	Karbür	315	15	0,16	0,98	6,5
ISOVAL11-E	HSS	315	15	0,16	1,17	8,1
ISOVAL11-F	Karbür	125	5	0,056	1,54	9,1
ISOVAL11-F	TiN	125	5	0,056	1,65	9,2
ISOVAL11-F	HSS	125	5	0,056	1,78	9,4
ISOVAL11-F	Karbür	250	10	0,112	1,31	5,1
ISOVAL11-F	TiN	250	10	0,112	1,53	6,3
ISOVAL11-F	HSS	250	10	0,112	1,72	8,2
ISOVAL11-F	Karbür	315	15	0,16	2,17	8,1
ISOVAL11-F	HSS	315	15	0,16	2,35	8,8

* Ra: Ortalama yüzey pürüzlülüğü

** Ry: Maksimum yüzey pürüzlülüğü

6.2. CYCOM7701 Kompozitleri

CYCOM7701 seri tipi TAI üretimi kompozit malzemeler için elde edilen maksimum yüzey pürüzlülük değerleri Şekil 6.4 ile Şekil 6.9 arasındaki grafiklere aktararak verildi. Malzemenin örgü yoğunluğundaki değişim ile farklı malzemelerden üretilmiş matkap uçlarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi grafikler halinde sunuldu. 80x110 mm boyutunda ve 2 mm kalınlığında ki CYCOM7701-A malzemesinde toplam 8 adet delme yapıldı. 5mm ve 10 mm çaplı delmelerde karbür, TiN ve HSS matkaplar 15 mm çaplı delmelerde karbür ve HSS matkaplar kullanıldı. Aynı devir ve ilerlemede yapılan delmelerde Karbür matkaplarla yapılan delmelerde daha hassas yüzey elde edildiği aynı durumun 10 mm ve 15 mm çaplı matkaplarda da olduğu tespit edildi. Çıkan talaşların sıvanmadan uzama yaptığı takım üzerinde ısınmanın olmadığı gözlemlendi. CYCOM7701-A kalın bir malzeme olduğundan özellikle 15 mm çaplı deliklerde Ry değerinin yüksek olduğu tespit edildi.



Şekil 6.1 CYCOM7701-A kompoziti.

80x110 mm boyutunda ve 6 mm kalınlığında ki CYCOM7701-B malzemesinde toplam 8 adet delme yapıldı. 5mm ve 10 mm çaplı delmelerde karbür, TiN ve HSS matkaplar 15 mm çaplı delmelerde karbür ve HSS matkaplar kullanıldı. Aynı devir ve ilerlemede yapılan delmelerde Karbür matkaplarla yapılan delmelerde daha hassas yüzey elde edildiği aynı durumun 10 mm ve 15 mm çaplı matkaplarda da olduğu tespit edildi. Çıkan talaşların sıvanmadan koparak oluştuğu malzemenin kalınlığının artmasına bağlı olarak takım üzerinde ısınmanın olduğu gözlemlendi.

CYCOM7701-B, evsaf olarak CYCOM7701-A ile aynı olmasına rağmen örgü durumu açısından daha yoğun ve kalın bir malzemedir. Yüzey ölçümlerinde yüzey ölçme alanı fazla olduğundan daha iyi sonuçlar alınmış aynı evsaftaki malzemenin yoğunluğu artmasına rağmen yüzey pürüzlülüğünün her delikte daha iyiye gittiği tespit edildi. Malzeme içinde Karbür ve TiN matkaplarla delinen yüzeylerin HSS'e göre daha az pürüzlü olduğu tespit edildi.



Şekil 6.2 CYCOM7701-B kompoziti.

80x110 mm boyutunda ve 4 mm kalınlığında ki CYCOM7701-C malzemesinde toplam 8 adet delme yapıldı. CYCOM7701-C malzemesinin fırınlanması sırasında yapılan hata sonucu malzeme diğer malzemelere oranla yumuşak oldu. Buna bağlı olarak aynı evsafta olmalarına rağmen tüm çaplarda yüzey pürüzlülüklerinin yüksek olduğu tespit edildi. 5mm ve 10 mm çaplı delmelerde Karbür, TiN ve HSS matkaplar 15 mm çaplı delmelerde Karbür ve HSS matkaplar kullanıldı. Aynı devir ve ilerlemede yapılan delmelerde Karbür matkaplarla yapılan delmelerde daha hassas yüzey elde edildiği aynı durumun 10 mm ve 15 mm çaplı matkaplarda da olduğu tespit edildi.



Şekil 6.3 CYCOM7701-C kompoziti.

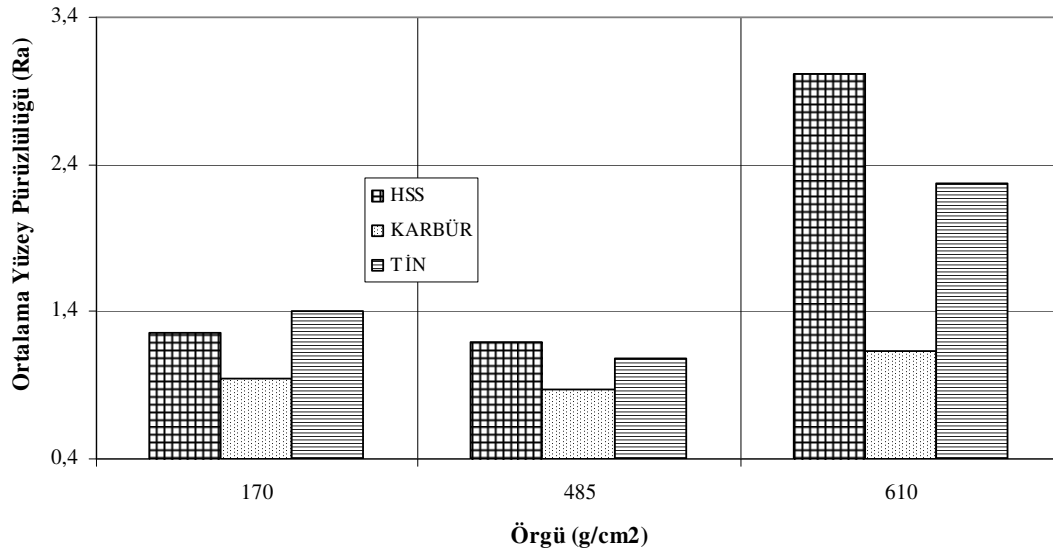
Matkap çapı büyüdükçe yüzey pürüzlülüğü artmış, delme sırasında malzemede oluşan ısı yüzünden daha fazla yumuşamış, takım üzerine sıvama yapmıştır. CYCOM7701-C, evsaf olarak CYCOM7701-A ve CYCOM7701-B ile aynı olmasına rağmen örgü durumu açısından daha yoğun bir malzemedir. Karbür ve TiN matkaplarla delinen yüzeylerin HSS'e göre daha az pürüzlü olduğu tespit edildi.

Şekil 6.4 ile 6.6 arasındaki grafiklerde CYCOM7701 Epoksi/E-glass fiber kompoziti için örgü yoğunluğu ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi incelendi. Grafiklerden görüldüğü üzere, örgü yoğunluğunun artması ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişiminde bir artış gözlemlenmektedir. Bununla birlikte en büyük ortalama yüzey pürüzlülüğü farklı devir ve ilerlemeler için HSS matkap malzemesi için elde edildi. Ancak bu durum $s=0.112$ mm/dev, $n=250$ d/dak. ve $d=10$ mm ve 610 gr/cm² örgü yoğunluğu için geçerli değildir. Bu durumda en büyük Ra değeri TiN malzemesi için elde edildi (Şekil 6.5)

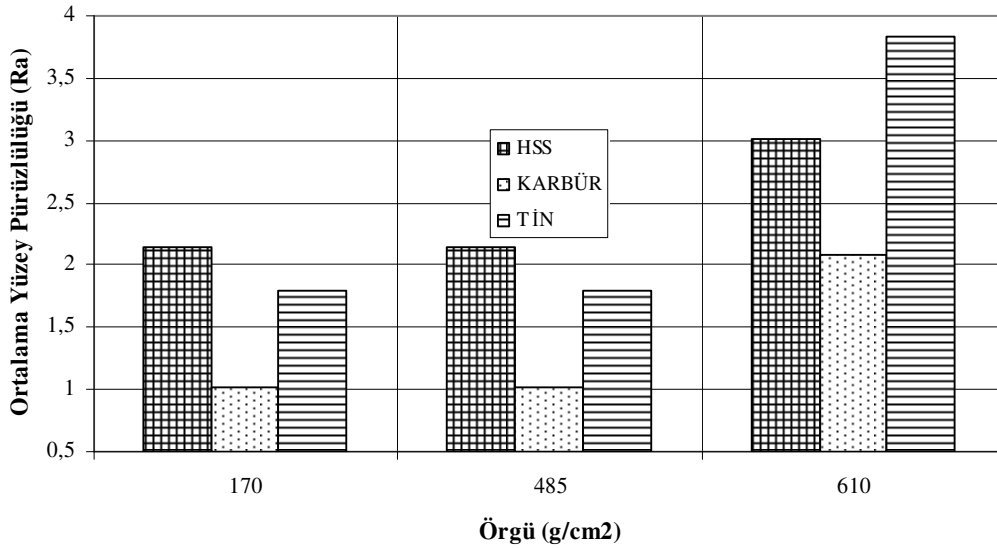
Şekil 6.7 ile 6.9 arasındaki grafiklerde ise CYCOM7701 Epoksi/E-glass fiber kompoziti için matkap malzemesi ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi farklı devir, ilerleme ve matkap çapı için incelendi. Şekil 6.7 ile 6.9 arasındaki grafikleri destekler nitelikte HSS matkaplar ile yapılan delmelerde en büyük Ra ortalama gerilmelerin elde edildiği görülmüştür.

Şekil 6.10 ve 6.11' deki grafiklerde ise HSS matkap ile delinmiş CYCOM7701 Epoksi/E-glass fiber kompoziti için delik kesiti orta noktasının SEM fotoğrafları verilmiştir. Deney şartları örgü yoğunluğu= 485 g/m², yarı mamul malzeme kalınlığı= 0.25 mm, $s=0.16$ mm/dev, $n=315$

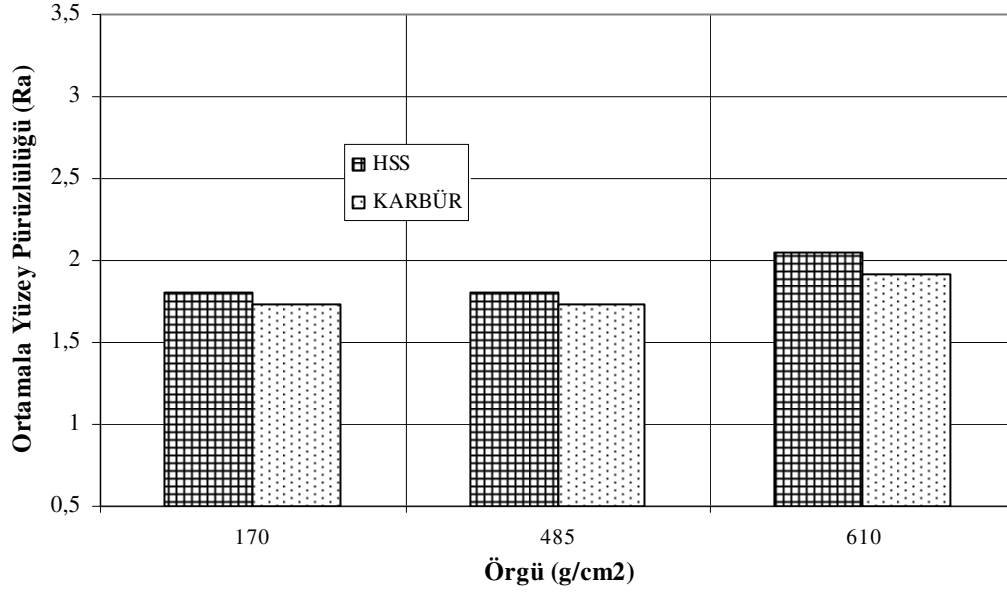
d/dak, ve d=15 mm' dir. En büyük Ra değerlerinin elde edildiği HSS matkap ile delme durumunda SEM fotoğrafları bu durumu desteklemektedir.



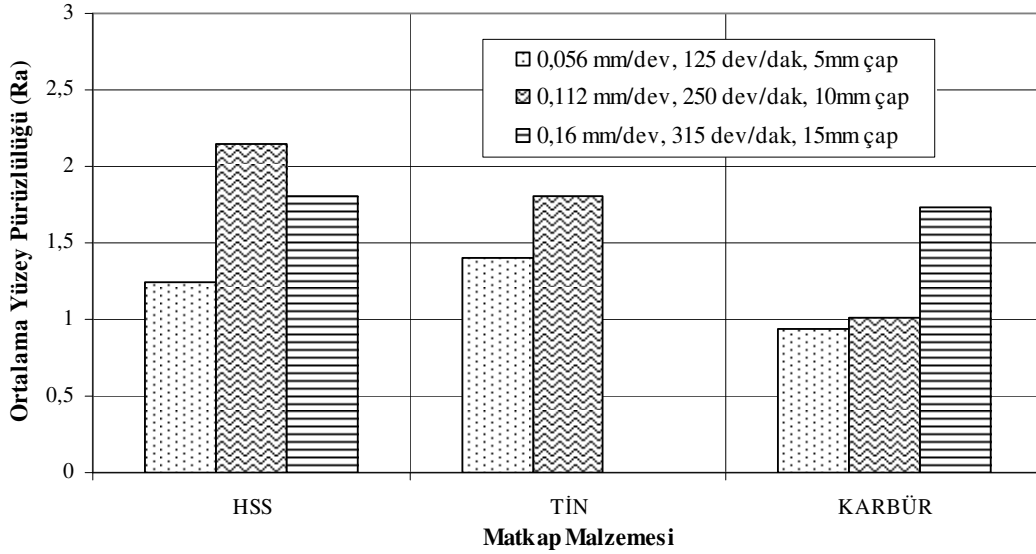
Şekil 6.4 CYCOM7701 Epoksi/E-glass fiber kompoziti için örgü yoğunluğu ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi (s=0.056 mm/dev, n=125 d/dak, d=5 mm).



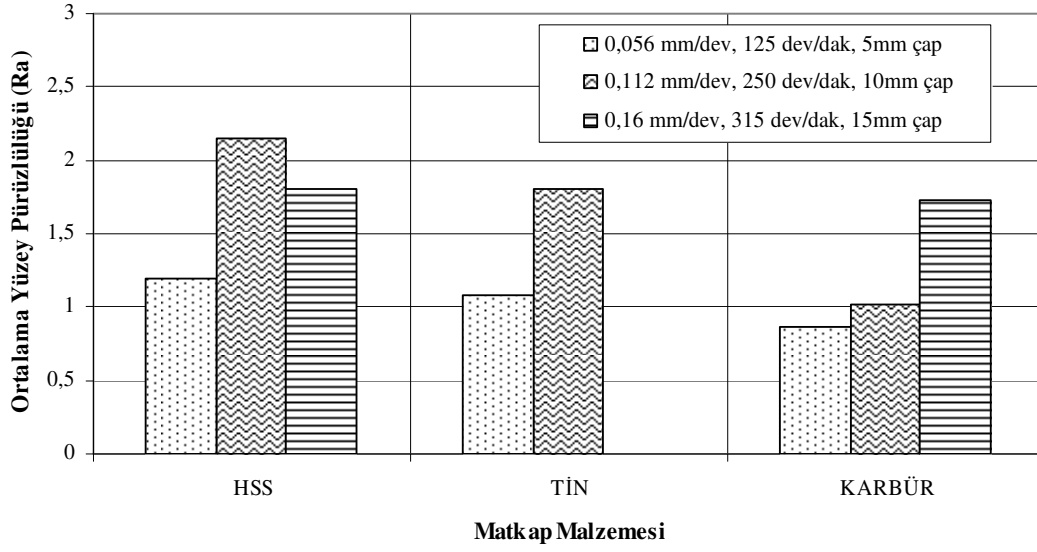
Şekil 6.5 CYCOM7701Epoksi/E-glass fiber kompoziti için örgü yoğunluğu ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi (s=0.112 mm/dev, n=250 d/dak, d=10 mm).



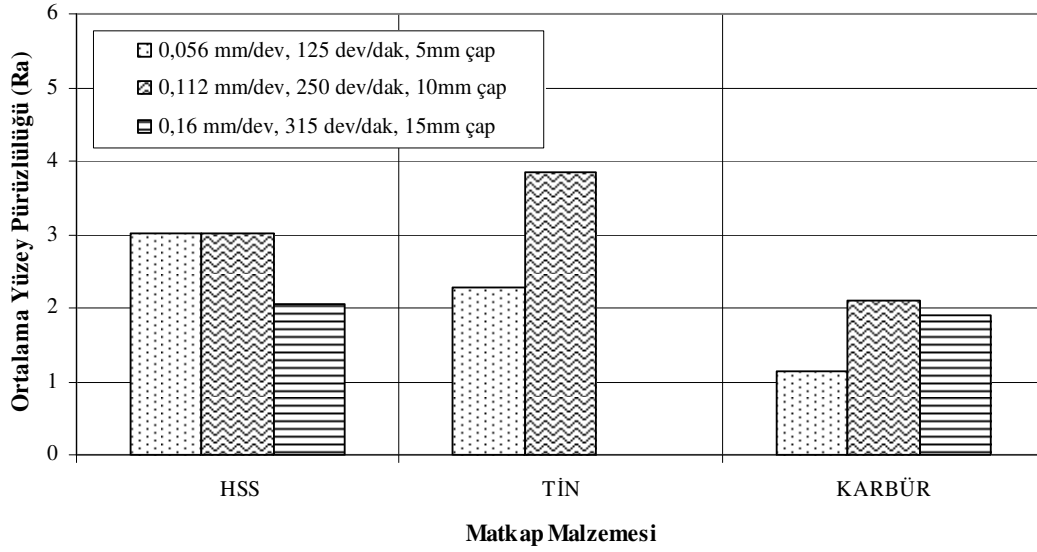
Şekil 6.6 CYCOM7701 Epoksi/E-glass fiber kompoziti için örgü yoğunluğu ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi ($s=0.16$ mm/dev, $n=315$ d/dak, $d=15$ mm).



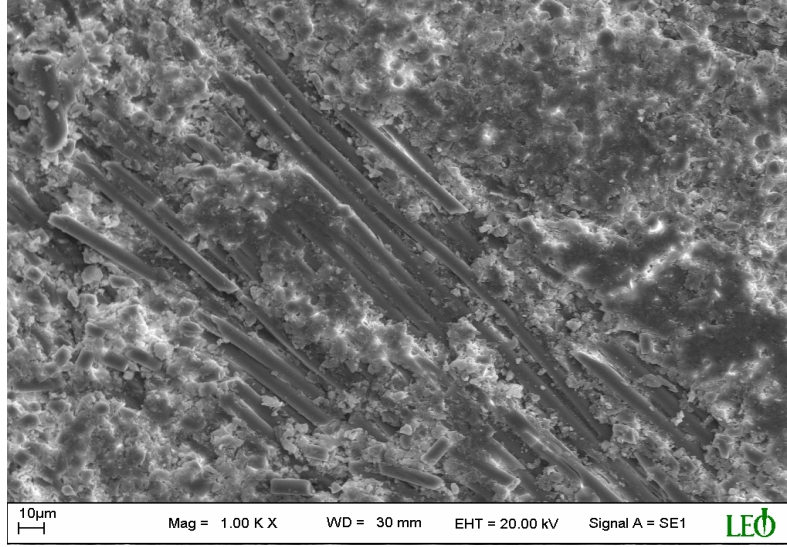
Şekil 6.7 CYCOM7701 Epoksi/E-glass fiber kompoziti için matkap malzemesi ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi (Örgü yoğunluğu= 170 g/m², yarı mamul malzeme kalınlığı= 0.1 mm).



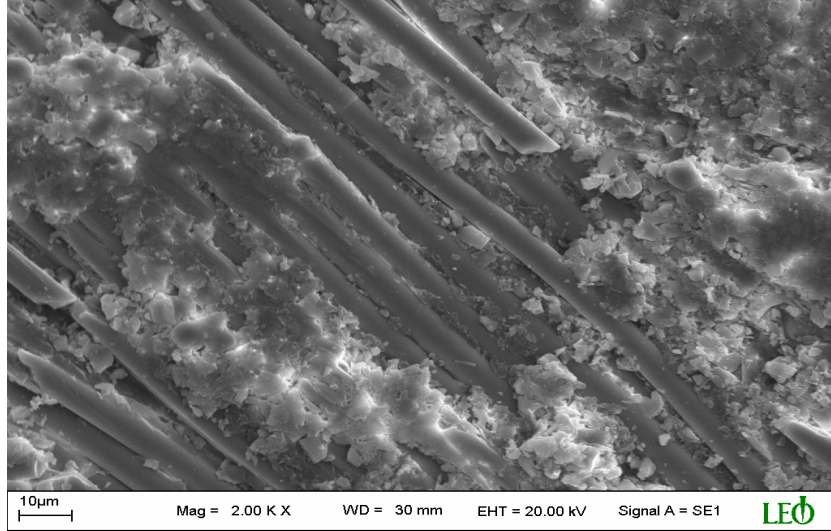
Şekil 6.8 CYCOM7701 Epoksi/E-glass fiber kompoziti için matkap malzemesi ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi (Örgü yoğunluğu=485 g/m², yarı mamul malzeme kalınlığı=0.25 mm).



Şekil 6.9 CYCOM7701 Epoksi/E-glass fiber kompoziti için matkap malzemesi ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi (Örgü yoğunluğu=610 g/m², yarı mamul malzeme kalınlığı=0.35 mm).



Şekil 6.10 HSS matkap ile delinmiş CYCOM7701 Epoksi/E-glass fiber kompoziti için delik kesiti orta noktasının 1000 kez büyütülmüş SEM fotoğrafı (Örgü yoğunluğu= 485 g/m^2 , yarı mamul malzeme kalınlığı= 0.25 mm , $s=0.16 \text{ mm/dev}$, $n=315 \text{ d/dak}$, $d=15 \text{ mm}$).



Şekil 6.11 HSS matkap ile delinmiş CYCOM7701 Epoksi/E-glass fiber kompoziti için delik kesiti orta noktasının 2000 kez büyütülmüş SEM fotoğrafı (Örgü yoğunluğu= 485 g/m^2 , yarı mamul malzeme kalınlığı= 0.25 mm , $s=0.16 \text{ mm/dev}$, $n=315 \text{ d/dak}$, $d=15 \text{ mm}$).

6.3 CYCOM7714 Kompozitleri

CYCOM7701 seri tipi TAI üretimi kompozit malzemeler için elde edilen maksimum yüzey pürüzlülük değerleri Şekil 6.14 ile Şekil 6.18 arasındaki grafiklerde verildi. Malzemenin örgü yoğunluğundaki değişim ile farklı malzemelerden üretilmiş matkap uçlarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi grafikler halinde sunuldu.



Şekil 6.12 CYCOM7714-A kompoziti

80x110 mm boyutunda ve 6,9 mm kalınlığında ki CYCOM7714-A malzemesinde toplam 8 adet delme yapıldı. CYCOM7714-A malzemesi CYCOM7701-A, CYCOM7701-B, ve CYCOM7701-C malzemelerinden tamamen farklı takviyelendirilmiştir. Takviye malzemesi olarak Kevlar 49 kullanılmıştır. 5 mm ve 10 mm çaplı delmelerde Karbür, TiN ve HSS matkaplar 15 mm çaplı delmelerde Karbür ve HSS matkaplar kullanıldı. Aynı devir ve ilerlemede yapılan delmelerde Karbür matkaplarla yapılan delmelerde daha hassas yüzey elde edildiği, aynı durumun 10 mm ve 15 mm çaplı matkaplarda da olduğu tespit edildi. Malzemenin delinmesi sırasında matkapta aşırı ısınma oluştu. Malzemeye giriş ve çıkışlarda malzeme yırtılarak delik açılmış ancak ara tabakada yüzey pürüzlülüklerinin daha düşük olduğu, özellikle Ry değerlerinin fiber glass takviyeye göre çok daha düşük olduğu tespit edildi. Giriş ve çıkışlarda oluşan yırtılmaların malzeme imalinden kaynaklandığı düşünülmektedir. İmal sırasında Şekil 6.12’de görüldüğü gibi kumaşlı yapı malzeme dışında tam epoksi ile örtünemediğinden yırtılma meydana

gelmiştir. Özellikle Karbür takımlarda delmede yüzey pürüzlülüğü açısından çok iyi sonuçlar elde edildi. Matkap çapının yüzey pürüzlülüğüne etkisinin olmadığı görülmüş, delme sırasında malzemede oluşan ısı yüzünden yüzeyde bazı yanıklar gözlemlenmiştir. Takımda ısınma, diğer malzemelere göre daha fazla olmuştur. Malzeme de talaş koparak oluşmuştur.



Şekil 6.13 CYCOM7714-B kompoziti.

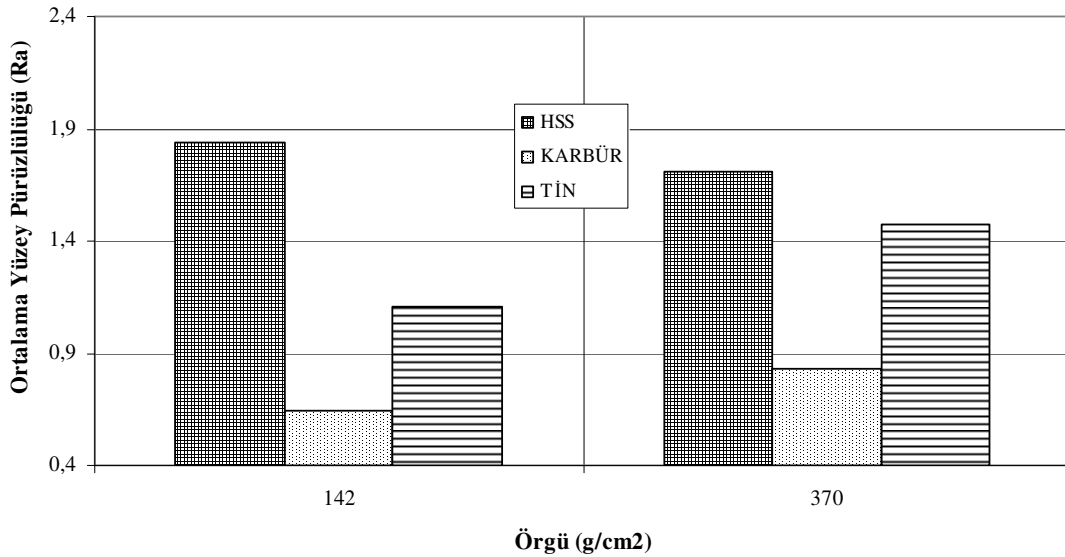
80x110 mm boyutunda ve 3,36 mm kalınlığında ki CYCOM7714-B malzemesinde toplam 8 adet delme yapıldı. CYCOM7714-B malzemesi de CYCOM7714-A malzemesi gibi Kevlar 49 ile takviyelendirilmiştir. Ancak CYCOM7714-B malzemesinde ki Kevlar 49 un yoğunluğu daha düşüktür. 5 mm ve 10 mm çaplı delmelerde Karbür, TiN ve HSS matkaplar 15 mm çaplı delmelerde Karbür ve HSS matkaplar kullanılmıştır. Aynı devir ve ilerlemede yapılan delmelerde Karbür matkaplarla yapılan delmelerde daha hassas yüzey elde edildiği aynı durumun 10 mm ve 15 mm çaplı matkaplarda da olduğu tespit edildi. Malzemenin delinmesi sırasında matkapta ısınma, kalınlığın ve yoğunluğun düşük olması neticesinde düşük oluşmuştur. Malzemeye giriş ve çıkışlarda malzeme yırtılarak delik açılmış ancak ara tabakada yüzey pürüzlülüklerinin daha düşük olduğu özellikle Ry değerlerinin fiber glass takviyeye göre çok daha düşük olduğu tespit edildi. Giriş ve çıkışlarda oluşan yırtılmaların malzeme imalinden kaynaklandığı düşünülmektedir. İmal sırasında Şekil 6.13’ de görüldüğü gibi kumaşlı yapı malzeme dışında tam epoksi ile örtünemediğinden yırtılma meydana geldi. Genel olarak fiber

glass takviyeye göre işlenmeleri daha zor olmuş ancak malzeme yoğunluğuna bağlı olarak yüzey pürüzlülükleri daha düşük olmuştur. Ara yüzeyde talaşlar koparak oluşmuştur.

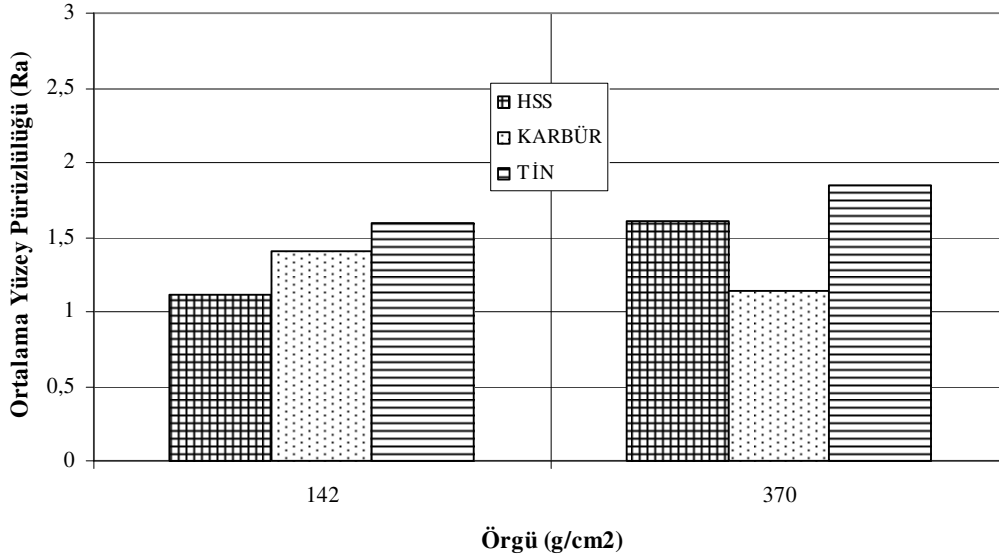
Şekil 6.14 ile 6.16 arasındaki grafiklerde CYCOM7714 Epoksi/Kevlar49 kompoziti örgü yoğunluğu ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi HSS, TiN ve Karbür matkaplar için incelendi. Grafiklerde ilerleme/devir/matkap çapları sabit tutuldu.

Şekil 6.17 ile 6.19 arasındaki grafiklerde CYCOM7714 Epoksi/Kevlar49 kompoziti için matkap malzemesi ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi sabit örgü yoğunluğu ve yarı mamul kompozit malzeme kalınlıkları için incelenmiştir. Genel olarak HSS matkap malzemelerinde en büyük Ra değerlerinin elde edildiği görüldü.

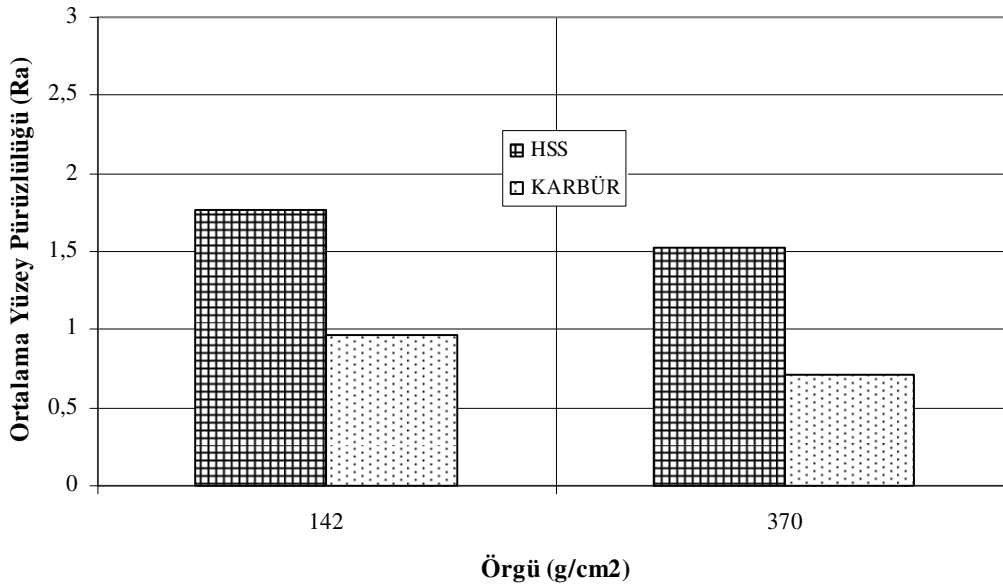
Şekil 6.19 ve 6.20’ de HSS matkap ile delinmiş CYCOM7714 Epoksi/Kevlar49 kompoziti için delik kesiti orta noktasının SEM fotoğrafları, örgü yoğunluğu=142 g/m², yarı mamul malzeme kalınlığı=0.105 mm, s=0.16 mm/dev, n=315 d/dak, ve d=15 mm için gösterildi. Benzer şekilde delik etrafındaki değişimi göstermek amacıyla da Şekil 6.21 ve 6.22’ de CYCOM7714 Epoksi/Kevlar49 kompoziti için delik etrafının SEM fotoğrafları gösterildi.



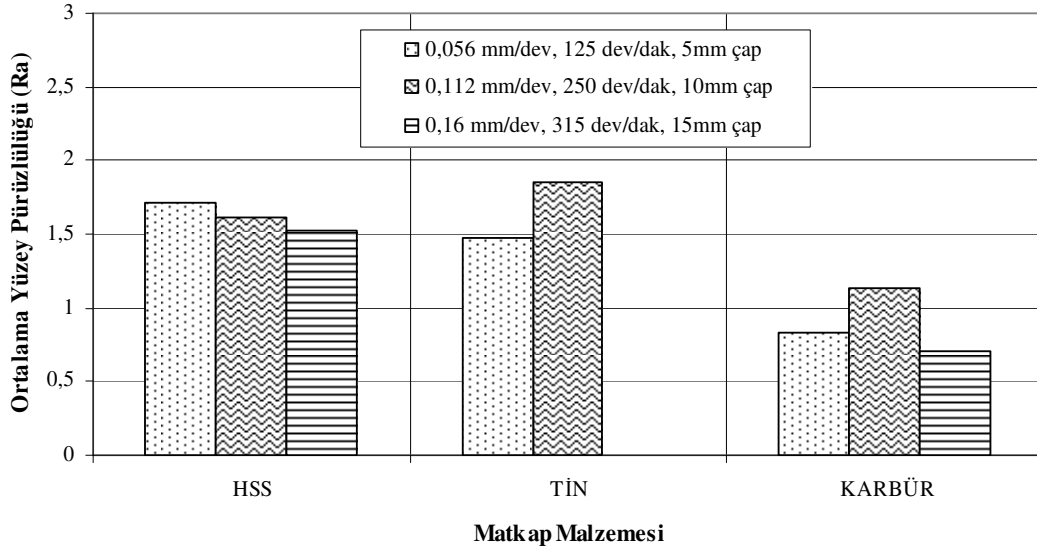
Şekil 6.14 CYCOM7714 Epoksi/Kevlar49 kompoziti örgü yoğunluğu ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi (s=0.056 mm/dev, n=125 d/dak, d=5 mm).



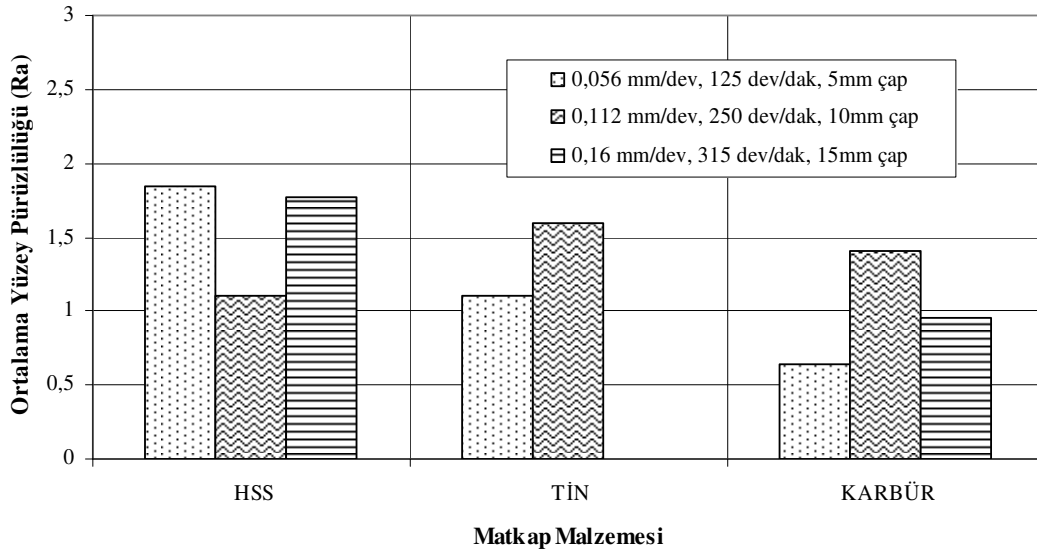
Şekil 6.15 CYCOM7714 Epoksi/Kevlar49 kompoziti örgü yoğunluğu ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi (s=0.112 mm/dev, n=250 d/dak, d=10 mm).



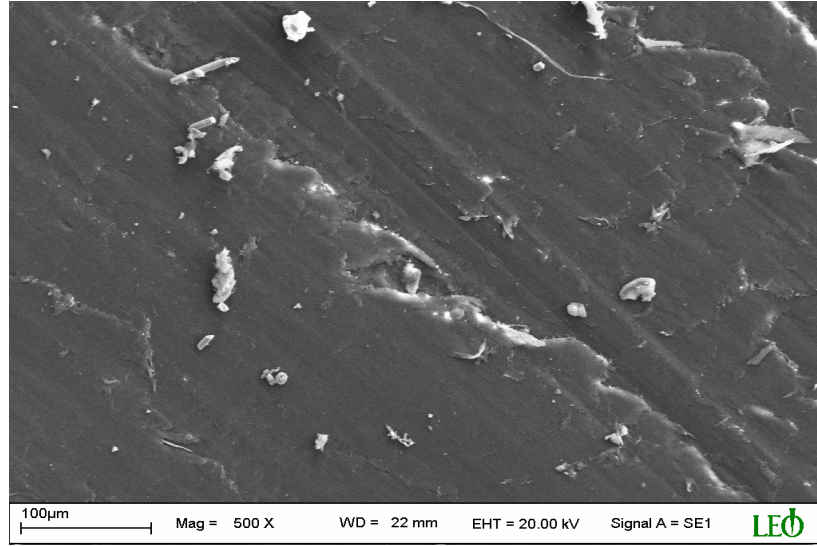
Şekil 6.16 CYCOM7714 Epoksi/Kevlar49 kompoziti örgü yoğunluğu ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi (s=0.16 mm/dev, n=315 d/dak, d=15 mm).



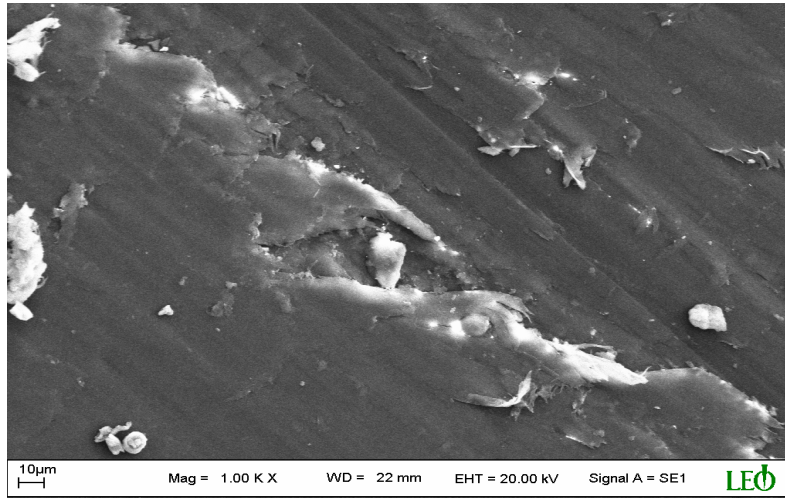
Şekil 6.17 CYCOM7714 Epoksi/Kevlar49 kompoziti için matkap malzemesi ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi (Örgü yoğunluğu=370 g/m², yarı mamul malzeme kalınlığı=0.27 mm).



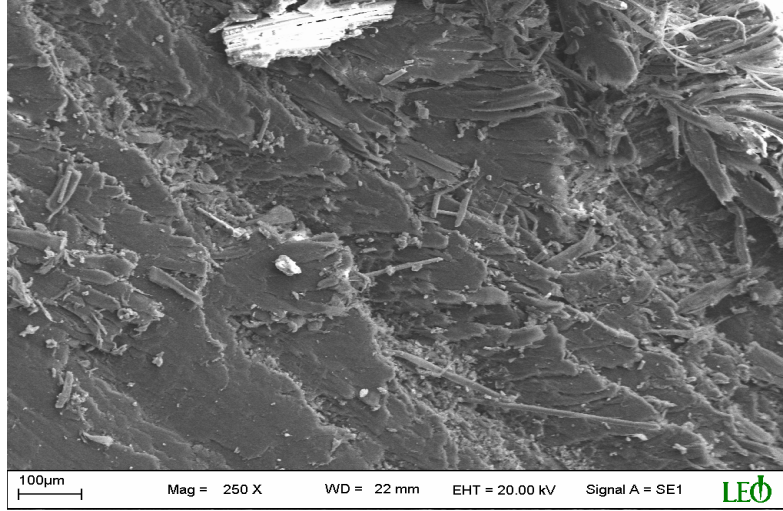
Şekil 6.18 CYCOM7714 Epoksi/Kevlar49 kompoziti için matkap malzemesi ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi (Örgü yoğunluğu=142 g/m², yarı mamul malzeme kalınlığı=0.105 mm).



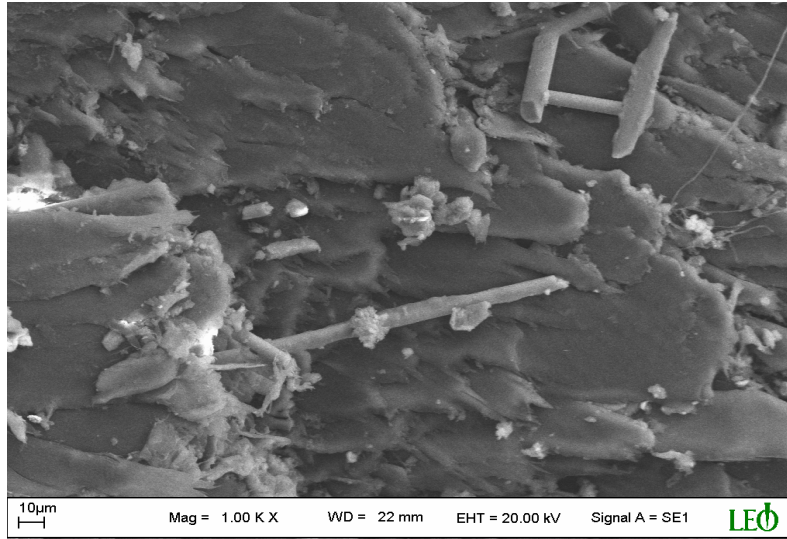
Şekil 6.19 HSS matkap ile delinmiş CYCOM7714 Epoksi/Kevlar49 kompoziti için delik kesiti orta noktasının 500 kez büyütülmüş SEM fotoğrafı (Örgü yoğunluğu= 142 g/m^2 , yarı mamul malzeme kalınlığı= 0.105 mm , $s=0.16 \text{ mm/dev}$, $n=315 \text{ d/dak}$, $d=15 \text{ mm}$).



Şekil 6.20 HSS matkap ile delinmiş CYCOM7714 Epoksi/Kevlar49 kompoziti için delik kesiti orta noktasının 1000 kez büyütülmüş SEM fotoğrafı (Örgü yoğunluğu= 142 g/m^2 , yarı mamul malzeme kalınlığı= 0.105 mm , $s=0.16 \text{ mm/dev}$, $n=315 \text{ d/dak}$, $d=15 \text{ mm}$).



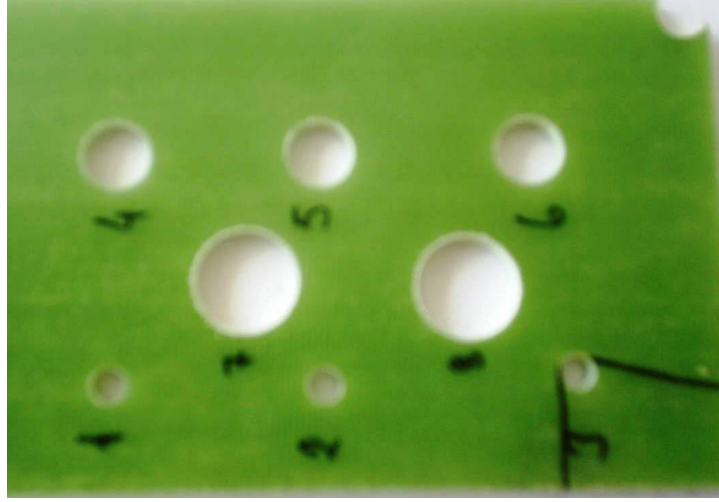
Şekil 6.21 HSS matkap ile delinmiş CYCOM7714 Epoksi/Kevlar49 kompoziti için delik etrafının 250 kez büyütülmüş SEM fotoğrafı (Örgü yoğunluğu= 142 g/m^2 , yarı mamul malzeme kalınlığı= 0.105 mm , $s=0.16 \text{ mm/dev}$, $n=315 \text{ d/dak}$, $d=15 \text{ mm}$).



Şekil 6.22 HSS matkap ile delinmiş CYCOM7714 Epoksi/Kevlar49 kompoziti için delik etrafının 1000 kez büyütülmüş SEM fotoğrafı (Örgü yoğunluğu= 142 g/m^2 , yarı mamul malzeme kalınlığı= 0.105 mm , $s=0.16 \text{ mm/dev}$, $n=315 \text{ d/dak}$, $d=15 \text{ mm}$).

6.4. ISOVAL11 Kompozitleri

ISOVAL11 seri tipi TEMSAN üretimi kompozit malzemeler için elde edilen maksimum yüzey pürüzlülük değerleri Şekil 6.29 ile Şekil 6.39 arasındaki grafiklerde verildi. Malzemenin örgü yoğunluğundaki ve malzeme kalınlığındaki değişim ile farklı malzemelerden üretilmiş matkap uçlarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi grafikler halinde sunuldu.

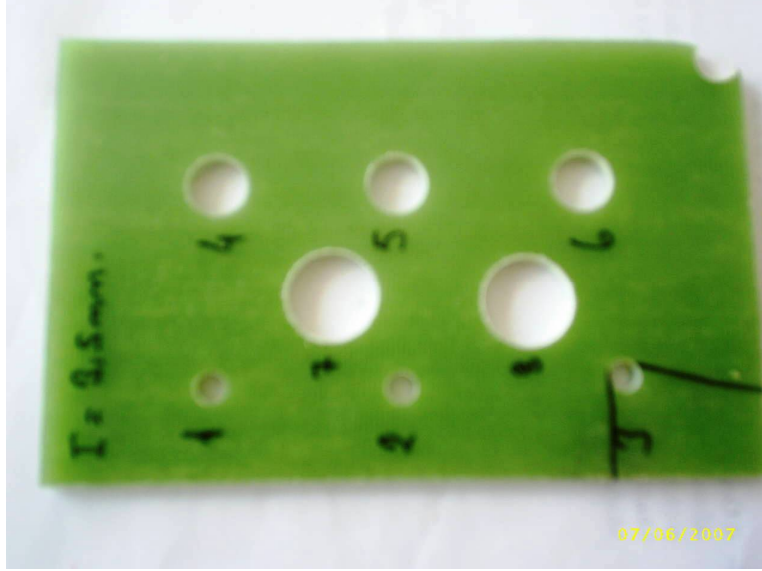


Şekil 6.23 ISOVAL11-A kompoziti.

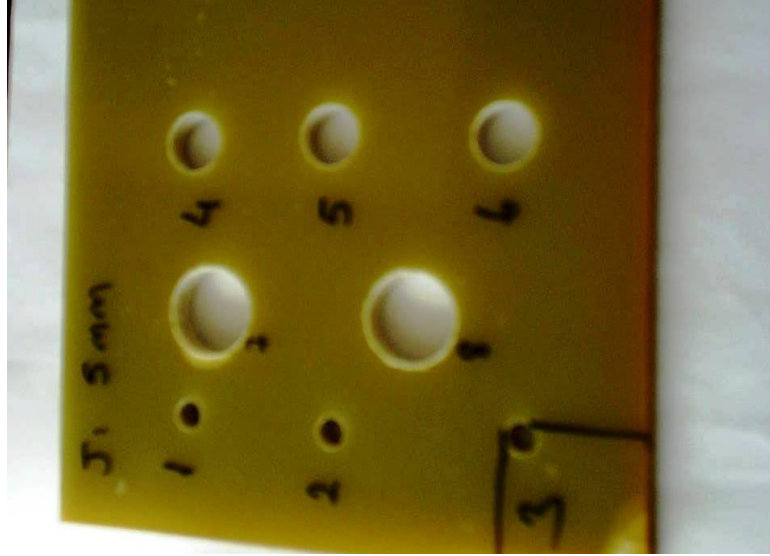
80x110 mm boyutunda ve 2 mm kalınlığında ki ISOVAL11-A malzemesinde toplam 8 adet delme yapıldı. 5mm ve 10 mm çaplı delmelerde Karbür, TiN ve HSS matkaplar 15 mm çaplı delmelerde Karbür ve HSS matkaplar kullanıldı. Aynı devir ve ilerlemede yapılan delmelerde, Karbür matkap kullanılması halinde daha hassas yüzey elde edildiği, aynı durumun 10 mm ve 15 mm çaplı matkaplarda da olduğu tespit edildi. Çıkan talaşların toz halinde olduğu takım üzerinde ısınmanın olmadığı gözlemlendi. 15 mm çaplı deliklerde Ry değerinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Malzeme kalınlığı düşük olduğundan ölçümler çok sağlıklı alınamadı.

80x110 mm boyutunda ve 3.5 mm kalınlığında ki ISOVAL11-B malzemesinde toplam 8 adet delme yapıldı. ISOVAL11-A malzemesiyle aynı evsafta olan ISOVAL11-B malzemesinde sadece kalınlık artırıldı. 5mm ve 10 mm çaplı delmelerde Karbür, TiN ve HSS matkaplar 15 mm çaplı delmelerde Karbür ve HSS matkaplar kullanıldı. Aynı devir ve ilerlemede yapılan delmelerde Karbür matkaplarla yapılan delmelerde daha hassas yüzey elde edildiği aynı durumun 10 mm ve 15 mm çaplı matkaplarda da olduğu tespit edildi. Malzemenin ölçme yüzeyi ISOVAL11-A ya göre daha uygun olduğundan ölçümler daha sağlıklı yapıldı. Çıkan talaşların

toz halinde oluştuğu takım üzerinde ısınmanın az olduğu gözlemlendi. 15 mm çaplı deliklerde Ry değerinin yüksek olduğu tespit edildi.



şekil 6.24 ISOVAL11-B kompoziti.

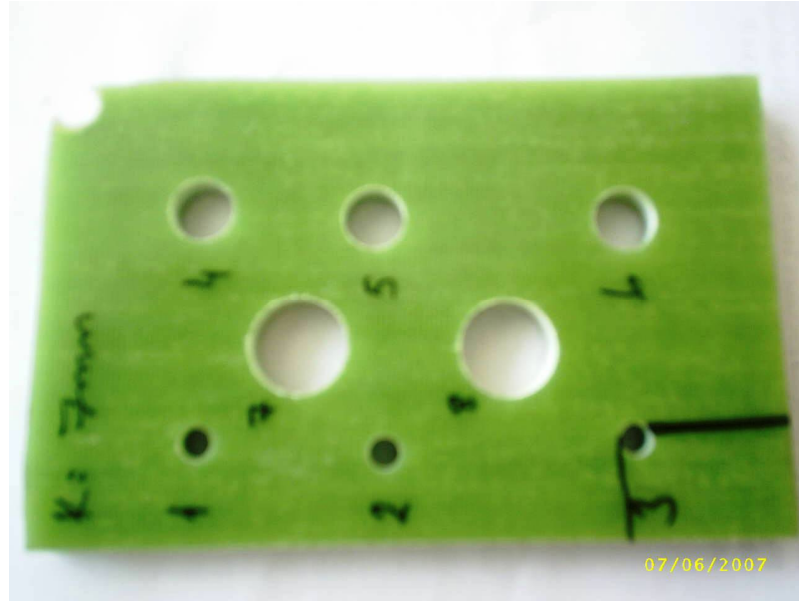


şekil 6.25 ISOVAL11-C kompoziti.

80x110 mm boyutunda ve 5 mm kalınlığında ki ISOVAL11-C malzemesinde toplam 8 adet delme yapıldı. 5mm ve 10 mm çaplı delmelerde Karbür, TiN ve HSS matkaplar 15 mm çaplı delmelerde Karbür ve HSS matkaplar kullanılmıştır. Aynı devir ve ilerlemede yapılan delmelerde

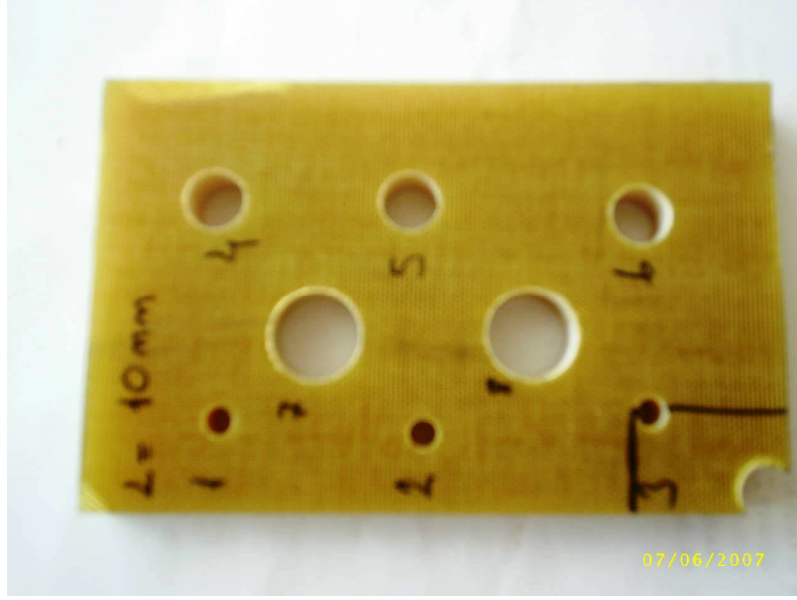
Karbür matkaplarla yapılan delmelerde daha hassas yüzey elde edildiği aynı durumun 10 mm ve 15 mm çaplı matkaplarda da olduğu tespit edildi. Çıkan talaşların toz halinde olduğu takım üzerinde ısınmanın az olduğu gözlemlendi. 15 mm çaplı deliklerde Ry değerinin diğer malzemelere göre daha düşük olduğu görüldü. Malzeme kalınlığı arttığı için sonuçların lineerliği gözlemlendi ve yüzey pürüzlülükleri net olarak ölçüldü.

80x110 mm boyutunda ve 7 mm kalınlığında ki ISOVAL11-D malzemesinde toplam 8 adet delme yapıldı. 5mm ve 10 mm çaplı delmelerde Karbür, TiN ve HSS matkaplar 15 mm çaplı delmelerde Karbür ve HSS matkaplar kullanıldı. Aynı devir ve ilerlemede yapılan delmelerde Karbür matkaplarla yapılan delmelerde daha hassas yüzey elde edildiği aynı durumun 10 mm ve 15 mm çaplı matkaplarda da olduğu tespit edildi. Özellikle malzeme kalınlığının artması neticesinde Ra ve Ry değerlerinin arttığı gözlemlendi. Çıkan talaşların toz halinde olduğu takım üzerinde ısınmanın arttığı gözlemlendi.



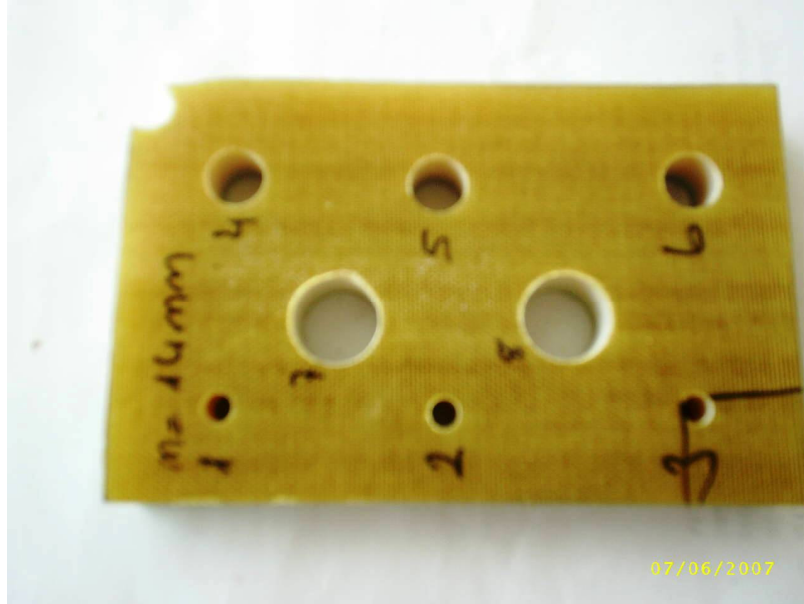
Şekil 6.26 ISOVAL11-D kompoziti.

80x110 mm boyutunda ve 10 mm kalınlığında ki ISOVAL11-E malzemesinde toplam 8 adet delme yapıldı. 5mm ve 10 mm çaplı delmelerde Karbür, TiN ve HSS matkaplar 15 mm çaplı delmelerde Karbür ve HSS matkaplar kullanılmıştır. Aynı devir ve ilerlemede yapılan delmelerde Karbür matkaplarla yapılan delmelerde daha hassas yüzey elde edildiği aynı durumun 10 mm ve 15 mm çaplı matkaplarda da olduğu tespit edildi.



Şekil 6.27 ISOVAL11-E kompoziti.

Özellikle malzeme kalınlığının artması neticesinde Ra ve Ry değerlerinin arttığı gözlemlendi. Çıkan talaşların toz halinde olduğu takım üzerinde ısınmanın arttığı gözlemlendi.



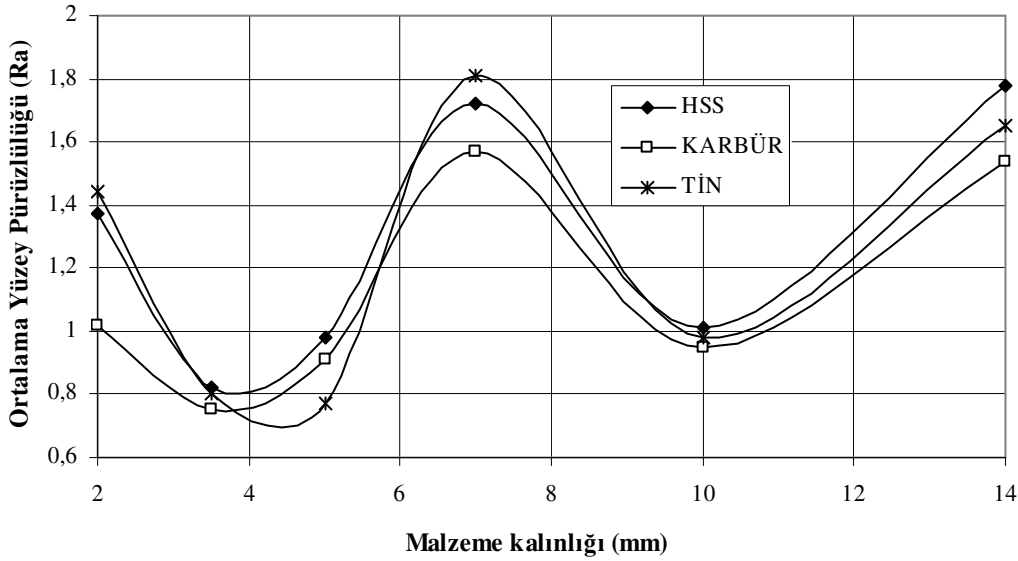
Şekil 6.28 ISOVAL11-F kompoziti.

80x110 mm boyutunda ve 10 mm kalınlığında ki ISOVAL11-F malzemesinde toplam 8 adet delme yapıldı. 5mm ve 10 mm çaplı delmelerde Karbür, TiN ve HSS matkaplar 15 mm çaplı delmelerde Karbür ve HSS matkaplar kullanıldı. Aynı devir ve ilerlemede yapılan delmelerde

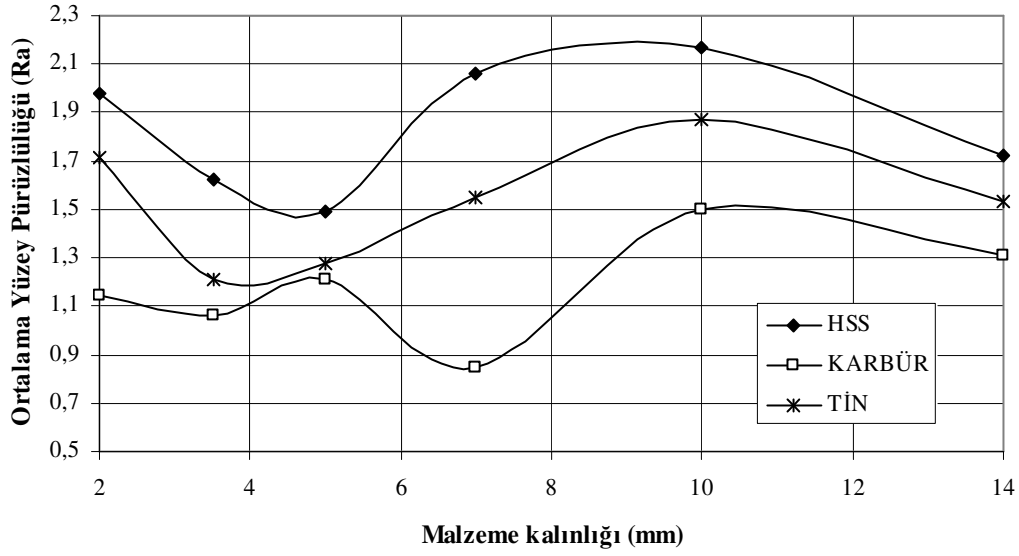
Karbür matkaplarla yapılan delmelerde daha hassas yüzey elde edildiği aynı durumun 10 mm ve 15 mm çaplı matkaplarda da olduğu tespit edildi. Özellikle malzeme kalınlığının artması neticesinde Ra ve Ry değerlerinin arttığı gözlemlendi. Çıkan talaşların toz halinde oluştuğu takım üzerinde ısınmanın arttığı gözlemlendi.

Şekil 6.29 ile 6.31 arasındaki grafiklerde ISOVAL11 Epoksi/E-glass fiber kompozit malzeme kalınlığı ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi farklı matkap malzemeleri için verildi. En büyük Ra değerlerinin HSS matkap malzemesi için elde edildiği görüldü.

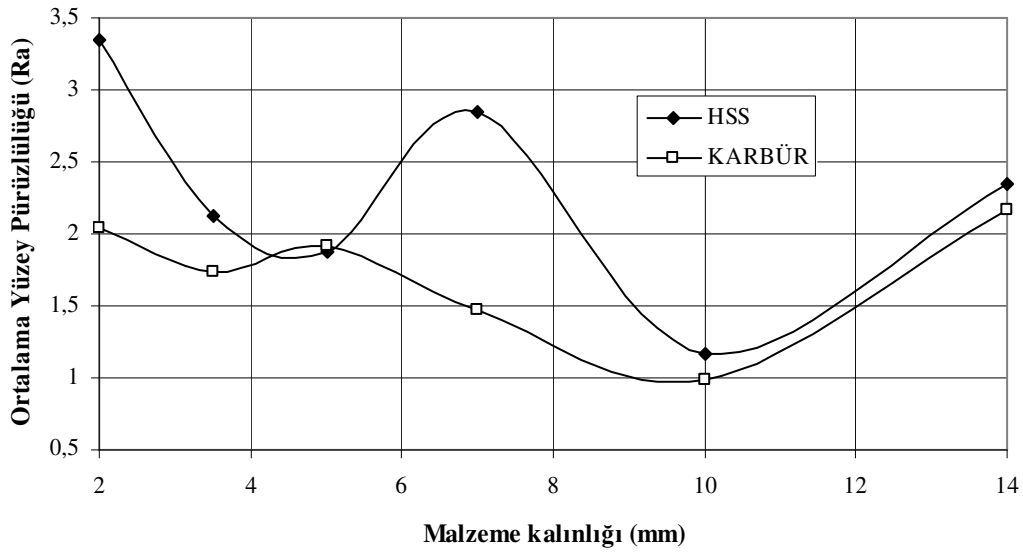
Şekil 6.32-34 ve 6.37-39 arasındaki grafiklerde ISOVAL11 Epoksi/E-glass fiber kompoziti için matkap malzemesi ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi farklı ilerleme/devir/matkap çapları için değişimi verildi. Şekil 6.35 ve 6.36 grafiklerinde ise HSS matkap ile delinmiş ISOVAL11 Epoksi/E-glass kompoziti için delik kesiti orta noktasının SEM fotoğrafları gösterildi. Bu fotoğraflarda malzeme örgü yoğunluğu=0.2 g/cm³ ve kompozit kalınlığı=5 mm, s=0.16 mm/dev, n=315 d/dak, d=15 mm' dir. Bu fotoğrafların çekildiği malzemeye ait delme şartlarını sağlayan ortalama yüzey pürüzlülük grafiği Şekil 6.34 de gösterildi.



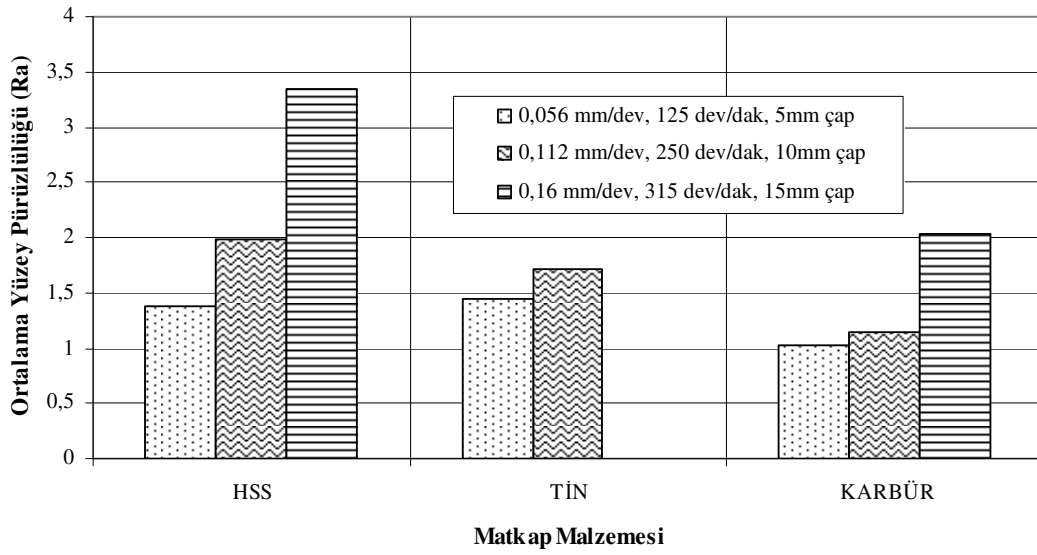
Şekil 6.29 ISOVAL11 Epoksi/E-glass fiber kompozit kalınlığı ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi (s=0.056 mm/dev, n=125 d/dak, d=5 mm).



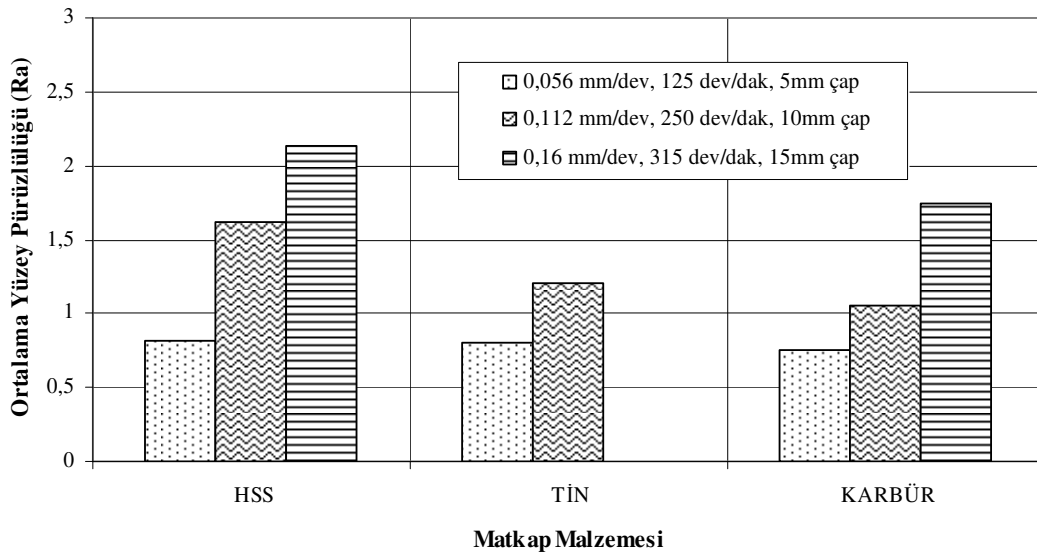
Şekil 6.30 ISOVAL11 Epoksi/E-glass fiber kompozit kalınlığı ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi ($s=0.112$ mm/dev, $n=250$ d/dak, $d=10$ mm).



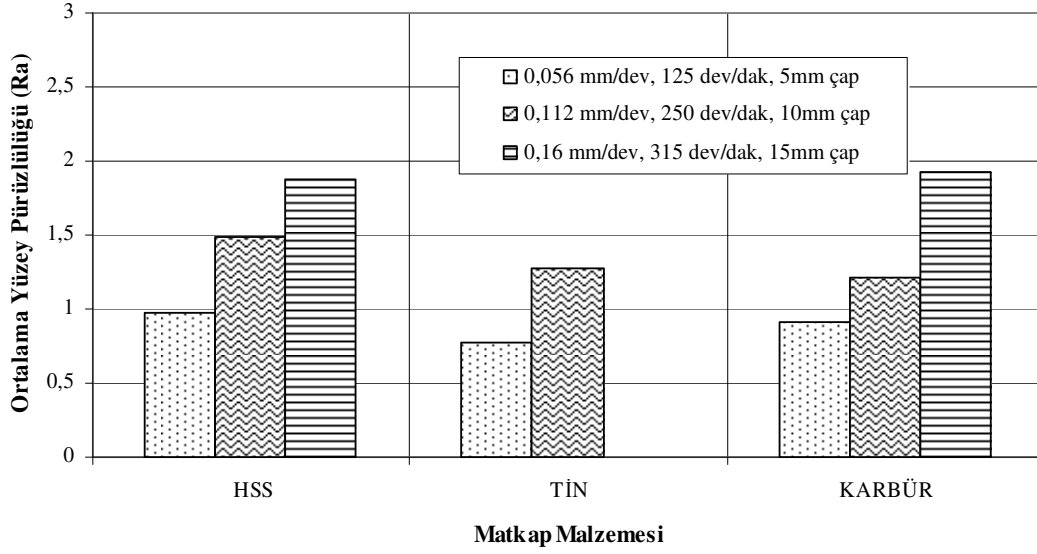
Şekil 6.31 ISOVAL11 Epoksi/E-glass fiber kompozit kalınlığı ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi ($s=0.16$ mm/dev, $n=315$ d/dak, $d=15$ mm).



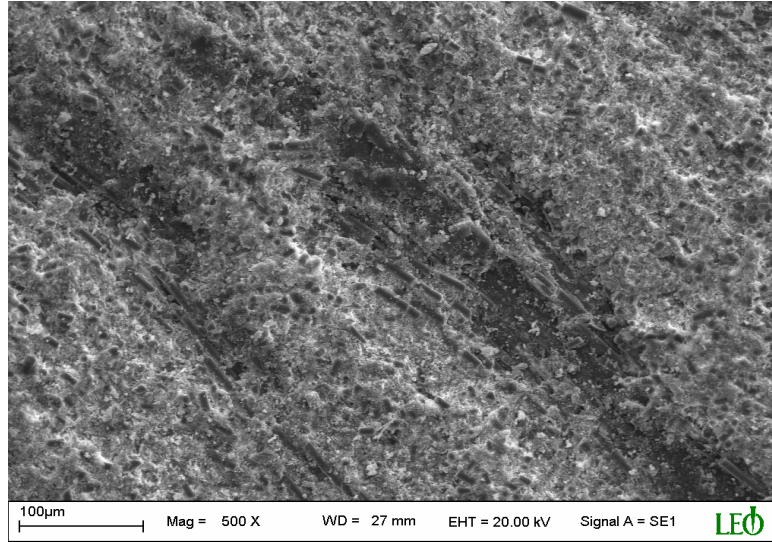
Şekil 6.32 ISOVAL11 Epoksi/E-glass fiber kompoziti için matkap malzemesi ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi (Örgü yoğunluğu=0.2 g/cm³, Kompozit malzeme kalınlığı=2 mm).



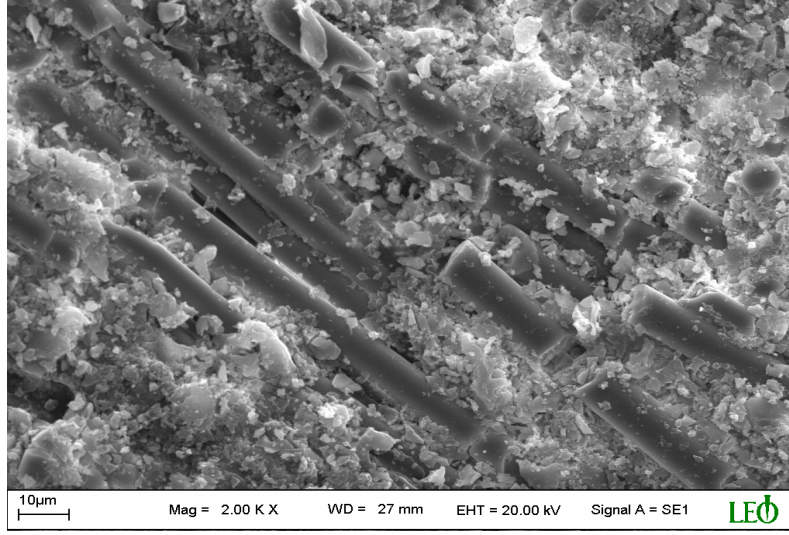
Şekil 6.33 ISOVAL11 Epoksi/E-glass fiber kompoziti için matkap malzemesi ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi (Örgü yoğunluğu=0.2 g/cm³, Kompozit malzeme kalınlığı=3.5 mm).



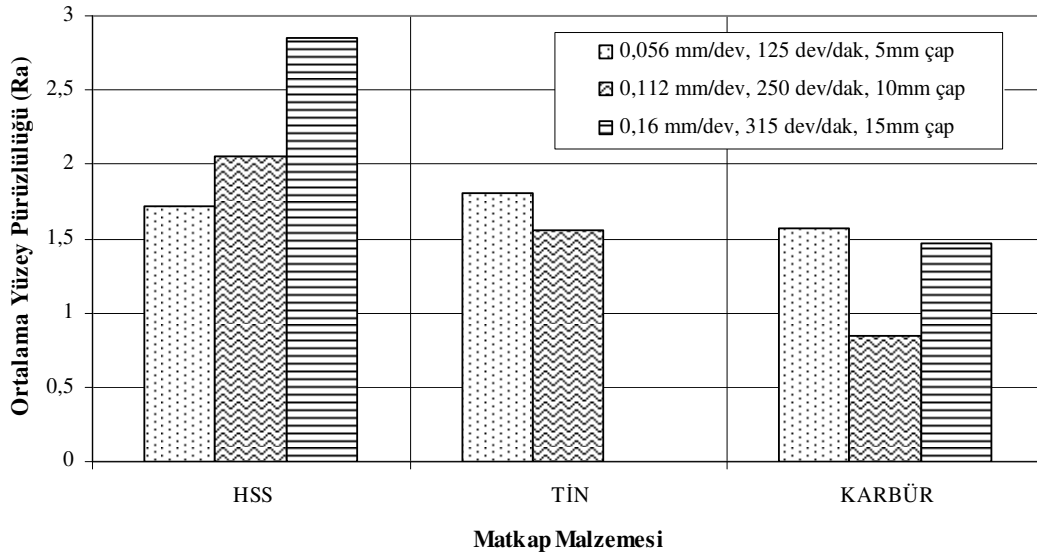
Şekil 6.34 ISOVAL11 Epoksi/E-glass fiber kompoziti için matkap malzemesi ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi (Örgü yoğunluğu=0.2 g/cm³, Kompozit malzeme kalınlığı=5 mm).



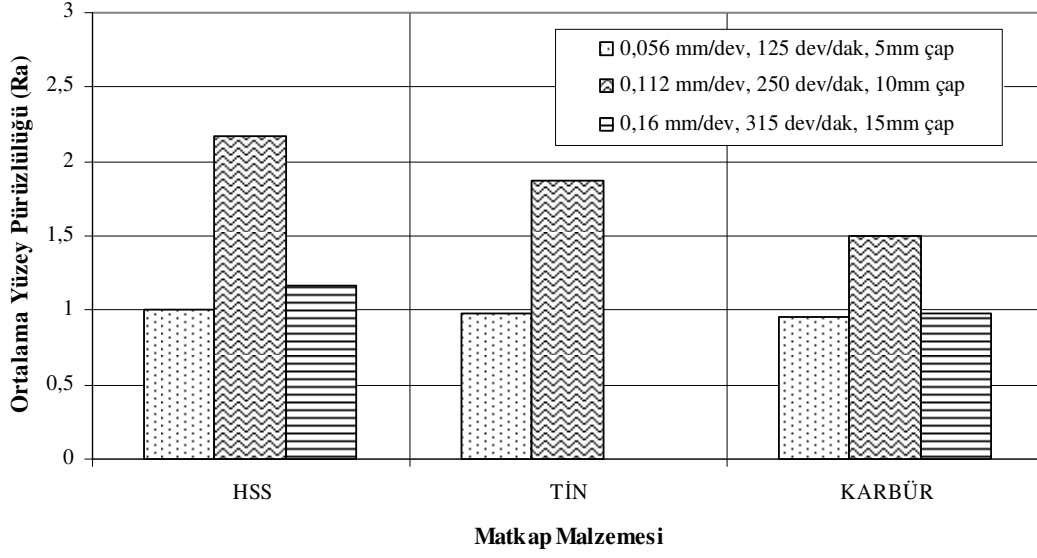
Şekil 6.35 HSS matkap ile delinmiş ISOVAL11 Epoksi/E-glass kompoziti için delik kesiti orta noktasının 500 kez büyütülmüş SEM fotoğrafı (Örgü yoğunluğu=0.2 g/cm³, Kompozit malzeme kalınlığı=5 mm, s=0.16 mm/dev, n=315 d/dak, d=15 mm).



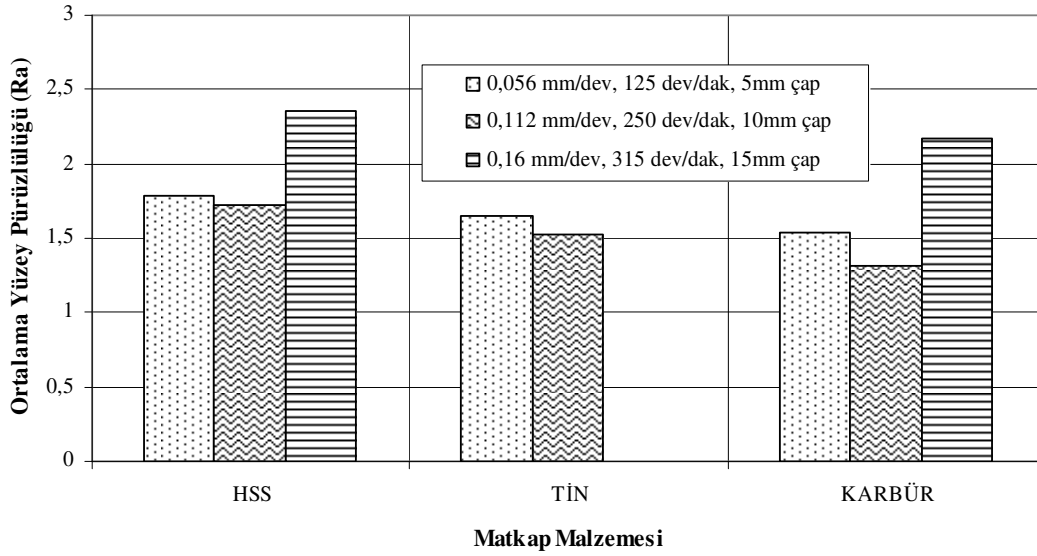
Şekil 6.36 HSS matkap ile delinmiş ISOVAL11 Epoksi/E-glass kompoziti için delik kesiti orta noktasının 2000 kez büyütülmüş SEM fotoğrafı (Örgü yoğunluğu=0.2 g/cm³, Kompozit malzeme kalınlığı=5 mm, s=0.16 mm/dev, n=315 d/dak, d=15 mm).



Şekil 6.37 ISOVAL11 Epoksi/E-glass fiber kompoziti için matkap malzemesi ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi (Örgü yoğunluğu=0.2 g/cm³, Kompozit malzeme kalınlığı=7 mm).



Şekil 6.38 ISOVAL11 Epoksi/E-glass fiber kompoziti için matkap malzemesi ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi (Örgü yoğunluğu=0.2 g/cm³, Kompozit malzeme kalınlığı=10 mm).



Şekil 6.39 ISOVAL11 Epoksi/E-glass fiber kompoziti için matkap malzemesi ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimi (Örgü yoğunluğu=0.2 g/cm³, Kompozit malzeme kalınlığı=14 mm).

6.5 Yüzey Pürüzlülüğüne Etki Eden Faktörler

Numunelerin genelinde ilerleme hızının artması ile yüzey pürüzlülük değerlerinin arttığı görüldü. Artan ilerleme hızları ile artan yüzey pürüzlülüğü değerleri aynı zamanda malzemenin örgü durumundaki değişimin bir göstergesi olarak ortaya çıkmaktadır.

İlerleme ile birlikte farklı iki devir sayısında yapılan deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerleri matkap cinsi açısından değerlendirildiğinde; HSS matkaplar kullanıldığında genelde devir sayısı arttıkça yüzey pürüzlülüğü değerlerinin de arttığı gözlemlendi. Karbür ve TiN matkaplarda yüzey pürüzlülüklerinin daha düşük olduğu tespit edildi.

Kompozit malzemelerin delinebilirliği ile ilgili olarak yapılan bu çalışmada, ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişiminde kompozit malzeme, ilerleme/devir/çap ve matkap malzemesinin etkisini araştırmak amacıyla istatistiksel regresyon analizi yapıldı. SPSS programı kullanılarak yapılan regresyon analizinde, model lineer olarak seçildi. Ortalama yüzey pürüzlülüğü bağımlı, kompozit malzeme, ilerleme/devir/çap ve matkap malzemesi ise bağımsız değişken olarak kabul edildi. Elde edilen sonuçlara göre, Regresyon denklemi Tablo 6.2 den yararlanılarak aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$Ra=0.58-0.013 \times KM+0.273 \times \text{snd} + 0.276 \times MM \quad (6.1)$$

Burada sırasıyla KM; kompozit malzeme tipi (Tablo 6.5), snd; ilerleme, devir ve matkap çapı (Tablo 6.6), MM; ise matkap malzemesi tipi'dir. MM değerleri Karbür=1, HSS=2 ve TiN=3' tür.

Tablo 6.2 Regresyon katsayıları

Model	Değişkenler	B	Standart Hata	Beta	t	Sig.
1	(Sabit)	0,580	0,216		2,686	0,009
	KM	-0,013	0,017	-0,071	-0,773	0,442
	snd	0,273	0,070	0,358	3,909	0,000
	MM	0,276	0,063	0,402	4,382	0,000

a Bağımlı değişken: Ra

Regresyon katsayıları tablosundaki (Tablo 6.2) t sütunu ve Sig. sütununa bakarak her bir katsayının istatistikleri ve önemlilikleri belirlenir. Bu sütunlara göre, çalışmada

ilerleme/devir/çap (snd) ve matkap malzemesi (MM) her biri tek başına Ra' nın değişimi üzerinde önemli etkiye sahiptir.

Tablo 6.3 Anova

Model	Analiz	Kareler Toplamı	df	Karelerin Ortalamaları	F	Sig.
1	Regresyon	9,159	3	3,053	11,694	0,000(a)
	Artan	21,930	84	0,261		
	Toplam	31,089	87	-		

a Belirleyiciler: (Sabit), MM, snd, KM

b Bağımlı değişken: Ra

Anova tablosundan ise regresyon denkleminin önemli olduğunu üç değişken birlikte ele alındığında Ra'yı önemli olarak açıklama yeteneğine sahip olmaktadır ($P < 0.001$). Üç değişken birlikte ele alındığında Ra' nın değişimine %29.5 oranında ($R^2 = 0.295$) etki ettiğini açıklamaktadır (Tablo 6.4).

Tablo 6.4 Model zeti

Model	R	R^2	Ayarlanmış R^2	Tahmini standart hata
1	0,543(a)	0,295	0,269	0,51096

a Belirleyiciler: (Sabit), MM, snd, KM

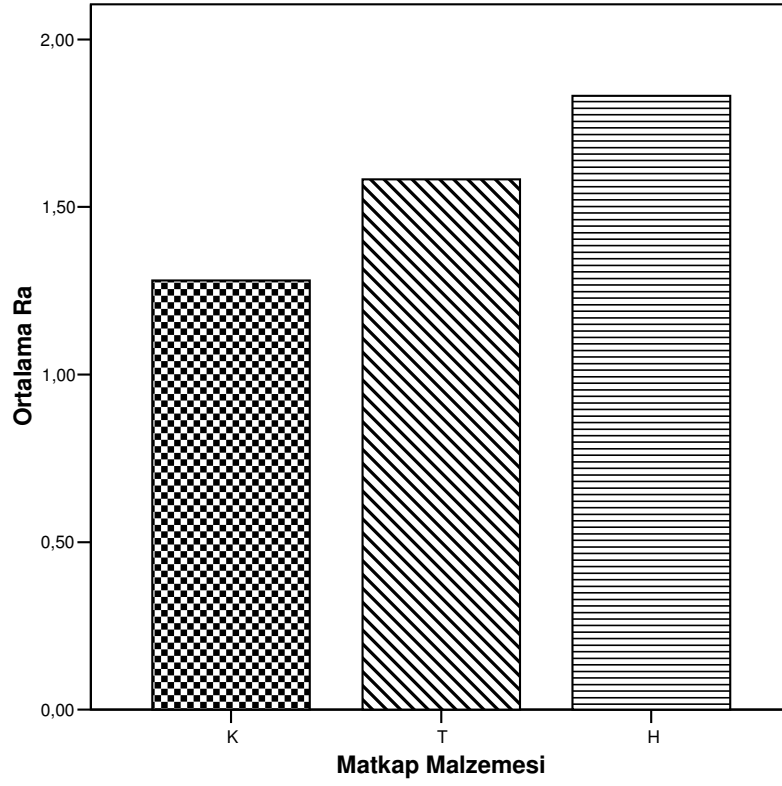
Elde edilen bu sonuçların yanı sıra sonuçların analizini doğrulamak amacıyla tüm deneylerde elde edilen Ra' ların ortalamaları alınarak, matkap malzemesi ve ilerleme/devir/çap arasındaki ilişkisi incelendi ve sonuçlar Tablo 6.40 ve 6.41' de verildi. Görüldüğü üzere ilerleme/devir/çap arttıkça ortalama yüzey pürüzlülüğü Ra, artmıştır. HSS malzemede ise en büyük Ra değeri elde edilmiştir.

Tablo 6.5. Regresyon analizi için malzeme tanımı.

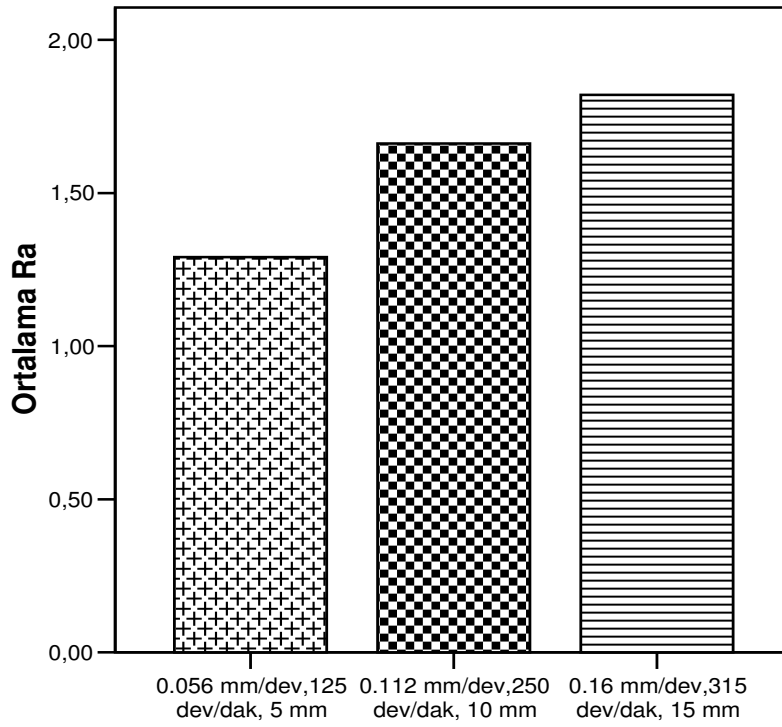
Malzeme	Kompozit malzeme tipi (KM)
CYCOM7701-A	1
CYCOM7701-B	2
CYCOM7701-C	3
CYCOM7714-A	4
CYCOM7714-B	5
ISOVAL11-A	6
ISOVAL11-B	7
ISOVAL11-C	8
ISOVAL11-D	9
ISOVAL11-E	10
ISOVAL11-F	11

Tablo 6.6. Regresyon analizi için snd tanımı.

İlerleme (mm/dev)	Devir (dev/dak)	Çap (mm)	snd
0.056	125	5	1
0.112	250	10	2
0.16	315	15	3



Şekil 6.40 Matkap malzemesi ile ortalama Ra' nın değişimi.



Şekil 6.41 İlerleme/devir/çap ile ortalama Ra' nın değişimi.

7. GENEL SONUÇLAR VE İRDELEME

Bu çalışmada, değişik kompozit malzemelerin matkap ile delme işleminde işlenebilirliğinin matkap cinsi, matkap çapı, devir sayısı ve ilerleme hızının etkisine bağlı olarak, kompozit malzemelerin yüzey pürüzlülüğü deneysel olarak incelendi. Deneysel çalışmalar neticesinde aşağıdaki sonuçlar elde edildi:

- Soğutma sıvısı kullanılmadığı için delik etrafında oluşan ısınma sonucunda matris malzemesinin yumuşamasına sebep oldu. Tüm matkaplar ile yapılan delme işlemlerinde, bundan dolayı delik yüzey kenarlarında matriksin yoğunlaşmasına neden oldu.

- İlerleme hızının artması ile kompozit malzemedeki örgüler arasında ani kopmalar meydana geldi ve genel olarak tüm çalışmada yüzey pürüzlülüğü değerlerinin arttığı görüldü. Bu durum  6.41 'de görülmektedir.

- Devir sayısına bağlı olarak yüzey pürüzlülüğü değerlerine bakıldığında ise; tüm matkaplarla yapılan delme işlemlerinde genelde devir sayısı arttıkça yüzey pürüzlülüğü değerlerinin de arttığı gözlemlendi. Bu durum  6.41 'de görülmektedir.

- Malzeme yüzeyine temas eden kesme yüzeyinin artması ile kesme alanının büyümesine sebep olacaktır ve böylece, delme esnasında daha büyük talaşlar oluşmasına sebep oluşturacak ve de yüzey pürüzlülüğünü artıracaktır. Tüm matkap çeşitlerinde en iyi sonuçların küçük çaplı matkap ile delmelerde olduğu ve matkap çapı büyüdükçe yüzey pürüzlülüğünün arttığı görüldü. Bu durumun, CYCOM7704, CYCOM7714 ve ISOVAL11 malzemeleri için aynı sonuçları verdiği gözlemlendi.

- Malzeme kalınlığı arttıkça delme işlemi sırasında talaşın dışarı atılması zorlanmaktadır. Deneysel çalışmalarda soğutma sıvısı kullanılmadığından dolayı takım üzerinde ısınmalar meydana gelmekte, ayrıca malzeme kalınlaştıkça birim hacme düşen matris malzemesinin artması ile takımın bu bölgede sıvazlanmasından ötürü, matris malzemesini kesmede zorlandığı ve ısınmanın bu bölgede daha fazla meydana geldiği gözlemlendi. Genel olarak, malzeme kalınlığı arttıkça yüzey pürüzlülüğünün arttığı ve doğal olarak delmenin zorlaştığı, takım ısınmasının arttığı görüldü.

- Malzemeler arsında inceleme yapıldığında ise, Kevlar takviyeli malzemesinin kopma dayanımı fiber glass malzemeye göre daha yüksek olduğu önceki konularda belirtilmişti bundan

dolayı Kevlar takviyeli malzemelerin delinmesinin daha zor olduğu görüldü. Kevlar takviyeli malzemeler yarı mamul olarak TAI firmasından temin edilip kendi laboratuvar şartlarımızda imal edildiğinden, imalat sırasında oluşan bazı düzensizlikler nedeniyle delme sırasında matkabın malzeme giriş ve çıkışlarında malzemede yırtılmalara sebep olduğu tespit edildi. Bu durum Şekil 6.19, Şekil 6.20, Şekil 6.21, ve Şekil6.22’de açıkça görülmektedir.

-Kevlar malzemelerde, ara tabakada yüzey pürüzlüğünün iyi olduğu ve malzemelerde örgü durumuna bağılı olarak pürüzlülüğün azaldığı görüldü. Bu durum şekil 6.19, şekil 6.20’de görülmektedir.

Yapılan delme işlemleri sonucunda elde edilen tüm sonuçlar göz önünde bulundurulduğu zaman; delme işlemlerinde en uygun matkap cinsi olarak Karbür matkapların kullanılmasının daha iyi sonuçlar vereceğı tespit edildi. Bunun yanı sıra maliyet göz önüne alınacak olursa; Karbür matkapların fiyatının TiN kaplı matkaplardan yaklaşık olarak iki kat daha pahalı olması, yapılan deneysel çalışmalarda Karbür matkabın performansına yakın performans gösteren TiN kaplı matkapların kullanılması önerilebilir.

8. ÖNERİLER

Bu çalışmada, deneyler soğutma sıvısı kullanılmadan yapılmış ve incelemeler malzeme karakteristiği üzerine yoğunlaştırıldı. Kompozit malzemelerde her matkapla bir delme yapıldığından matkap aşınması ve ömrü üzerine irdeleme yapılamadı. İleriye dönük olarak, farklı tipte kompozit malzemeler kullanılarak farklı çap ve cinsten matkaplar kullanılarak deneyler genişletilebilir, ayrıca aynı çalışma matkap ömrü ve aşınması üzerine yapılabilir, işlemede soğutma sıvıları kullanmanın sonuçları ve matkap ömrünü nasıl etkileyeceği de denenmelidir.

KAYNAKLAR

1. Schaefer W.H., Christion J.L., Evaluation of the structural behaviour of filament reinforced metal matrix composites, Technical report No. AFML-TR-69-36, vol. 3, air Force Materials Laboratory, 1969.
2. McGinty M.J., Preuss C.W., ASM conf On High Productivity Machining, Materials and Processes, Cleveand, OH, 231-244, 1985.
3. Tosun G., Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı, 2124 Al/SiC Kompozitinin Matris Özelliklerinin İşleme Şartlarına Etkisinin Araştırılması, 2002.
4. Brun M.K. Lee M., Gorsler F., “Wear characteristic of various hard materials for machining SiC-reinforced Al alloy”, Wear, 104, 21-29, 1985.
5. König W. and Grass P. Ann. CIRP, 38 (1), 119-124, 1989.
6. Chamber A.R., Stephens S.E., “Machining of Al-5Mg reinforced with 5 vol. % saffil and 15 vol. % SiC”, Materials Science and Engineering, A135, 287-290, 1991.
7. Monaghan J. and O'Reilly P., “The Drilling of an Al/SiC Metal-Matrix Composite”, Journal of Materials Processing Technology, 33, 469-480, 1992.
8. Wern C.W., Ramulu M. and Colligan K., “A Study of The Surface Texture of Composite Drilled Holes”, Journal of Materials Processing Technology, 37, 373-389,1993.
9. Mubarakı, B.; Bandyopadhyay, S.; Fowle, R.; Mathew, P.; Heath, P.J., “Drilling studies of an Al/20//3-Al metal matrix composite Part 1. drill wear characteristics”, Journal of Materials Science, 30 (24), 6273-6280, 1995.
10. Durante, S.; Rutefli, G.; Rabezzana, F., “Aluminum-based MMC machining with diamond-coated cutting tools”, Surface & Coatings Technology, 94-95 (1-3),632-640,1997.
11. El-Gallab M. and Sklad M., “Machining of Al/SiC particulate metal-matrix composites part I: tool performance”, Journal of Materials Processing Technology,83,151-158,1998.
12. El-Gallab M. and Sklad M., “Machining of Al/SiC particulate metal-matrix composites part II : workpiece surface integrity, Journal of Materials Processing Technology,83,277-285,1998.

13. Lin, J.T.; Bhattacharyya, D.; Ferguson, W.G., "Chip formation in the machining of SiC-particle-reinforced aluminum-matrix composites", *Composites Science and Technology*, v58n2, p285-291, Feb 1998.
14. Iuliano, L.; Settineri, L.; Gatto, A., "High-speed turning experiments on metal matrix composites", *Composites - Part A: Applied Science and Manufacturing*, v29, n12, p1501-1509, 1998.
15. Joshi S.S., Ramakrishnan N., Ramakrishnan P., "Analysis of chip breaking during orthogonal machining of Al/SiCp composites", *Journal of Materials Processing Technology*, 88, 90-96, 1999.
16. Barnes, S.; Pashby, L.R.; Hashim, A.B., "Effect of heat treatment on the drilling performance of aluminum/SiC MMC", *Applied Composite Materials*, v 6 n 2, p 121-138, 1999.
17. S. Arula, L. Vijayaraghavana, S.K. Malhotra, R. Krishnamurthy "The effect of vibratory drilling on hole quality in polymeric composites" a) Department of Mechanical Engineering, Indian Institute of Technology Madras, Chennai, 600036, India b) Composites Technology Centre, Indian Institute of Technology Madras, Chennai, 600036, India Received 10 February 2005; accepted 26 May 2005.
18. Marta Fernandes, Chris Cook, "Drilling of carbon composites using a one shot drill bit". Part I: Five stage representation of drilling and factors affecting maximum force and torque, a) School of Electrical, Computer and Telecommunications Engineering, University of Wollongong, Northfields Avenue, 2522, NSW Australia, b) Faculty of Engineering, University of Wollongong, Australia Received 23 September 2004; accepted 22 March 2005 Available online 6 June 2005.
19. A. Velayudhama, R. Krishnamurthy, T. Soundarapandian "Evaluation of drilling characteristics of high volume fraction fibre glass reinforced polymeric composite" a) Department of Mechanical Engineering, Indian Institute of Technology, Chennai 600 036, India b) Combat Vehicles Research and Development Establishment, Chennai 600 054, India Received 22 April 2004; accepted 7 September 2004, Available online 18 November 2004.
20. Wen-Chou Chen "Some Experimental Investigations In The Drilling Of Carbon Fiber-Reinforced Plastic (Cfrp) Composite Laminates" (Received 3 September 1996).

21. Akkurt M., Talaş kaldırma yöntemleri ve takım tezgahları, Birsen yayınevi, 1998.
22. Makine Mühendisleri El Kitabı, Cilt I.
23. Akovali, G., "Polimerik İleri Malzemeler" , Metalurji Mühendisleri Odası Yayını, 1996.
24. Onur S., Sami A., " Kompozit Malzemeler", E.Ü.,Bornova-İZMİR.
25. Akdoğan A., "Uçak malzemelerinin tahribatsız muayene yöntemleri", Makine&Metal, Ağustos, 2001.
26. Güllüoğlu A., "Uçak ve Uzay Malzemeleri" , Ders Notları, İ.T.Ü, 1992.
27. Yusuf Ş., " Kompozit Malzemelere Giriş", Ankara, 2000.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi : 11.07.1975

Doğum Yeri : Elazığ

Lise : Elazığ Mehmet Akif Ersoy Lisesi, 1992

Lisans : Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Makine Bölümü, 1997

Çalışma : 1997 Fresh-Air Klima Fabrikası, Mersin

1997-2002 Sarsılmaz Silah Fabrikası, Düzce

2002-2004 Mülga Köy Hizmetleri, Bingöl

2004-2005 Mülga Köy Hizmetleri, Elazığ

2005- İl Özel İdaresi, Elazığ