



T.C.
BATMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

RAMİ ELYAF TAKVİYELİ KOMPOZİTİN
FREZELENMESİNİN ARAŞTIRILMASI

Mehmet ÖZDEMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

KASIM-2019
BATMAN
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Mehmet ÖZDEMİR tarafından hazırlanan “RAMİ ELYAF TAKVİYELİ KOMPOZİTİN FREZELENMESİNİN ARAŞTIRILMASI” adlı tez çalışması 19.11.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Dr. Öğr. Üyesi Mesut HÜSEYİNOĞLU

Danışman

Prof. Dr. Erol KILIÇKAP

Üye

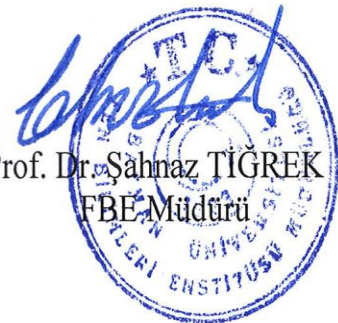
Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin GÜRBÜZ

İmza

[Handwritten signatures of the jury members]

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Sahnaz TIGREK
FBE Müdürü



TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.


Mehmet ÖZDEMİR
Tarih:19.11.2019

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

RAMİ ELYAF TAKVİYELİ KOMPOZİTİN FREZELENMESİNİN ARAŞTIRILMASI

Mehmet ÖZDEMİR

**Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Erol KILIÇKAP

2019, 60 Sayfa

Jüri

**Prof. Dr. Erol KILIÇKAP
Dr. Öğr. Üyesi Mesut HÜSEYİNOĞLU
Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin GÜRBÜZ**

Sentetik ve petrol türevi malzemeler günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu malzemelerin geri dönüşümü zor ve masraflıdır. Çevresel kaygılardan dolayı bu malzemelere olan ilgi gün geçtikçe azalmaktadır. Bu malzemelerin yerine çevre dostu, geri dönüşüm problemi olmayan ve kolay temin edilebilen malzemelere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu malzemelerden biri de doğal elyaf takviyeli kompozit malzemelerdir.

Bu çalışmada, rami elyaf takviyeli plastik (RETP) kompozit plakalar üretilmiş ve bunların kanal frezelenmesi araştırılmıştır. Kesme derinliğinin sabit tutulduğu deneylerde; iş mili dönme devri ve ilerlemenin frezeleme performansı üzerine etkileri incelenmiştir. 2, 3 ve 4 ağızlı parmak frezelerin kesici takım olarak kullanıldığı deneylerde, iş mili dönme devirleri 1000, 2000, 3000 dev/dak ve ilerleme 0.1, 0.15 ve 0.20 mm/dev olarak seçildi. Deneylerde iş mili devrinin, ilerlemenin ve takım ağız sayısının kesme kuvveti, kesme sıcaklığı, deformasyon faktörü ve yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. İlerlemenin artması ile kesme kuvveti, kesme sıcaklığı, deformasyon faktörü ve yüzey pürüzlülüğünü arttırmıştır. İş mili devrinin artması kesme kuvveti, kesme sıcaklığı ve deformasyon faktörünü artırırken yüzey pürüzlülüğünü azaltmıştır. Tüm işleme parametrelerinde, kesici takım ağız sayısının artması frezeleme performansını olumlu yönde etkilemiştir.

Anahtar kelimeler: Doğal kompozitler, Rami, Frezeleme, Kesme kuvveti, Sıcaklık, Deformasyon, Pürüzlülük

ABSTRACT

MS THESIS

INVESTIGATION OF MILLING OF RAMIE ELYAF REINFORCED COMPOSITE

Mehmet ÖZDEMİR

**The Graduate School Of Natural And Applied Science Of Batman University
The Degree Of Master Of Science In Mechanical Engineering**

**Advisor: Prof.Dr. Erol KILIÇKAP
2019, 60 Pages**

**Jury
Prof. Dr. Erol KILIÇKAP
Assist. Prof. Dr. Mesut HÜSEYİNOĞLU
Assist. Prof. Dr. Hüseyin GÜRBÜZ**

Synthetic and petroleum derived materials are widely used today. Recycling of these materials is difficult and costly. Due to environmental concerns, interest in these materials is decreasing day by day. Instead of these materials, there is a need for environmentally friendly, recyclable and easily available materials. One of these materials is natural fiber reinforced composite materials.

In this study, ramie fiber reinforced plastic (RFRP) composite plates were produced and their channel milling was investigated. In the experiments where the cutting depth is kept constant; the effects of spindle speed and feed rate on milling performance were investigated. In the experiments where 2, 3 and 4 flute end mills are used as cutting tools, spindle speeds was selected as 1000, 2000, 3000 rpm and feed was selected as 0.1, 0.15 and 0.20 mm/rev. In the experiments, the effects of spindle speed, feed rate and the number of end mill flute on cutting force, cutting temperature, deformation factor and surface roughness were tried to be determined. With the increase of feed, cutting force, cutting temperature, deformation factor and surface roughness increased. Cutting force, cutting temperature and deformation factor increased and surface roughness was decreased with increasing spindle speed. In all machining parameters, the increase in the number of end mill flute positively affected the milling performance.

Keywords: Natural composites, Ramie, Milling, Cutting force, Temperature, Deformation, Roughness

ÖNSÖZ

Çevresel kaygılar ve sürdürülebilir kalkınma politikalarından dolayı endüstri ve sanayide hammadde tabanı petrol olan malzemelerden yenilenebilir doğal malzemelere olan ilginin artmasına neden olmaktadır. Son birkaç yıl içerisinde bir dizi uygulama ile çevre dostu, yeşil ve sürdürülebilir malzemelerin kullanımına dikkat edildi. Nitekim hızla azalan küresel petrol kaynakları, küresel çevre sorunlarının farkındalığı ile birlikte, yenilenebilir kaynaklara dayalı malzemelere geçiş yolunu desteklemiştir. Bu bağlamda, biyo-temelli yenilenebilir malzemeler, şu anda yalnızca petrol esaslı hammaddelere dayalı ürünlerin hâkim olduğu pazarları yakalayabilen ve rekabet edebilen çeşitli ekoverimli, sürdürülebilir ürünlerin temelini oluşturabilir. Doğa, kompozit formülasyonda uygulanabilir polimerik bir matris/takviye haline dönüştürülebilen çok çeşitli hammaddeler sağlar. Bunlar göz önüne alındığında, mühendislik kompozitlerinde keten, kenevir, rami, kenaf, sisal ve jüt gibi doğal elyaflar tercih edilmeye başlanmıştır.

Yüksek lisans öğrenimimin her aşamasında değerli bilgilerinden faydalandığım tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Erol KILIÇKAP'a, tezimin doğru yönde ilerlemesi için büyük katkılarını aldığım değerli hocam Sayın Doç. Dr. Yahya Hışman ÇELİK'e teşekkürlerimi sunarım. Tezimin labaratuvar çalışmalarında yanımda olma nezaketini gösteren hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Burak YENİGÜN'e teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, deneylerimin yapılmasında bana laboratuvarlarındaki makine ve techizatların kullanım imkânlarını veren Dicle Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölüm Başkanlığı, Batman Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölüm Başkanlığına, eğitim hayatım boyunca bana çok değerli bilgiler kazandıran tüm hocalarıma ve desteklerini esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
TABLolar LİSTESİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Kaynak Araştırması	3
2. GENEL BİLGİLER.....	8
2.1. Doğal Lifler.....	8
2.1.1. Keten.....	12
2.1.2. Kenevir.....	12
2.1.3. Jüt.....	12
2.1.4. Kenaf.....	12
2.1.5. Sisal.....	12
2.1.6. Abaca	13
2.1.7. Rami.....	13
2.1.8. Hindistan cevizi lifi.....	13
2.1.9. Bambu	13
2.1.10. Pirinç kabuğu	13
2.1.11. Palmiye yağı	14
2.1. Yapı ve kimyasal bileşim	14
2.2. Doğal fiberlerin özellikleri	14
2.3.1. Çekme özellikleri	15
2.3.2. Eğilme özellikleri.....	15
2.3.3. Darbe özellikleri	15
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	16
3.1. Deneylerde Kullanılan Kompozit Malzeme	16
3.2. Deneylerde Kullanılan Kesici Takımlar	16
3.3. Deneylerde Kullanılan Takım Tezgâhı	17
3.4. Kesme Kuvvetleri Ölçümü	18
3.5. Yüzey Pürüzlülük Ölçüm Cihazı	20
3.6. Sıcaklık Ölçümü	21
3.7. Deformasyon Ölçümü ve Deformasyon Faktörünün Hesaplanması	22
3.8. Frezeleme Deney Parametrelerinin Seçilmesi	22

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	24
4.1. Frezeleme Parametreleri - Kesme Kuvveti İlişkisi	26
4.2. Frezeleme Parametreleri –Sıcaklık İlişkisi	41
4.3. Frezeleme Parametreleri – Deformasyon İlişkisi	47
4.4. Frezeleme Parametreleri - Yüzey Pürüzlülüğü İlişkisi	50
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	55
KAYNAKLAR	57
ÖZGEÇMİŞ	61

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1 . Lifli bitkiler (a) Roselle; (b) Sisal; (c) Pamuk; (d) Hindistan cevizi; (e) Kenevir; (f) Bambu; (g) Muz; (h) Şeker kamışı; (i) Ananas yaprağı; (j) Keten; (k) Süpürge mısırı; (l) Palmiye ağacı ve meyvesi; (m) Kenaf; (n) Yılan otu; (o) Fil otu (Ramesh ve ark., 2017)	11
Şekil 3.1. Dokuma Rami Kumaş	16
Şekil 3.2. Üretilen rami elyaf takviyeli kompozit.....	16
Şekil 3.3 Deneylerde kullanılan parmak freze kesici takım.....	16
Şekil 3.4.Deneyde Kullanılan Tezgah	17
Şekil 3.5 Kistler 9257B piezo-elektrik dinamometre	18
Şekil 3.6. Dinamometre üzerindeki kuvvet ve moment bileşenleri	18
Şekil 3.7. Kistler marka 5070-A model yükseltici.....	19
Şekil 3.8. İş parçasının dinamometre ile montajlı haline ait fotoğraf	20
Şekil 3.9. Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı	20
Şekil 3.10. Sıcaklık ölçümünde kullanılan termal kamera.....	21
Şekil 3.11. Frezeleme deneyine ait termal kamera görüntüsü	22
Şekil 3.12. Deformasyon faktörünün belirlenmesi	22
Şekil 4.1. RETP kompozitin çekme kuvveti-uzama miktarı.....	24
değişim diyagramı (yönlendirme açısı : 0°/90°)	24
Şekil 4.2.1 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği	27
(2 kanallı freze, n=1000 dev/dak, f=0.10 mm/dev).....	27
Şekil 4.3. 2 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği	27
(2 kanallı freze, n=1000 dev/dak, f=0.15 mm/dev).....	27
Şekil 4.4. 3 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman Grafiği	27
(2 kanallı freze, n=1000 dev/dak, f=0.20 mm/dev).....	27
Şekil 4.5. 4 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği	28
(2 kanallı freze, n=2000 dev/dak, 0.10 mm/dev)	28
Şekil 4.6. 5 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği	28
(2 kanallı freze, n=2000 dev/dak, 0.15 mm/dev)	28
Şekil 4.7. 6 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği	28
(2 kanallı freze, n=2000 dev/dak, 0.20 mm/dev)	28
Şekil 4.8. 7 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği	29
(2 kanallı freze, n=3000 dev/dak, 0.10 mm/dev)	29
Şekil 4.9. 8 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği	29
(2 kanallı freze, n=3000 dev/dak, 0.15 mm/dev)	29
Şekil 4.10. 9 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği	29
(2 kanallı freze, n=3000 dev/dak, 0.20 mm/dev)	29
Şekil 4.11. 10 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği	30
(3 kanallı freze, n=1000 dev/dak, 0.10 mm/dev)	30
Şekil 4.12. 11 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği	30
(3 kanallı freze, n=1000 dev/dak, 0.15 mm/dev)	30
Şekil 4.13. 12 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği	30
(3 kanallı freze, n=1000 dev/dak, 0.20 mm/dev)	30
Şekil 4.14. 13 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği	31
(3 kanallı freze, n=2000 dev/dak, 0.10 mm/dev)	31
Şekil 4.15. 14 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği	31
(3 kanallı freze, n=2000 dev/dak, 0.15 mm/dev)	31
Şekil 4.16. 15 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği	31
(3 kanallı freze, n=2000 dev/dak, 0.20 mm/dev)	31
Şekil 4.17. 16 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği	32
(3 kanallı freze, n=3000 dev/dak, 0.10 mm/dev)	32
Şekil 4.18. 17 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği	32
(3 kanallı freze, n=3000 dev/dak, 0.15 mm/dev)	32
Şekil 4.19. 18 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği	32
(3 kanallı freze, n=3000 dev/dak, 0.20 mm/dev)	32

Şekil 4.20. 19 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği	33
(4 kanallı freze, n=1000 dev/dak, 0.10 mm/dev)	33
Şekil 4.21. 20 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği	33
(4 kanallı freze, n=1000 dev/dak, 0.15 mm/dev)	33
Şekil 4.22. 21 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği	33
(4 kanallı freze, n=1000 dev/dak, 0.20 mm/dev)	33
Şekil 4.23. 22 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği	34
(4 kanallı freze, n=2000 dev/dak, 0.10 mm/dev)	34
Şekil 4.24. 23 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği	34
(4 kanallı freze, n=2000 dev/dak, 0.15 mm/dev)	34
Şekil 4.25. 24 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği	34
(4 kanallı freze, n=2000 dev/dak, 0.20 mm/dev)	34
Şekil 4.26. 25 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği	35
4 kanallı freze, n=3000 dev/dak, 0.10 mm/dev)	35
Şekil 4.27. 26 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği	35
(4 kanallı freze, n=3000 dev/dak, 0.15 mm/dev)	35
Şekil 4.28. 27 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği	35
(4 kanallı freze, n=3000 dev/dak, 0.20 mm/dev)	35
Şekil 4.29. İş mili devrinin kesme kuvveti üzerine etkisi (2 ağızlı takım).....	36
Şekil 4.30. İş mili devrinin kesme kuvveti üzerine etkisi (3 ağızlı takım).....	36
Şekil 4.31. İş mili devrinin kesme kuvveti üzerine etkisi (4 ağızlı takım).....	37
Şekil 4.32. İlerlemenin kesme kuvveti üzerine etkisi (2 ağızlı takım).....	38
Şekil 4.33. İlerlemenin kesme kuvveti üzerine etkisi (3 ağızlı takım).....	38
Şekil 4.34. İlerlemenin kesme kuvveti üzerine etkisi (4 ağızlı takım).....	38
Şekil 4.35. Takım ağız sayısının kesme kuvveti üzerine etkisi (0.10 mm/dev).....	39
Şekil 4.36. Takım ağız sayısının kesme kuvveti üzerine etkisi (0.15 mm/dev).....	40
Şekil 4.37. Takım ağız sayısının kesme kuvveti üzerine etkisi (0.20 mm/dev).....	40
Şekil 4.38. Termal kamera görüntüsü (Takım Ağız Sayısı:2, 1000dev/dak, 0.10mm/dev).....	42
Şekil 4.39. Termal kamera görüntüsü (Takım Ağız Sayısı:3, 2000 dev/dak,0.15 mm/dev).....	42
Şekil 4.40. Termal kamera görüntüsü (Takım Ağız Sayısı:4, 3000 dev/dak,0.20 mm/dev).....	42
Şekil 4.41. İş mili devrinin kesme sıcaklığı üzerine etkisi (2 ağızlı takım).....	43
Şekil 4.42. İş mili devrinin kesme sıcaklığı üzerine etkisi (3 ağızlı takım).....	43
Şekil 4.43. İş mili devrinin kesme sıcaklığı üzerine etkisi (4 ağızlı takım).....	43
Şekil 4.44. İlerlemenin kesme sıcaklığı üzerine etkisi (2 ağızlı takım).....	44
Şekil 4.45. İlerlemenin kesme kuvveti üzerine etkisi (3 ağızlı takım).....	44
Şekil 4.46. İlerlemenin kesme kuvveti üzerine etkisi (4 ağızlı takım).....	44
Şekil 4.47. Takım ağız sayısının kesme sıcaklığının üzerine etkisi (0.10 mm/dev).....	46
Şekil 4.48. Takım ağız sayısının kesme sıcaklığının üzerine etkisi (0.15 mm/dev).....	46
Şekil 4.49. Takım ağız sayısının kesme sıcaklığının üzerine etkisi (0.20 mm/dev).....	46
Şekil 4.50. Frezelenmiş RETP kompozite ait görüntüler (2 ağızlı takım).....	47
Şekil 4.51. Frezelenmiş RETP kompozite ait görüntüler (3 ağızlı takım).....	47
Şekil 4.52. Frezelenmiş RETP kompozite ait görüntüler (4 ağızlı takım).....	47
Şekil 4.53. İş mili devir sayısının deformasyon faktörü üzerine etkisi (2 ağızlı takım).....	48
Şekil 4.54. İlerlemenin deformasyon faktörü üzerine etkisi (3 ağızlı takım).....	48
Şekil 4.55. Takım ağız sayısının deformasyon faktörü üzerine etkisi (1000 dev/dak).....	48
Şekil 4.56. Takım ağız sayısının deformasyon faktörü üzerine etkisi (2000 dev/dak).....	49
Şekil 4.57. Takım ağız sayısının deformasyon faktörü üzerine etkisi (3000 dev/dak).....	49
Şekil 4.58. İş mili dönme devrinin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi (2 ağızlı).....	51
Şekil 4.59. İş mili dönme devrinin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi (3 ağızlı).....	51
Şekil 4.60. İş mili dönme devrinin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi (4 ağızlı).....	52
Şekil 4.61. İlerlemenin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi (2 ağızlı).....	52
Şekil 4.62. İlerlemenin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi (3 ağızlı).....	52
Şekil 4.63. İlerlemenin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi (4 ağızlı).....	53

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo	Sayfa
Tablo 2.1. Doğal liflerin sınıflandırılması (Hodzic ve Shanks, 2014; Kılıçkap, 2018).....	10
Tablo 2.2. Bazı doğal fiberlere ait bazı mekanik-fiziksel özellikler	14
Tablo 3.1. Kesici takıma ait boyutlar	16
Tablo 3.2. Kistler 9257B dinamometrenin teknik özellikleri.....	19
Tablo 3.3. Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazına (Time TR-200) ait bazı özellikler.....	21
Tablo 3.4. Testo 881-2Termal kamera özellikleri.....	21
Tablo 3.5. Deney parametreleri ve sıralaması.....	23
Tablo 4.1. 2 ağızlı parmak freze ile yapılan deneylerden elde edilen deney sonuçları	25
Tablo 4.2. 3 ağızlı parmak freze ile yapılan deneylerden elde edilen deney sonuçları	25
Tablo 4.3. 4 ağızlı parmak freze ile yapılan deneylerden elde edilen deney sonuçları	26

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

R_a	Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü (μm)
f	İlerleme (mm/dev)
F_x	Frezeleme kuvvetinin x yönündeki bileşeni (N)
F_y	Frezeleme kuvvetinin y yönündeki bileşeni (N)
F_z	Frezeleme kuvvetinin z yönündeki bileşeni (N)
W	Kanal genişliği (freze çapı) (mm)
W_{maksimum}	Maksimum kanal genişliği (mm)

Kısaltmalar

DF	Deformasyon faktörü
YYM	Yüzey yanıt metodu
SEM (Scannig Electron Microscope)	Taramalı elektron mikroskobu
MDF (Medium Density Fiberboard)	Orta yoğunluklu lif levha
PCD (Polycrystalline Diamond)	Çok kristalli elmas

1. GİRİŞ

Kompozit malzemeler son dönemde giderek daha fazla kullanım alanı bulmaktadır. Bu malzemelerin genellikle hafif olmaları ve dayanımlarının istenilen yönde arttırılabilmesi gibi özellikleri, piyasada her geçen gün daha fazla tercih edilmelerini sağlamaktadır. Özellikle havacılık, savunma sanayi ve otomotiv gibi ileri teknoloji ve verimlilik gerektiren sektörler, ürünlerindeki pek çok parçada kompozit malzemeyi tercih etmektedir.

Kompozit malzemeler farklı yapılarda ve içeriklerde olabilmektedir. Yapıları incelendiğinde temel olarak matris malzemesi ve takviye malzemesi olmak üzere iki temel bileşenden oluşurlar. Malzemeye temel özelliklerini kazandıran bileşen takviye malzemesidir. Matris malzemesi yapının hacminde daha fazla yere sahip olup, malzemeyi bir arada tutan ve gelen yüklerin malzeme içerisinde homojen bir şekilde dağılımını sağlayan bir dolgudur. Ayrıca kompozite süneklilik ve tokluk kazandırır. Takviye malzemesinin matris içerisinde bulunma şekli ve doğrultusu, istenilen mukavemet değerlerine belli yönlerde ulaşılmasını sağlar.

Üstün özellikleri, sağladığı avantajlar ve çeşitli endüstri uygulamalarında kullanıldığından, kompozit malzemelere olan ilgi her geçen gün artmakta ve bunlarla ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Mükemmel fiyat-performans oranı nedeniyle, cam ve karbon gibi elyaflar, termoplastik matris kompozitler için en önemli elyaflardır. Ancak cam, karbon, aramid gibi takviye ve epoksi, polyester, poliüretan gibi matris malzemeleriyle oluşturulan kompozitlerin birbirlerine kuvvetli şekilde bağlanmaları geri dönüştürülmelerini zor ve pahalı hale getirmektedir. Bu kompozitler yenilenebilir değildir ve malzemelerin kullanım ömrünün sonunda imha etme ile ilgili problemler doğurur. Bu takviye malzemelerinin üretim esnasında insan sağlığı açısından zararlı oluşları, pahalı hammadde, geri dönüştürülme zorlukları gibi etkilerden dolayı ciddi sorunları beraberinde getirmektedir. Bunların yerine onlara alternatif oluşturabilecek ucuz, çevreye ve sağlığa zararsız takviye malzemeleri arayışını zorunlu kılmıştır. Günümüzde, ekolojik kaygılar doğal malzemelere olan ilginin artmasına neden olmuş ve geri dönüştürülebilir, çevre dostu, yenilenebilir, mekanik özellikleri yüksek, ucuz ve kolayca temin edilebilmelerinden dolayı bu ürünlerin tanıtılması giderek önem kazanmıştır. Bu da düşük yoğunluklu, kolay temini, işleme kolaylığı ve düşük çevresel etki gibi geleneksel liflerle karşılaştırıldığında çeşitli avantajlara sahip olan keten, kenevir, jüt, rami, sisal gibi doğal liflere olan ilgiyi artırmıştır (Sağır, 2016; Morton ve Hearle, 1975; Garkhail, 2002)

Çevresel sorunlara yönelik artan endişeler dünya üzerinde gittikçe artmakta ve polimer temelli malzemelere duyulan ihtiyaç önem kazanmaktadır. Gelişen teknolojiyle birlikte çevresel farkındalıklar, küresel ısınma ve mevcut yeraltı kaynaklarının azalması gibi problemleri ortaya çıkarmaktadır. Bu problemlerin üstesinden gelebilmek için bir takım adımların atılması ve bu doğrultuda gerekli düzenlemelerin yapılması gerekmektedir. Bu doğrultuda günümüzde doğada kabul edilebilir ve biyolojik olarak parçalanabilir alternatif malzemelerin geliştirilmesi ön plana çıkmıştır (Prabu ve ark., 2016). Organik dolgu maddeleriyle doldurulmuş polimer kompozitleri yani yenilenebilir kaynaklardan gelen ve biyolojik olarak parçalanabilir dolgu maddelerine karşı artan bir ilgiye neden olmuştur (La Mantia ve Morrela., 2011).

En çok karşılaşılan kompozit malzeme çeşidi lif takviyeli kompozitlerdir. Bu kompozit, matris içerisine belirli yönde yerleştirilen liflerden oluşmaktadır. Aslında yapıdaki her bir lif matris malzemesi ile moleküler boyutta birbirinden farklı olup mekanik olarak ayrılabilir. Lif kalınlıkları ve uzunlukları ihtiyaca göre farklılık göstermektedir. Bu çeşit kompozitlerde kullanılan en yaygın takviye malzemesi cam lifidir. Bununla birlikte karbon lifi, metal lifler ve doğal lifler de takviye malzemesi olarak kullanılır. Matris malzemesi olarak ise genellikle termoset ve termoplastikler kullanılır. Özellikle ucuzluğu bakımından polyester en sık kullanılan matris malzemesidir.

Kompozit malzemeler günümüzde hala gelişimini devam ettirmektedir. Mukavemet ve hafiflik gibi mekanik özelliklerin yanı sıra özellikle çevreci yapıların tercih edildiği alanlarda takviye malzemesi olarak doğal liflerin kullanımı söz konusudur. Yapılarda kullanılan malzemelerin insan ve canlılar ile doğrudan veya dolaylı temasının önemli görüldüğü uygulamalarda kendilerine geniş kullanım alanı bulmaktadırlar. Yapıda kullanılan parçaların kullanım ömürleri dolduktan sonra doğada çözünürlüğünün sağlanabilme sebebi ile çevreci malzemelerdir. Ayrıca bu yapılar ses emici olması yönünden de tercih sebebidir. Takviye malzemesi olarak kullanılan başlıca doğal lifler; rami, sisal, pamuk, kenevir, jüt, keten, koyunyünü, bambu, kenaf ve hindistan cevizidir (Lau ve Cheung, 2017).

Doğal elyaf kompozitlerin, yenilenemeyen enerji kaynaklarına bağımlılığın azaltılması, çevreyi daha az kirletici ve düşük sera gazı emisyonları, gelişmiş enerji geri kazanımı ve bileşenlerinin ömrünün biyobozunurluğu gibi çevresel avantajlar sağladığı iddia edilmektedir. Bu üstün çevresel performansları, gelecekte doğal elyaf kompozitlerin kullanımının artması için önemli bir güç olduğunu göstermektedir. Doğal elyaf kompozitlerin cam elyaflara göre düşük maliyetli olması, hafif ve görünüşte çevresel

açıdan üstün özellikleri sayesinde alternatif kaynaklar arasında kullanılmasını sağlamaktadır (Joshi ve ark., 2004).

Kompozitlerin kullanım alanındaki artış, üretilebilme ve şekil verme kabiliyetlerinin de önemini arttırmıştır. Özellikle talaşlı işleme kabiliyetleri kompozit malzemeler için kritiktir.

Bu tez çalışmasının amacı; rami elyaf takviyeli plastik kompozitlerin parmak freze çakısı ile kanal frezelenmesinde iş mili devri, ilerleme ve kesici takım ağız sayısı gibi frezeleme parametrelerinin kesme kuvveti, sıcaklık, deformasyon faktörü ve yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri deneysel olarak araştırmaktır.

1.1. Kaynak Araştırması

Plastik kompozit malzemeler hafiflik, yüksek mukavemet ve yüksek korozyon direnci gibi özelliklerinden dolayı uçak ve uzay endüstrisinde yaygın bir kullanım alanı bulabilmektedirler. Bu kompozitler kullanılan takviye elemanının malzemesi açısından iki türe ayrılır: doğal ve sentetik lifler. Doğal lifler; bitki, hayvan ve mineral olan kaynaklardan elde edilmektedir. Doğal bitki liflerinin ilk kullanımı, insanoğlunun onları sıcaklık ve koruma amacıyla kullandığı (kerpiç) 5.000 yıldan önceye gitmektedir. II. Dünya Savaşı'ndan sonra, doğal elyaf endüstrisi, sentetik elyaflardaki artıştan dolayı pazar paylarının çoğunu kaybettiştir (Jawaid ve Abdul Khalil, 2011; Beg ve Pickering, 2008; Ochi, 2008). Aslında, sentetik lifler yüksek maliyet, yenilenemez ve geri dönüşümünün olmaması veya yüksek maliyetli olması, işleme ve üretim süreçlerinde yüksek enerji tüketimi, yüksek CO₂ emisyonu, yüksek aşındırıcı nitelik ve bulunduğunda sağlık sorunları gibi ciddi olumsuz yönlerle sahiptir. Sentetik elyafların bu olumsuz özelliklerinden dolayı, doğal lifler kompozit yapımında yeniden kullanım alanı bulmaktadır (Beg ve Pickering, 2008).

Cam ve karbon gibi sentetik elyaf takviyeli kompozitlerin işlenmesinde elyafların aşındırıcı ve sert olmasından dolayı yüksek kesme kuvveti ve gücü, kötü bir yüzey, deformasyon ve elyaf matris ayrılması gibi problemlerle karşılaşmaktadır. Ayrıca, sentetik elyafların aşındırıcı doğası, hızlı takım aşınmasına ve kötü yüzey kalitesine neden olmaktadır (Davim ve Reis, 2004, Davim ve diğerleri, 2011, Wern ve diğerleri, 1993). Bu nedenle, kesici takımın ve kesme parametrelerinin doğru seçimi talaşlı imalat için oldukça çok önemlidir. Bu malzemelerin işlenebilirliğinde; kesme hızı, ilerleme, kesici takım geometrisi ve malzemesi, elyaf cinsi ve oryantasyon açısının işlenebilirlik üzerinde

büyük etkiye sahip olduğunu bazı araştırmacılar tarafından ifade edilmiştir (Palanikumar, 2007; Hocheng ve Tsao, 2006; Davim ve Reis, 2004; Kılıçkap, 2018).

Kyoto protokolü başta olmak üzere, emisyon oranlarının düşürülmesi için uygulanan yaptırımlar sonucu doğal, çevre dostu, yenilenebilir malzemelere olan ilgi günden güne artmaktadır. Bu amaçla otomotiv sanayinde araçların hafifletilerek CO₂ salınım değerlerinin düşürülmesi için maliyetleri düşük, dayanım/ağırlık oranları yüksek olan doğal elyafların kullanımı yaygınlaşmaktadır (Bakkal ve Savaş, 2012; Bakkal ve ark. 2012).

Avrupa Birliği ülkelerinde 2003 yılında 43.000 ton doğal elyaf kullanılırken 2010 yılında 315.000 ton doğal elyaf takviye malzemesi olarak kullanılmıştır ve bu değer endüstride kullanılan takviyelerin %13'ünü oluşturmuştur. Endüstride kullanılacak doğal takviye elemanlarının 2020 yılında 830.000 ton olması öngörülmekte ve 2050 yılına kadar ise kullanılan takviye oranının %50'sinin yenilenebilir ve bitki bazlı kaynaklardan oluşturulmasını hedeflemiştir. Gelecekte biyo-kompozitlerin yeni nesil yapısal malzemeler olarak geniş kullanım alanı bulacak olması bu alandaki çalışmaların hızla artmasına sebep olmuştur (Yan ve ark., 2014). Ancak bu tür kompozitlerin talaşlı işlenmesi ile ilgili çok az sayıda çalışma bulunmaktadır.

Endüstriyel uygulamalarda kompozitlerin kullanılabilmesi için, bu malzemelerin şekillendirilmesi ve talaşlı işlenmesi oldukça önemlidir. Ancak, bu malzemelerin delinmesinde ve kanal açma işlemlerinde çeşitli nedenlerden dolayı malzeme üzerinde hasarlar oluşmaktadır. Bu malzemelerin işlenmesinde işlenen bölgenin kenarlarında ve yüzeyinde hasarlar, mikro çatlaklar, fiber kopması ve matris yanması şeklinde oluşmakta ve bu da kompozit parça ile kesici takım performansını olumsuz yönde etkilemektedir (Babu ve ark., 2013; Nassar ve ark., 2017).

Sentetik takviyeli kompozitlerle karşılaştırıldığında, doğal elyaf takviyeli kompozit malzemelerin işlenebilirliği konusunda takım aşınması, yüzey pürüzlülüğü, kesme kuvvetleri, malzeme kaldırma oranı, kesme gücü, özel kesme kuvveti, takım ömrü, özel kesme basıncı ve işleme gücü açısından daha az çalışma yapıldığı tespit edilmiştir.

Karpat ve ark. (2012) yaptıkları çalışmada, bir polikristal elmas kesici uç kullanılarak, karbon fiber takviyeli plastik (KFTP) kompozit plakaların frezelemesinde kesme kuvveti verilerine bağlı olarak mekanik bir kesme kuvveti modeli oluşturmuşlardır. Radyal ve teğetsel yönlerdeki kesme kuvveti katsayılarını, fiber kesme açısının bir fonksiyonu olarak hesaplamışlardır.

Prabu ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada muz lifi ve pirinç kabuğu içeren liflerle takviye edilmiş matsili hibrit kompozitlerin mekanik özelliklerini belirlemişlerdir. Kompozit malzemelerin mukavemetini çekme testi ve darbe testi gibi testler yaparak belirlemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre, hibrit fiber takviyeli kompozitin diğer kompozit malzemelere kıyasla mukavemet, işlenebilirlik, su emme oranı ve montaj işlemleri açısından çok daha iyi sonuç gösterdiğini belirtmişlerdir.

Balasubramanian ve ark. (2016) doğal elyaflardan olan jüt takviyeli kompozitin talaşlı işlenmesinde kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliğinin kesme kuvveti ve momenti üzerine etkilerini çalışmışlardır. Kesme parametrelerinin kesme kuvveti ve momenti üzerindeki etkilerini Taguchi yöntemini kullanılarak belirlemişlerdir.

Azmi ve ark. (2016), kenaf elyaf takviyeli doğal kompozitlerin frezelenmesinde yüzey pürüzlülüğüne etki eden kesme parametrelerini yanıt yüzey metodu (YYM) kullanarak araştırmışlardır. YYM kullanılarak yüzey pürüzlülüğünü (R_a) en aza indirmek için optimum bir kesme parametresi belirlemiş ve matematiksel model geliştirmişlerdir. İş mili hızı ve ilerleme hızının kompozitin yüzey pürüzlülüğünü en çok etkileyen parametreler olduğunu belirlemişlerdir.

Doğal takviyeli kompozitlerin frezelenmesi ile ilgili ilk yapılmış çalışmalardan biri Dippon ve ark. (2000) tarafından yapılmıştır. Orta yoğunluklu lif levhanın (Medium Density Fiberboard, MDF) parmak freze ile frezelenmesinde, kesme kuvvetlerinin tahmini üzerine bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında kesme kuvvetlerini tahmin etmek için dinamik bir model önermişlerdir.

Miklaszewski ve ark. (2000), ahşap esaslı kompozitlerin frezelenmesinde çok kristalli elmas (Polycrystalline Diamond, PCD) takım aşınmasının mikromekaniğini taramalı elektron mikroskobu (Scanning Electron Microscope, SEM) kullanarak belirlemişlerdir. Çalışmalarında takım aşınma mekanizmalarını belirlemişler ve uygun işleme parametrelerini araştırmışlardır.

Jayabal ve Natarajan (2010), Hindistan ceviz elyaflı kompozitlerin delinmesinde minimum kesme kuvvetlerini ve takım aşınmasını elde etmek için gerekli olan delme parametrelerini genetik algoritma yöntemi ile belirlemişlerdir.

Davim ve ark. (2009), MDF'nin frezelemesinde kesme hızı ve ilerleme gibi frezeleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkilerini belirlemek üzere bir seri deney yapmışlardır. Artan kesme hızı ile yüzey pürüzlülüğünün düştüğünü ve artan ilerleme ile yüzey pürüzlülüğünün arttığını vurgulamışlardır.

Jayabal ve ark. (2011), matkap ucu ϕ apı, iş mili hızı ve ilerleme oranı gibi delme parametreleri ile delinen kompozitler; işlenebilirliği üzerindeki etkisini araştırmıştır. İlerleme oranının takım aşınma mekanizmasında, yapılan deliğin boyutu ve kompozitlerdeki elyafların karşı kuvveti nedeniyle diğer faktörlerle karşılaştırıldığında önemli bir rol oynadığını belirtmiştir. İş mili hızı ve matkap ucu ϕ apı parametrelerinin işlenebilirlik üzerindeki etkilerinin önemsiz olması, kompozitin yumuşaklığından kaynaklanmaktadır. İşlenebilirlik üzerindeki en etkili etkileşimin matkap ucu ϕ apı ve ilerleme oranı arasında olduğunu belirlemişlerdir.

Vinayagamoorthy ve Rajeswari (2012), jüt takviyeli doğal kompozitlerin dört frezelenmesinde, Taguchi ve bulanık mantık yöntemlerini kullanarak frezeleme parametrelerinin kesme kuvveti ve moment üzerine etkilerini araştırmışlardır. Yüksek kesme hızı ve ilerleme ve orta kesme derinliğinde yapılan işlemin minimum kesme kuvveti elde etmek için uygun olduğunu belirtmişlerdir. Yüksek kesme hızı, düşük ilerleme ve düşük kesme derinliğinin ise minimum kesme momenti için önemli olduğunu belirtmilerdir.

Chegdani ve ark. (2015), hurma ağacı liflerini ve çam ağacı iğnelerini takviye elemanı olarak kullanarak kompozit panellerin frezelenmesinde yüzey pürüzlülüğünü araştırmışlardır. Kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliği gibi işleme parametrelerinin deformasyon faktörü üzerine etkilerini araştırmışlardır. Kesme hızının yüzeyin kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu ifade etmişlerdir.

Babu ve ark. (2013), kenevir, jüt ve muz yaprağı doğal elyaf takviyeli kompozitlerin üretimi ve talaşlı işlenmesini araştırmışlardır. Farklı doğal kompozitlerin frezelemesinde kesme hızı ve ilerleme gibi frezeleme parametrelerinin yüzey hasarı ve yüzey pürüzlülüğü üzerine etkilerini incelemişlerdir. Kenevir lif takviyeli malzemenin frezelenmesinde, diğer fiber takviyeli kompozitlerin frezelemesinden daha az hasar oluşturduğunu ve yüzey pürüzlülüğünün (R_a) daha küçük olduğunu belirtmişlerdir. İlerleme ve kesme hızının yüzey pürüzlülüğü ve deformasyon faktörü üzerinde etkili olduğunu vurgulamışlar. Bu kompozitlerin frezelemesinde kesme hızının yüksek ve ilerlemenin düşük olduğu durumlarda minimum hasar oluştuğunu belirtmilerdir.

Harun ve ark. (2015), kenaf takviyeli kompozitlerin frezelenmesinde kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkilerini araştırmışlardır. Yüksek kesme hızının ve düşük ilerleme ile iyi bir yüzey pürüzlülüğünün elde edileceğini belirtmişlerdir.

Sankara ve ark. (2015), jüt takviyeli polyster kompozitlerin frezelenmesinde kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü üzerine kesme hızı, ilerleme, kesme derinliği ve elyaf açısının etkilerini Taguchi yöntemini kullanarak araştırmışlardır.

Balasubramanian ve ark. (2016), doğal elyaflardan olan jüt elyaf takviyeli kompozitin frezelenmesini araştırmışlardır. Çalışmalarında Taguchi yöntemini kullanılarak kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliği gibi parametrelerin kesme kuvveti ve momenti üzerine etkilerini incelemişlerdir. Tahmini bir model oluşturmak için Bulanık Mantık yöntemini kullanmışlardır.

2.GENEL BİLGİLER

2.1. Doğal Lifler

Doğal lifler son zamanlarda fiber takviyeli polimer (FTP) kompozitler için alternatif bir takviye olarak araştırmacılar, mühendisler ve bilim insanları tarafından çekici hale gelmiştir. Düşük maliyetlerinden dolayı oldukça iyi mekanik özelliklere, yüksek özgül mukavemet, aşındırıcı olmayan çevre dostu ve biyobozunurluk özellikleri sayesinde cam, aramid ve karbon gibi geleneksel fiberlerin yerine kullanılmaya başlanmıştır (Ku ve ark., 2011).

Doğal liflerin insan yapımı olan cam ve karbon liflerine göre çeşitli avantajları bulunmaktadır. Bu avantajlar düşük maliyet, düşük yoğunluk, karşılaştırılabilir özel gerilme özelliklerinin yanında ekipmanları aşındırmayan, cildi tahriş etmeyen, enerji tüketimini azaltan, daha az sağlık riski, yenilenebilirlik geri dönüştürülebilirlik ve biyobozunurluk özelliklerine sahip olmasıdır (Malkapuram ve ark., 2008).

Ortaya çıkan doğal elyaf ve cam elyaf kompozitlerin karşılaştırmalı yaşam döngüsü değerlendirme çalışmaları, göreceli çevresel performanslarının temel belirleyicileridir (Messiry, 2017). Çevresel etkiler, aşağıdaki çevre bileşenlerinin değişmesiyle ölçülür:

1. Hava kirliliği: Hava kalitesinin etkisi aşağıdaki göstergelerden ölçülür:

- Karbonmonoksit
- Ozon
- Nitrojen dioksit
- Kükürt dioksit
- Havadaki partikül madde

2. Su kirliliği: Su kalitesi aşağıdaki göstergelerle değişmesi nedeniyle etkisi ölçülür:

a. Kimyasal göstergeler

- PH değeri
- Biyokimyasal oksijen ihtiyacı
- Kimyasal oksijen ihtiyacı
- Çözünmüş oksijen
- Toplam sertlik
- Ağır metaller

- Nitrat
- Ortofosfatlar
- Tarım ilacı
- Sürfaktanlar
- b. Fiziksel göstergeler
 - Su sıcaklığı
 - İletkenlik veya EC, elektriksel iletkenlik, iletkenlik özellikleri
 - Toplam askıda katı madde
 - Şeffaflık veya bulanıklık
 - Toplam çözünmüş katılar
 - Su kokusu
 - Suyun rengi
 - Suyun tadı

Doğal elyaf kompozitinin imalatı, nihai kompozit şekillerini üretmek için matris ve takviye malzemesine müdahale etme işlemini içerir. Üretim süreci aşağıdaki gereklilikleri yerine getirmelidir (Messiry, 2017):

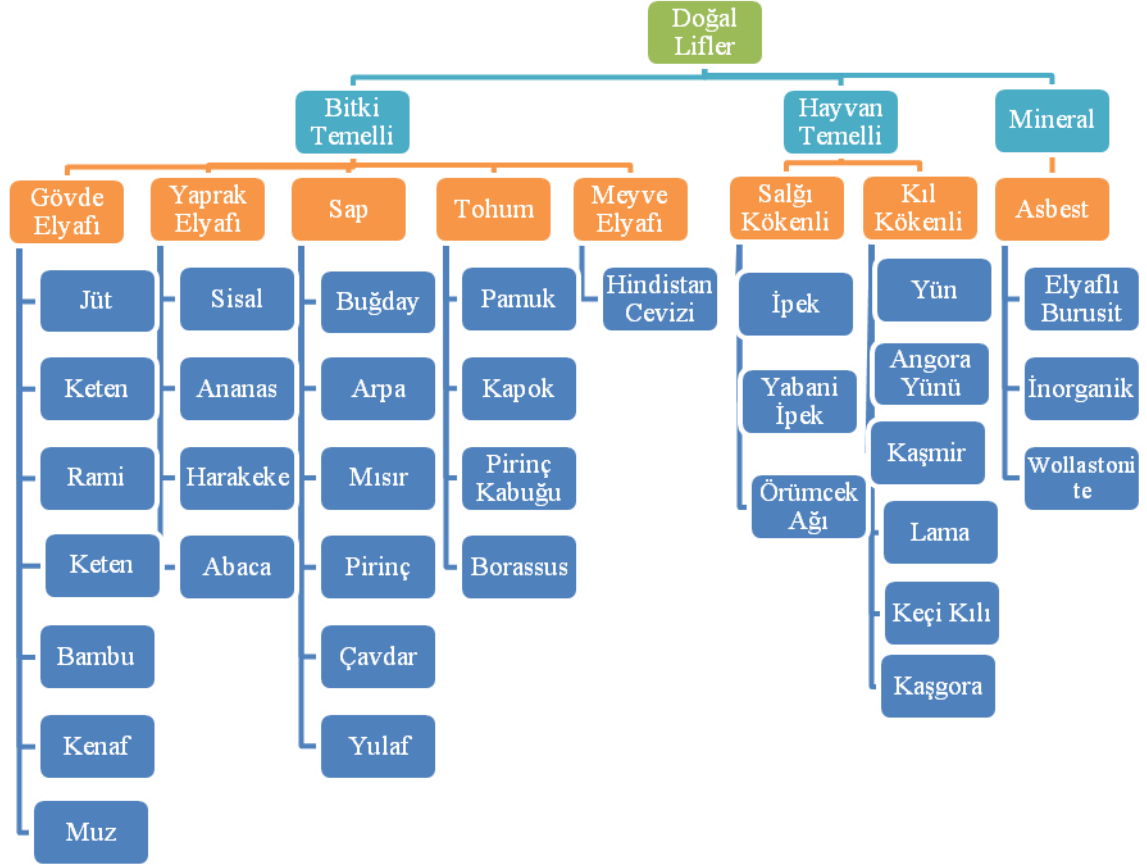
1. Donatı mimarı liflerinin veya ipliklerinin yönünü etkilememelidir;
2. Elyafın hacim oranı, kompozit içerisinde farklı kısımlarında sabit olmalıdır;
3. Matrisin elyaf takviyesine en iyi şekilde temasını sağlayın;
4. İpliklerin birbirine temas etmesine izin verilmemelidir;
5. Asgari boşluk yüzdesini sağlayın;
6. Elyaf veya matrisin minimum malzeme kaybı verilmelidir;
7. Düşük maliyetli olmalıdır;
8. Güvenlikli ve çevre dostu olmalıdır (Messiry, 2017).

Doğal elyaflar, kökenlerine ve türevlerine göre farklı kategorilere ayrılabilir. Doğal lifler bol ve yenilenebilir bir kaynaktır, dolayısıyla diğer geleneksel liflere göre maliyetleri nispeten düşüktür. Çevre dostu ve biyolojik olarak çözünebilirler ve parçalanamayan doldurucuların yerine kullanıldığında katı atık üretim sorununu azaltırlar.

Doğal özellikleri nedeniyle doğal lifler esnektir. Sentetik elyaflara göre, daha az aşındırıcı davranışlarından ötürü, polimer matrisine doldurulmuş olan doldurucu, organik olmayan dolduruculardan daha büyük miktarlarda, imalat sırasında makineye veya sağlığa zarar vermesi muhtemel olmadığından kullanılabilir. Doğal elyaflar, düşük

yoğunluklu ve birçok teknik özellik ve spesifik güç gibi mekanik özellikler gibi birçok avantaja sahiptir (Hodzic ve Shanks, 2014). Doğal kompozitlerde kullanılan takviye elemanları bitkisel, hayvansal ve mineral temelli olarak sınıflandırılabilir (Tablo 2.1, Şekil 2.1).

Tablo 2.1. Doğal liflerin sınıflandırılması (Hodzic ve Shanks, 2014; Kılıçkap, 2018)





Şekil 2.1 . Lifli bitkiler (a) Roselle; (b) Sisal; (c) Pamuk; (d) Hindistan cevizi; (e) Kenevir; (f) Bambu; (g) Muz; (h) Şeker kamışı; (i) Ananas yaprağı; (j) Keten; (k) Süpürge mısır; (l) Palmiye ağacı ve meyvesi; (m) Kenaf; (n) Yılan otu; (o) Fil otu (Ramesh ve ark., 2017)

2.1.1. Keten

Keten, *Linum usitatissimum*, bitki gövde liflerine aittir. Ilıman bölgelerde yetişen ve dünyanın en eski lifli ürünlerinden biridir. Keten lifi en çok katma değeri yüksek tekstil pazarlarında kullanılır. Günümüzde kompozitler alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. Keten lif takviyeli polimer kompozitlerin statik ve dinamik mekanik özellikleri, zein birleştirme etkisi göz önüne alınarak incelenmiştir. Zein, mısır bitkisinden elde edilen ve çözelti olarak kullanılan bir proteindir. Zein birleştirme maddesi içeren kompozitler iyi mekanik özelliklere sahip olmaktadır.

2.1.2. Kenevir

Dikkate değer sak elyafı ürünü olan kenevir, ılıman iklimlerde yetişen yıllık bir bitkidir. Kenevir şu anda gıda dışı tarım için bir Avrupa Birliği sübvansiyonuna tabidir ve şu anda Avrupa'da daha fazla gelişmeleri için önemli bir girişimde bulunmaktadır.

2.1.3. Jüt

Jüt, yaklaşık 100 tür içeren *Corchorus* cinsinin bitkilerinden üretilir. En ucuz doğal elyaflardan biridir ve şu anda en yüksek üretim hacmine sahip bast elyafıdır. Bangladeş, Hindistan ve Çin, jüt büyümesi için en iyi koşulu sağlar.

2.1.4. Kenaf

Kenaf *Hibiscus* cinsine aittir ve yaklaşık 300 türü vardır. Kenaf, Amerika Birleşik Devletleri'nde yeni bir üründür ve kompozit ürünlerde kullanım için hammadde olarak iyi bir potansiyel göstermektedir. Çekirdeği elyaf liflerinden kıt olan liflerden ayıran dekorlama ekipmanlarındaki son gelişmeler, elyaf kaynağı olarak kenafe olan ilgiyi arttırdı.

2.1.5. Sisal

Sisal bir agavdır (*Agave sisalana*) ve ticari olarak Brezilya ve Doğu Afrika'da üretilir. 1998-2000 ve 2010 yılları arasında sisal elyaf ve ürünlerine olan küresel talebin, tarımsal sicim olarak yıllık % 2.3 oranında düşmesi beklenmektedir. Lifler için geleneksel pazar, sentetik sübstitüsyonlarla ve daha az sicim kullanan veya hiç sicim içermeyen hasat teknolojilerinin kullanılmasıyla aşınmaya devam etmektedir.

2.1.6. Abaca

Muz bitkisinden gelen abaca / muz lifi, dayanıklı ve deniz suyuna dayanıklıdır. Ticari olarak temin edilebilen selüloz elyaflarının en güçlüsü olan Abaca, Filipinler'e özgüdür ve şu anda orada ve Ekvador'da üretilmektedir. Bir zamanlar denizcilik uygulamaları için tercih edilen kordon elyafıydı.

2.1.7. Rami

Rami, yaklaşık 100 tür içeren Urticaceae (Boehmeria) familyasına aittir. Rami'nin tekstil elyafı olarak popülaritesi, büyük ölçüde üretim bölgeleri ve ticari olarak önemli olan diğer bast elyaflarından beklenenden daha kapsamlı ön işlem gerektiren kimyasal bir bileşim ile sınırlandırılmıştır.

2.1.8. Hindistan cevizi lifi

Hindistan cevizi kabuğu lifleri, kabuğu ile hindistan cevizinin dış kabuğu arasına yerleştirilir. Diğer Hindistan cevizi ürünlerinin üretiminin bir yan ürünü olarak, hindistan cevizi üretimi büyük ölçüde talep tarafından belirlenir. Bol miktarda hindistan cevizi kabuğu, emek ve diğer girdilerin mevcudiyeti göz önüne alındığında, hindistan cevizi üreticilerinin piyasa koşullarına ve fiyatlarına nispeten hızlı bir şekilde uyum sağlayabilecekleri anlamına gelir. Fiberin ve hindistancevizi ürünlerine yönelik artan talebi karşılamak üzere, tüm kabukların yaklaşık % 10'unun lif ekstraksiyonu için kullanıldığı tahmin edilmektedir.

2.1.9. Bambu

Bambu (Bambusa Şreb.) Muson iklimlerinde 40 m yüksekliğe kadar yetişen çok yıllık bir bitkidir. Genel olarak inşaat, marangozluk, dokuma ve örgü vb. işlerinde kullanılır. Bambu elyafından yapılmış perdeler, çeşitli dalga boylarında ultraviyole ışınımını emerek insan vücuduna daha az zarar verir.

2.1.10. Pirinç kabuğu

Pirinç, gövde liflerinin üretilmesinde kullanılabilecek büyük tahıl gevreklerinden sadece bir tanesidir. Günümüzde buğday, mısır, çavdar, yulaf ve diğer tahıl bitkileri elyaf üretmek ve kompozitler alanında takviye etmek için araştırma yapmak için kullanılmaktadır.

2.1.11. Palmiye yağı

Yağ avuç içi (Elaeis), Arecaceae veya palm ailesinin iki türünü içerir. Günümüzde, hurma yağı boş meyve demeti lifleri plastik için takviye edici lif olarak potansiyele sahiptir.

2.1. Yapı ve kimyasal bileşim

İklim koşulları, yaş ve bozunma süreci sadece liflerin yapısını değil aynı zamanda kimyasal bileşimi de etkiler. Canlı bir ağacın ana kimyasal bileşeni sudur. Bununla birlikte, kuru bazda, bütün bitki hücresi duvarları esas olarak daha az miktarda ekstrakt, protein, nişasta ve inorganik madde içeren lignin ile birleştirilen şeker bazlı polimerlerden (selüloz, hemiselüloz) oluşur. Kimyasal bileşenler, birincil ve ikincil duvar katmanlarından oluşan hücre duvarı boyunca dağılmıştır. Kimyasal bileşim bitkiden bitkiye ve aynı bitkinin farklı bölümlerinde değişir.

2.2. Doğal fiberlerin özellikleri

Doğal liflerin özellikleri alıntı yapılan işler arasında farklılık gösterir, çünkü farklı lifler kullanılmış, farklı nem koşulları mevcut ve farklı test yöntemleri kullanılmıştır. Doğal elyaf takviyeli polimer kompozit performansı, liflerin kimyasal bileşimi, hücre boyutları, mikrofibriller açısı, kusurlar, yapı, fiziksel özellikler ve mekanik özellikler ve ayrıca bir lifin polimer ile etkileşimi dahil olmak üzere çeşitli faktörlere bağlıdır. Kompozitler için doğal liflerin kullanımını genişletmek ve performanslarını arttırmak için, lif özelliklerini bilmek önemlidir. Bazı doğal fiberlere ait fiziksel-mekanik özellikler Tablo 2.2.'de verilmiştir.

Tablo 2.2. Bazı doğal fiberlere ait bazı mekanik-fiziksel özellikler

Fiber Tipi	Gerilme Direnci (MPa)	Young Modülü (GPa)	Kopma Uzunluğu (%)	Yoğunluk(g/cm ³)
Abaka	400	12	3-10	1.5
Küspe	290	17	-	1.25
Bambu	140-230	11-17	-	0.6-1.1
Keten	345-1035	27.6	2.7-3.2	1.5
Kenevir	690	70	1.6	1.48
Jüt	393-773	26.5	1.5-1.8	1.3
Kenaf	930	53	1.6	-
Sisal	511-635	9.4-22	2-2.5	1.5
Rami	560	24.5	2.5	1.5
Palmiye Yağı	248	3.2	25	0.7-1.55
Ananas	400-627	1.44	14.5	0.8-1.6
Hindistan C. Lifi	175	4-6	30	1.2

2.3.1.Çekme özellikleri

Çekme özellikleri, doğal elyaf takviyeli kompozitlerin en yaygın şekilde test edilen özellikleri arasındadır. Elyaf kuvveti, belirli bir uygulama için belirli bir doğal elyafın seçiminde önemli bir faktör olabilir. Bir gerilme testi, ortalama özelliği kalınlıktan yansıtır, oysa bükülme testi, numunenin üst ve alt yüzeylere en yakın olan özelliklerinden güçlü bir şekilde etkilenir. Bir gerilme testindeki gerilmeler, örnek enine kesit boyunca homojendir, oysa bükülmedeki gerilmeler ortadaki sıfırdan üst ve alt yüzeylerde maksimumdan değişebilir.

2.3.2.Eğilme özellikleri

Eğilme sertliği, deforme olabilirliğin ölçülmesinde bir kriterdir. Bir yapının bükülme sertliği, iki temel özelliğe dayanan bir fonksiyondur: ilki, onu oluşturan malzemenin elastik modülü (birim gerilme başına gerilme); ikincisi, atalet momentidir, kesit geometrisinin bir işlevidir.

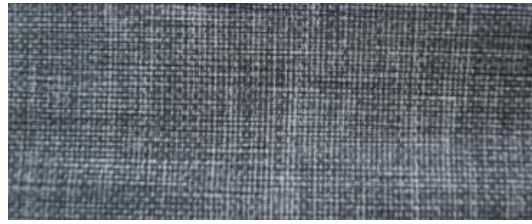
2.3.3.Darbe özellikleri

Darbe dayanımı, bir malzemenin yüksek hızda uygulanan stres altında kırılmaya dayanma yeteneğidir. Biyofiber takviyeli plastik kompozitler, özellikle spesifik özelliklerle ilgili olarak, cam elyafli termoplastik kompozitlerin özellikleri ile rekabet edebilecek özelliklere sahiptir. Bununla birlikte, bir özellik, yani darbe dayanımı, genellikle biyofiber takviyeli kompozitlerin ana dezavantajları arasında listelenmiştir. Son yıllarda, yeni elyaf üretim tekniklerinin geliştirilmesi ve elyaf / matris yapışmasının artırılması ile birlikte kompozit işleme yöntemlerinin geliştirilmesi mevcut durumu bir miktar iyileştirmiştir (Faruk ve ark., 2012).

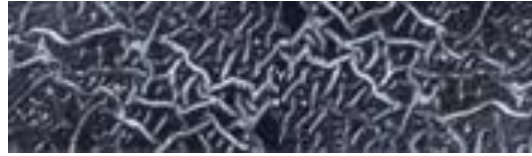
3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Deneylerde Kullanılan Kompozit Malzeme

Bu çalışmada; çevreye olan etkisinin az olması, geri dönüştürülebilir olması, ekonomik olması ve kolaylıkla bulunması gibi özelliklerinden dolayı rami elyaf takviyeli plastik (RETP) kompozitler, kanal frezeleme işlemleri için tercih edilmiştir. 0/90° oryantasyon açılı rami kumaşlardan 10 tabaka şeklinde üretilmiş olan rami elyaf takviyeli plastik kompozitlerin kalınlığı 8 mm'dir. Elle yatırma yöntemi ile üretilmiş RETP kompozitte epoksi reçine olarak LR300 PROPOX seçilmiştir. Rami kumaşına ait görüntü Şekil 3.1'de ve rami elyaf takviyeli plastik kompozit ise Şekil 3.2'de verilmiştir.



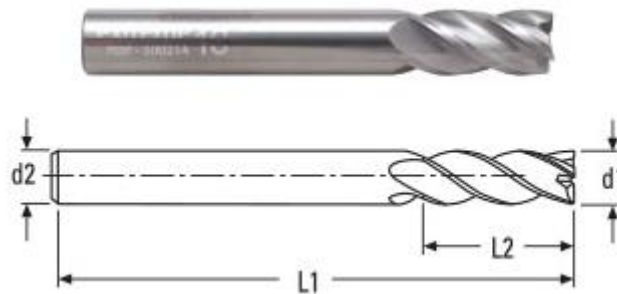
Şekil 3.1. Dokuma Rami Kumaş



Şekil 3.2. Üretilen rami elyaf takviyeli kompozit

3.2. Deneylerde Kullanılan Kesici Takımlar

Deneylerde Micro Solid Marka 8 mm çapında sert karbürden (WC) imal edilmiş 2, 3 ve 4 kesici ağza sahip parmak frezel kesici takımlar kullanılmıştır. Bu kesici takıma ve geometrik büyüklüklerine ait resim Şekil 3.3'te verilmiştir. Kesici takım uç geometrisi ve büyüklüklerine ait bilgiler Tablo 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.3. Deneylerde kullanılan parmak freze kesici takım

Tablo 3.1. Kesici takıma ait boyutlar

	Çap d1 (mm)	Kesme boyu L2 (mm)	Tam Boy L1 (mm)	Şaft Çapı d2 (mm)
	8	20	60	8
	8	20	60	8
	8	20	60	8

3.3. Deneylerde Kullanılan Takım Tezgâhı

Rami elyaf takviyeli kompozit malzemenin frezelenmesinde, Dicle Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Talaşlı İmalat Laboratuvarında bulunan Brother marka S500X1 model CNC dik işleme tezgâhı kullanılmıştır. Bu tezgâh 9.5 kW gücünde olup iş mili maksimum devri 10.000 dev/dak'dır. ISO230-2-2006 standartlarına göre işleme hassasiyeti 0.004 mm ve taret sayısı 14 olup tabla 500 mmx400 mm boyutundadır (Şekil 3.4).



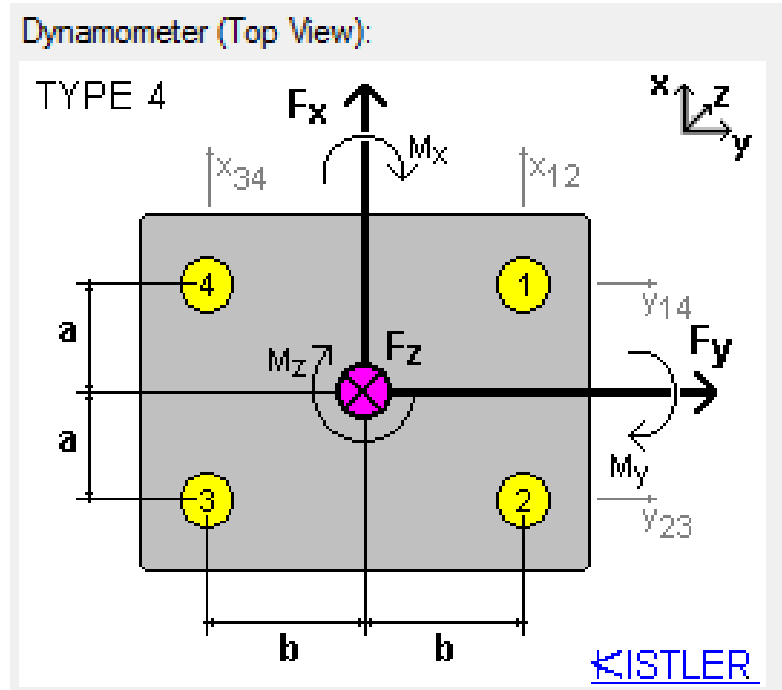
Şekil 3.4. Deneyde Kullanılan Tezgah

3.4. Kesme Kuvvetleri Ölçümü

Malzemelerin talaşlı işlenmesinde, oluşan kesme kuvvetleri işlenebilirliği önemli ölçüde etkilemektedir. Malzemelerin işlenmesinde kesme kuvvetlerinin ölçülerek, talaşlı işleme performansının arttıracak işleme parametrelerinin belirlenmesi önemlidir. Rami elyaf takviyeli kompozit malzemenin frezelenmesinde kesme kuvvetlerini belirlemek için, Dicle Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Talaşlı İmalat Laboratuvarında bulunan, -5 ile 10 KN arasında ölçüm yapabilme özelliğine sahip, KISTLER marka 9257B model kuvvet ölçme cihazı (Dinamometre) kullanılmıştır. Dinamometrenin resmi Şekil 3.5'te ve kuvvet ve moment bileşenleri Şekil 3.6'da verilmiş olup bu dinamometreye ait teknik özellikler Tablo 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.5 Kistler 9257B piezo-elektrik dinamometre



Şekil 3.6. Dinamometre üzerindeki kuvvet ve moment bileşenleri

Tablo 3.2. Kistler 9257B dinamometrenin teknik özellikleri

Özellikler	Ölçüm Birimi	Type 9257B
Ölçüm Aralığı(Fx)	kN	-5.00, 10.0
Ölçüm Aralığı(Fy)	kN	-5.00, 10.0
Ölçüm Aralığı(Fz)	kN	-5.00, 10.0
Eksen Sayısı	-	3
Ölçüm Modu	-	Direkt
İşlem Sıcaklık Aralığı	°C	0...70
Uzunluk	Mm	170
Boyut	mm	170x100x67

Dinamometreden gelen sinyaller KISTLER marka 5070-A model çok kanallı yükseltici kullanılarak yükseltilmiş ve veri kabloları ile bilgisayara aktararak kuvvet ölçüm değerleri alınmıştır. Daha sonra alınan veriler KISTLER Dynoware 2825A yazılımına aktararak zamana bağlı olarak kesme kuvveti grafikleri çizilmiştir. KISTLER marka 5070-A model yükselticiye ait görüntü Şekil 3.7’de ve iş parçasının dinamometreye bağlanmış fotoğrafı Şekil 3.8’de verilmiştir.

**Şekil 3.7.** Kistler marka 5070-A model yükseltici



Şekil 3.8. İş parçasının dinamometre ile montajlı haline ait fotoğraf

3.5. Yüzey Pürüzlülük Ölçüm Cihazı

Rami elyaf takviyeli kompozit malzemenin frezelenmesi sonucu oluşan kanallarındaki yüzey pürüzlülüğü, Time marka TR 200 model dijital göstergeli mekanik iğneli yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı kullanılarak tespit edilmiştir. TR 200 model yüzey pürüzlülük cihazı Şekil 3.9’da verilmiştir. Bu cihazın ölçme aralığı Ra: 0.01-40 μ m, Rq: 0.02-160 μ m ve Ry: 0.3 ~160 μ m arasındadır. Deneyler sırasında ölçülen Ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) değeri, 5 ölçümün ortalaması alınarak belirlenmiştir. Bu cihaza ait bazı özellikler Tablo 3.3’te verilmiştir.



Şekil 3.9. Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı

Tablo 3.3. Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazına (Time TR-200) ait bazı özellikler

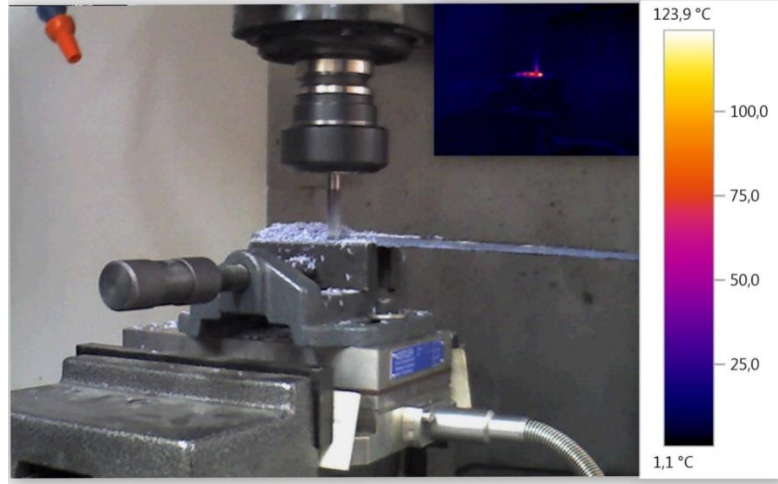
Özellikler	Birimi	TR-200
Ölçüm aralığı (Ra, Rq)	μm	0,01-40
Ölçüm aralığı(Rz,RY,Rp,Rt, R3z)	μm	0,02-160
Hareket hızı	mm/sn	1
Çalışma sıcaklığı	$^{\circ}\text{C}$	5-45
Dedektör	-	TS100 Elmas

3.6. Sıcaklık Ölçümü

Kanal frezeleme deneylerinde oluşan sıcaklıklar Testo marka 881-2 model termal kamera cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Deneyde kullanılan termal kameraya ait görsel Şekil 3.10’da, deney sırasında yapılan ölçüm görüntüsü Şekil 3.11’de ve bu termal kameraya ait teknik özellikler ise Tablo 3.4’te verilmiştir.

**Şekil 3.10.** Sıcaklık ölçümünde kullanılan termal kamera**Tablo 3.4.** Testo 881-2Termal kamera özellikleri

Özellikler	Değeri
İnfrared çözünürlük (piksel)	320 x 240
Odak	Elle ve motor
Görüntü yenileme oranı (Hz)	8-15
Görüntü boyutu (piksel)	640 x 480
Geometrik çözünürlük (IFOV)	Standart lens 3.3 mrad
Min. odak mesafesi (m)	0.1
Termal duyarlılık (30 $^{\circ}\text{C}$ ’de)	< 80 mK
Görüş alanı ($^{\circ}$)	32 x 23
Ekran tipi	3.5” LCD ekran



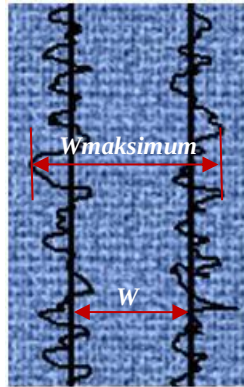
Şekil 3.11. Frezeleme deneyine ait termal kamera görüntüsü

3.7. Deformasyon Ölçümü ve Deformasyon Faktörünün Hesaplanması

Elyaf takviyeli plastik kompozitlerin kanal frezelemesinde kanal kenarlarında işleme parametreleri, kesici takım, çevre koşulları, kompozit malzemenin özellikleri gibi nedenlerden dolayı deformasyon oluşur. Oluşan bu deformasyon kompozit malzemelerin çalışma ömrünü ciddi bir şekilde etkilemektedir. Bundan dolayı deformasyonun tespiti önem arz etmektedir. Bu amaçla, rami elyaf takviyeli plastik kompozitlerin parmak freze ile frezelenmesinde, oluşturulan kanal kenarlarındaki deformasyonun büyüklüğünü belirlemek için, Batman Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü bulunan bir optik mikroskop (Novel marka NMM-800 TRF model) kullanılmıştır. Deformasyon faktörünü (DF) belirlemek için, deformasyon bölgesindeki maksimum hasar ($W_{maksimum}$) belirlenmiş (Şekil 3.11) ve aşağıdaki eşitlik kullanılarak deformasyon faktörü hesaplanmıştır.

$$DF = \frac{W_{maksimum}}{W} \quad (3.11)$$

Burada W freze çapı (kanal genişliği) ve $W_{maksimum}$ ise maksimum genişliktir.



Şekil 3.12. Deformasyon faktörünün belirlenmesi

3.8. Frezeleme Deney Parametrelerinin Seçilmesi

Deneylerde uygulanan kesme parametreleri daha önce gerçekleştirilmiş olan çalışmalar göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Rami elyaf takviyeli plastik kompozit malzemesinin frezelenmesi için talaş derinliği 2 mm sabit olacak şekilde iş mili dönme devri 1000, 2000 ve 3000 dev/dak ve ilerleme oranı 0.10, 0.15 ve 0.20 mm/dev olarak şekilde seçilmiştir. Deneyler Tablo 3.5'te verilen şekliyle yapılmıştır.

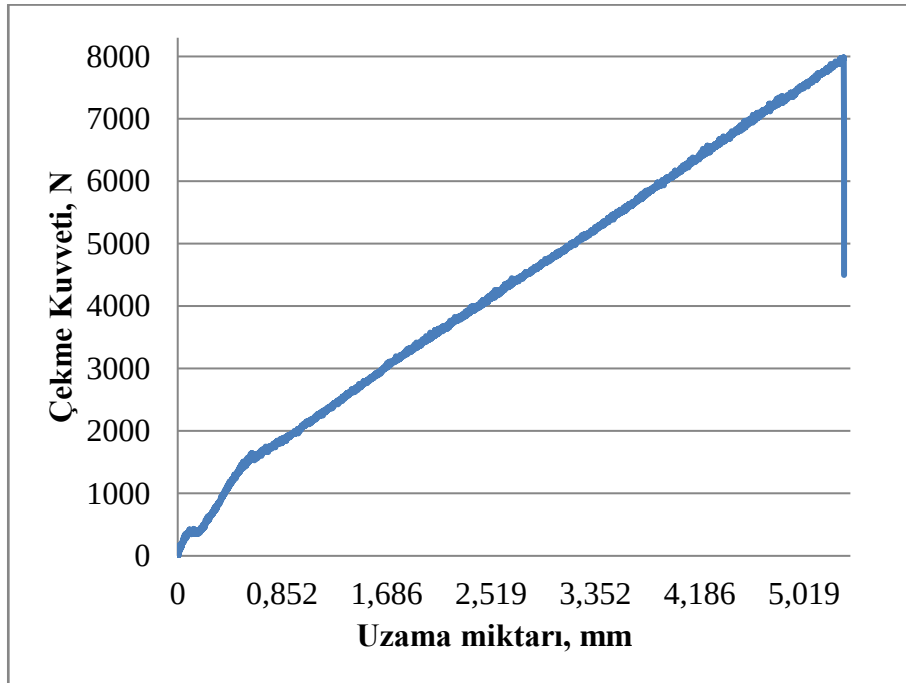
Tablo 3.5. Deney parametreleri ve sıralaması

Deney No.	Kesici Takım Ağız Sayısı, Z	İş Mili Devri, n (dev/dak)	İlerleme Oranı, f (mm/dev)
1	2	1000	0.10
2	2	1000	0.15
3	2	1000	0.20
4	2	2000	0.10
5	2	2000	0.15
6	2	2000	0.20
7	2	3000	0.10
8	2	3000	0.15
9	2	3000	0.20
10	3	1000	0.15
11	3	1000	0.20
12	3	1000	0.10
13	3	2000	0.15
14	3	2000	0.20
15	3	2000	0.10
16	3	3000	0.15
17	3	3000	0.20
18	3	3000	0.10
19	4	1000	0.10
20	4	1000	0.15
21	4	1000	0.20
22	4	2000	0.10
23	4	2000	0.15
24	4	2000	0.20
25	4	3000	0.10
26	4	3000	0.15
27	4	3000	0.20

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında, rami elyaf takviyeli kompozitin ilerleme oranı ve kesme hızı gibi farklı kesme parametrelerinde farklı ağız sayısına (2, 3 ve 4) sahip parmak frezeler kullanarak işlenmesinde işleme parametrelerinin kesme sıcaklığı, deformasyon faktörü, kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri araştırılmıştır.

Üretilen rami elyaf takviyeli kompozitin çekme dayanımı çekme testleri yapılarak belirlenmiştir. Standartlara (ASTM D3039) uygun olarak kesilmiş ve çekme testi için hazır hale getirilmiş $0^\circ/90^\circ$ yönlendirme açılarına sahip çekme testi numunelere ait kuvvet-uzama grafikleri Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1. RETP kompozitin çekme kuvveti-uzama miktarı değişim diyagramı (yönlendirme açısı : $0^\circ/90^\circ$)

Rami elyaf takviyeli kompozitin çekme testi sonucunda maksimum çekme kuvveti 7984 N olarak ölçülmüştür.

Elle yatırma yöntemi ile üretilmiş $0^\circ/90^\circ$ yönlendirme açılarına sahip RETP kompozit plakaların farklı ağız sayısına sahip kesici takımlarla frezelenmesinde; dönme devri (n) ve ilerleme oranı (f) gibi frezeleme parametrelerinin deformasyon faktörü (DF), kesme kuvveti (F), kesme sıcaklığı (T) ve ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a) üzerine etkileri deneysel olarak araştırılmıştır. Bu deneylerden elde edilen değerler Tablo 4.1-

4.3'te verilmiş olup. Kesme parametreleri ile sonuçlar arasındaki ilişki aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

Tablo 4.1. 2 ağızlı parmak freze ile yapılan deneylerden elde edilen deney sonuçları

Dene y No.	İş Mili Devri, n (dev/dak)	İlerleme Oranı, f (mm/dev)	Kesme Kuvveti, F (N)	Kesme Sıcaklığı, T (°C)	Deformasyon Faktörü, Df	Ort. Yüzey pürüzlülüğü, Ra (µm)
1	1000	0.10	23	92,8	1,027	5,2
2	1000	0.15	30	111,5	1,031	6,12
3	1000	0.20	38	117,3	1,035	6,8
4	2000	0.10	27	97	1,029	5,1
5	2000	0.15	36	118	1,033	6,01
6	2000	0.20	44	123	1,038	6,5
7	3000	0.10	31	105	1,035	4,85
8	3000	0.15	42	125	1,04	5,7
9	3000	0.20	53	136	1,043	6,15

Tablo 4.2. 3 ağızlı parmak freze ile yapılan deneylerden elde edilen deney sonuçları

Deney No.	İş Mili Devri, n (dev/dak)	İlerleme Oranı, f (mm/dev)	Kesme Kuvveti (N)	Kesme Sıcaklığı, T (°C)	Deformasyon Faktörü, Df	Ort.Yüzey pürüzlülüğü Ra, (µm)
10	1000	0.10	21	99,1	1,02	4,1
11	1000	0.15	26	115,4	1,025	4,71
12	1000	0.20	35	122,7	1,03	5,65
13	2000	0.10	24	103	1,025	3,86
14	2000	0.15	32	119	1,03	4,35
15	2000	0.20	38	127	1,035	5,22
16	3000	0.10	29	109	1,033	3,7
17	3000	0.15	40	124	1,038	4,25
18	3000	0.20	50	133	1,042	4,96

Tablo 4.3. 4 ağızlı parmak freze ile yapılan deneylerden elde edilen deney sonuçları

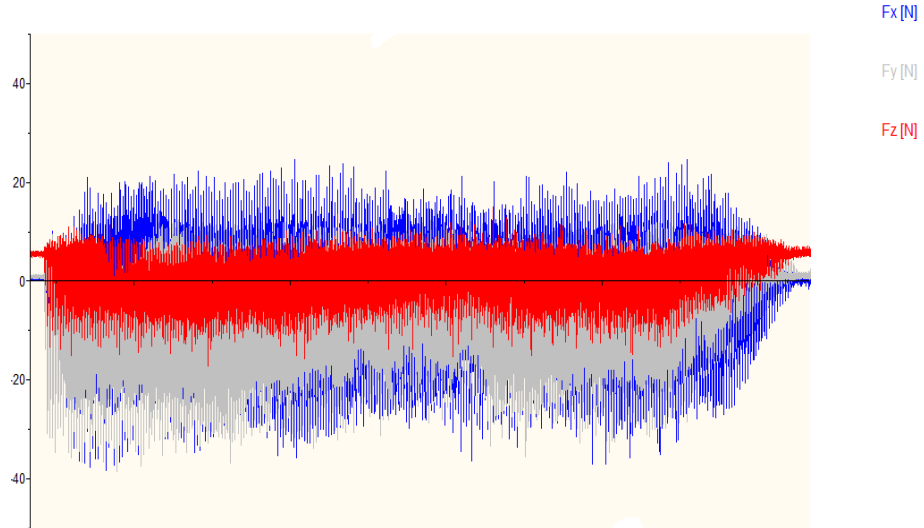
Deney No.	İş Mili Devri, n (dev/dak)	İlerleme Oranı, f (mm/dev)	Kesme Kuvveti (N)	Kesme Sıcaklığı, T (°C)	Deformasyon Faktörü, Df	Ort.Yüzey pürüzlülüğü Ra, (µm)
19	1000	0.10	19	110	1,017	3,45
20	1000	0.15	25	120,6	1,02	3,93
21	1000	0.20	31	132	1,024	4,92
22	2000	0.10	22	114	1,021	3,3
23	2000	0.15	30	126	1,025	3,77
24	2000	0.20	35	136	1,028	4,5
25	3000	0.10	25	116	1,024	3,18
26	3000	0.15	35	131	1,026	3,6
27	3000	0.20	45	140	1,03	4,24

4.1. Frezeleme Parametreleri - Kesme Kuvveti İlişkisi

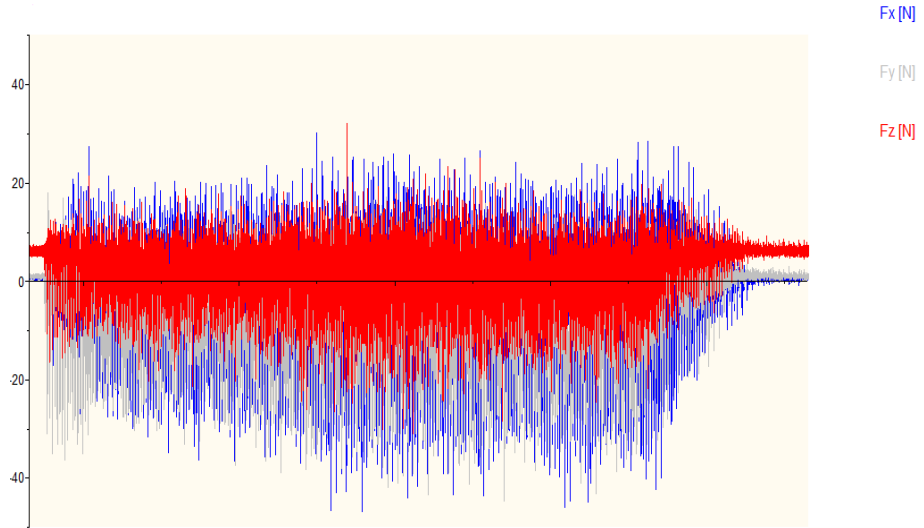
Metal malzemelerin işlenmesinde takıma etkiyen kuvvetler kadar, kompozit parçaların işlenmesinde de takıma etkiyen kuvvetler oldukça önem taşımaktadır. Bu kuvvetlerin yüksek ya da düşük olması, iş parçasının yüzey kalitesini ve takım ömrünü belirleyen etkenler olmaktadır.

İş parçasını talaşlı işlemede iş parçasını şekillendirmek için bir kuvvet gereklidir. Bu kuvvet talaşlı işleme sırasında malzemeyi kesmek ve plastik şekil değiştirme için gerekmektedir. Bu kuvvet kesme kuvveti olarak adlandırılmaktadır. Kesme kuvvetlerinin davranışını ve büyüklüğünü bilmek, kesme gücünü doğru hesaplamak ve sıkı toleranslar ve düşük takım aşınması elde etmek için çok önemlidir. Bu şekilde, kuvvet bileşenlerinin uygun şekilde tahmin edilmesi, kesme parametreleri ve stratejilerinin doğru seçimi ile belirlenir. Kesici uçlara etki eden kuvvetin davranışını ve büyüklüğünü tahmin etmek mümkündür, bu da daha iyi süreç planlamasına katkıda bulunur (Ventura ve Hassui, 2013).

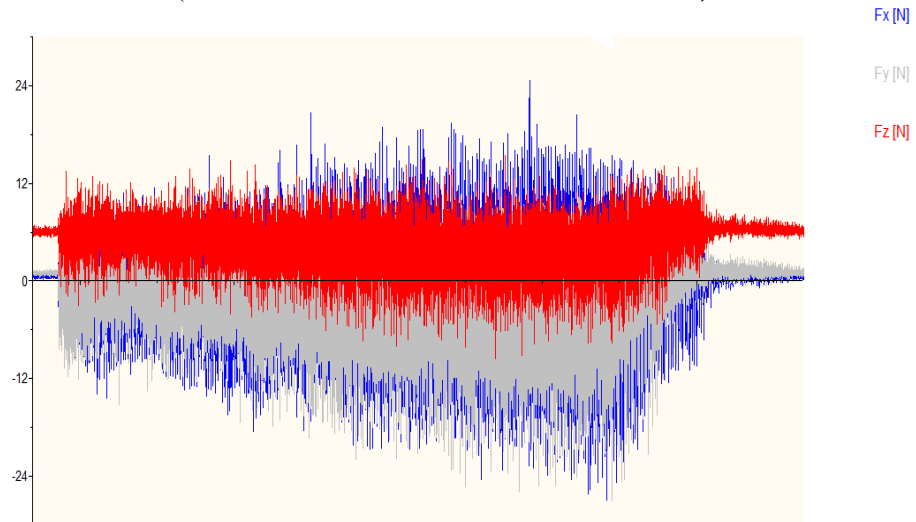
Rami elyaf takviyeli kompozit malzemenin farklı dönme devri ve ilerleme oranlarında 2, 3 ve 4 ağızlı kesici takım ile frezelenmesinde Kistler yazılımından alınan kesme kuvveti diyagramları Şekil 4.2-4.28’de verilmiştir.



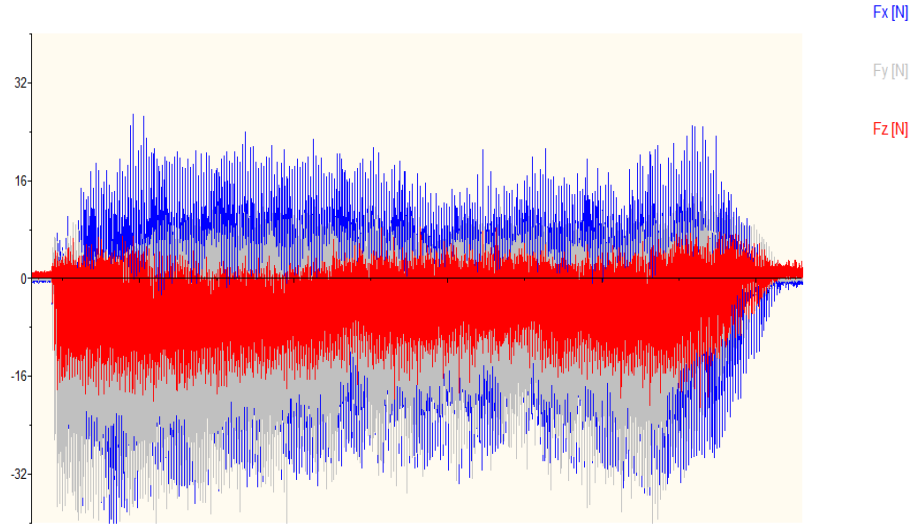
Şekil 4.2.1 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(2 kanallı freze, $n=1000$ dev/dak, $f=0.10$ mm/dev)



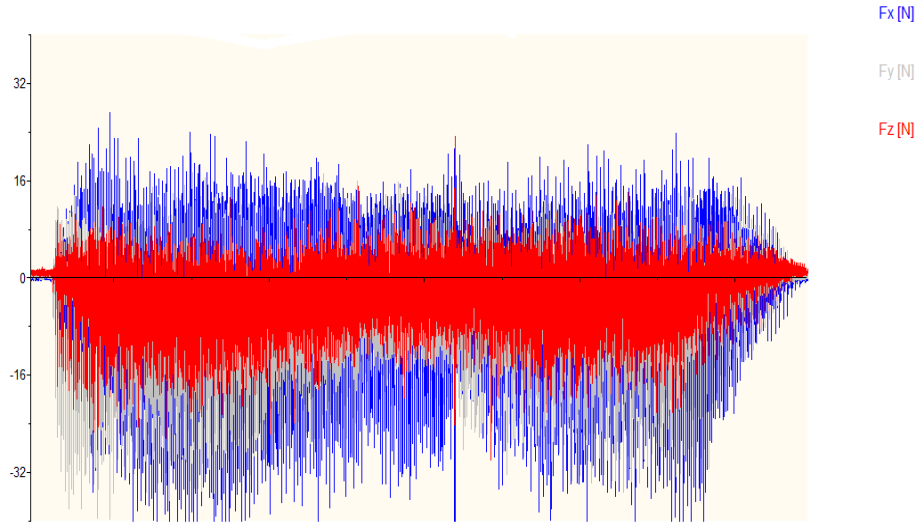
Şekil 4.3. 2 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(2 kanallı freze, $n=1000$ dev/dak, $f=0.15$ mm/dev)



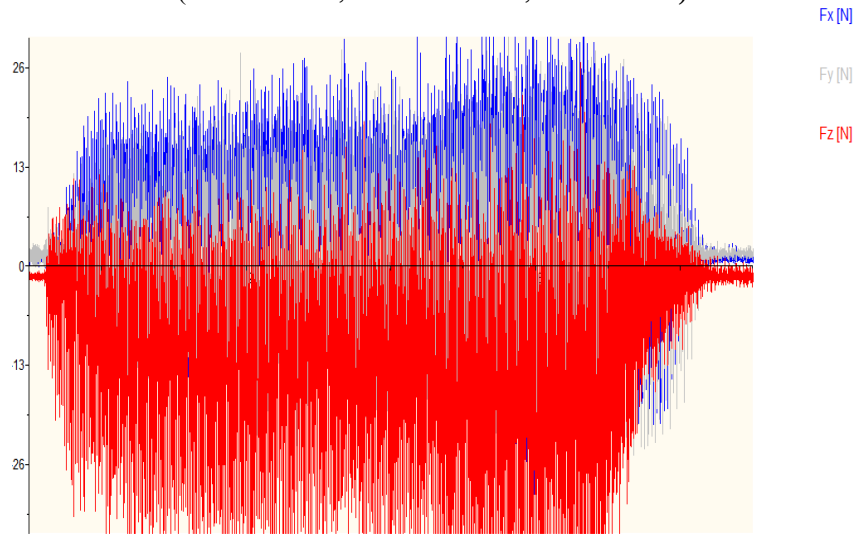
Şekil 4.4. 3 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman Grafiği
(2 kanallı freze, $n=1000$ dev/dak, $f=0.20$ mm/dev)



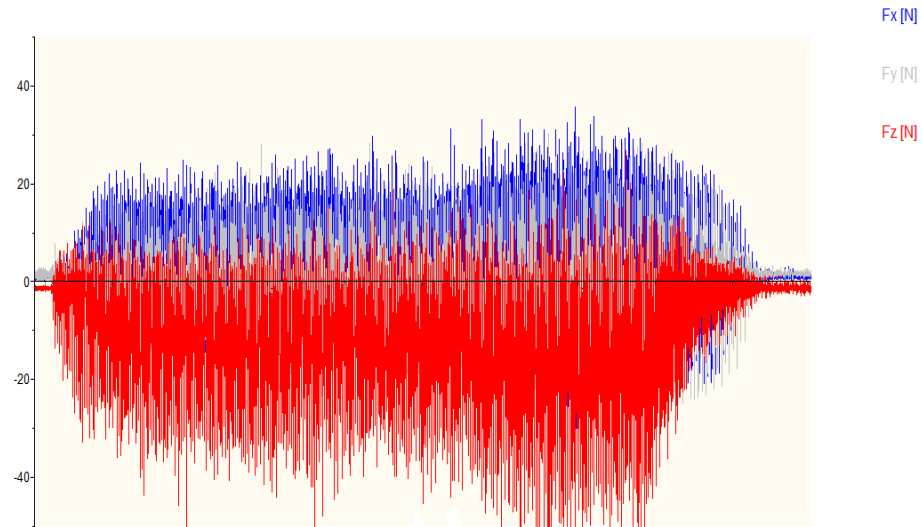
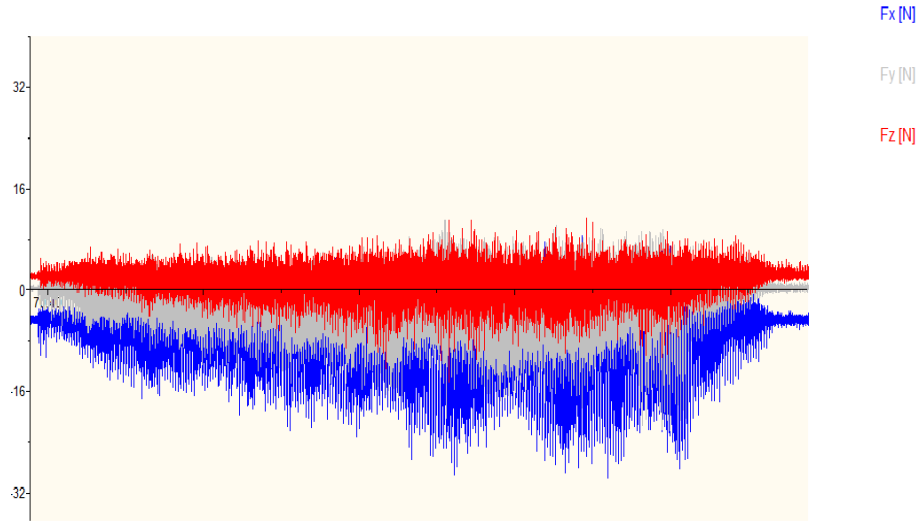
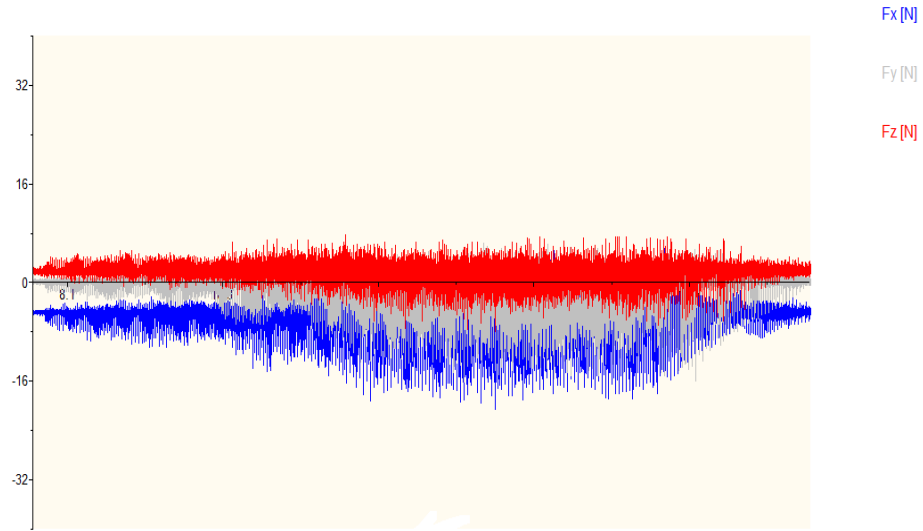
Şekil 4.5. 4 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(2 kanallı freze, $n=2000$ dev/dak, 0.10 mm/dev)

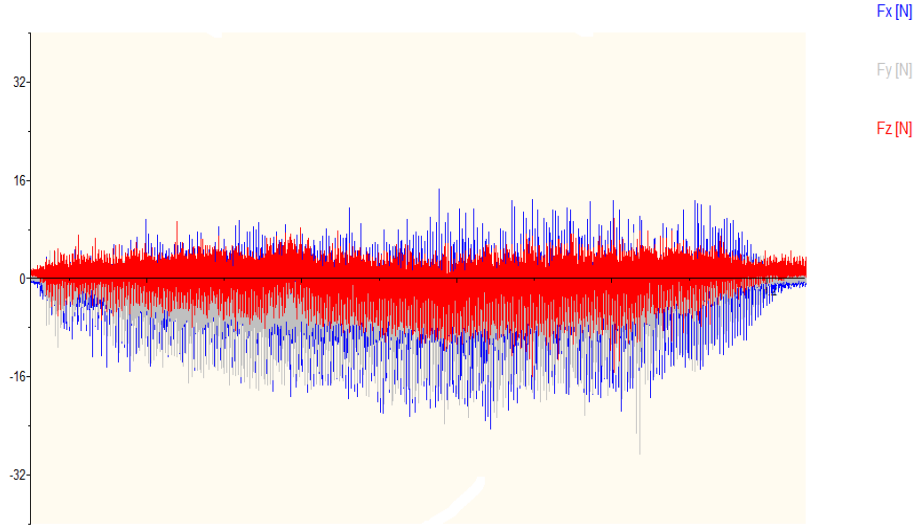


Şekil 4.6. 5 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(2 kanallı freze, $n=2000$ dev/dak, 0.15 mm/dev)

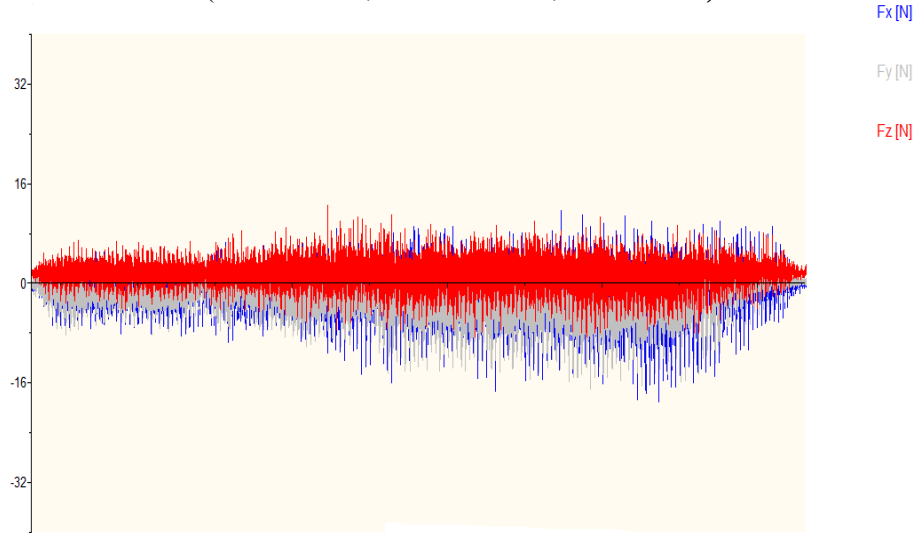


Şekil 4.7. 6 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(2 kanallı freze, $n=2000$ dev/dak, 0.20 mm/dev)

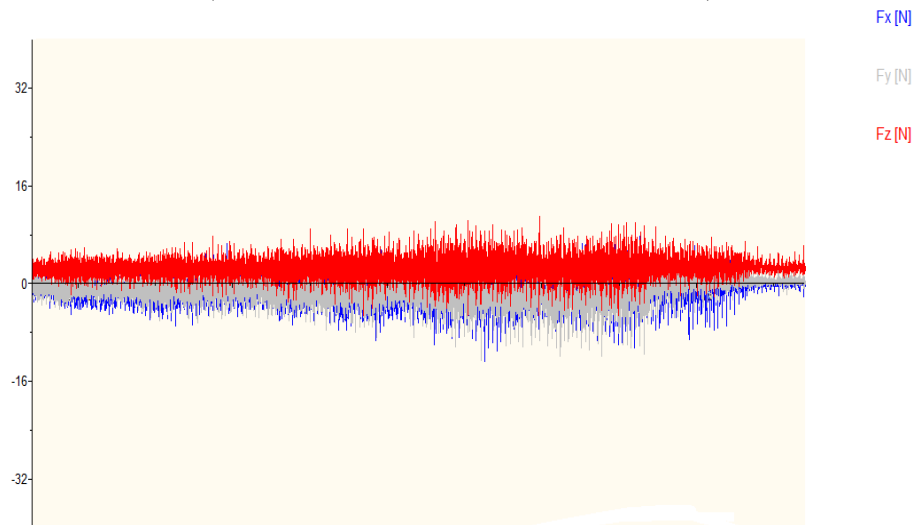




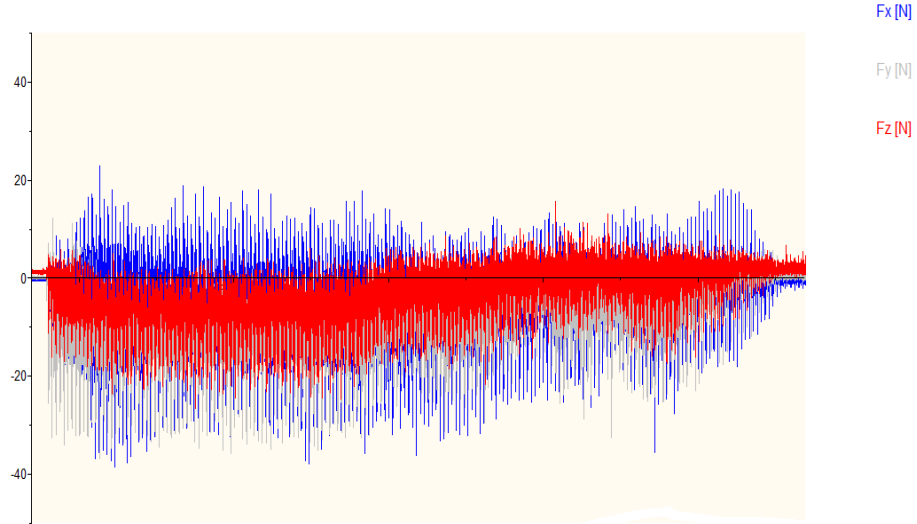
Şekil 4.11. 10 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(3 kanallı freze, $n=1000$ dev/dak, 0.10 mm/dev)



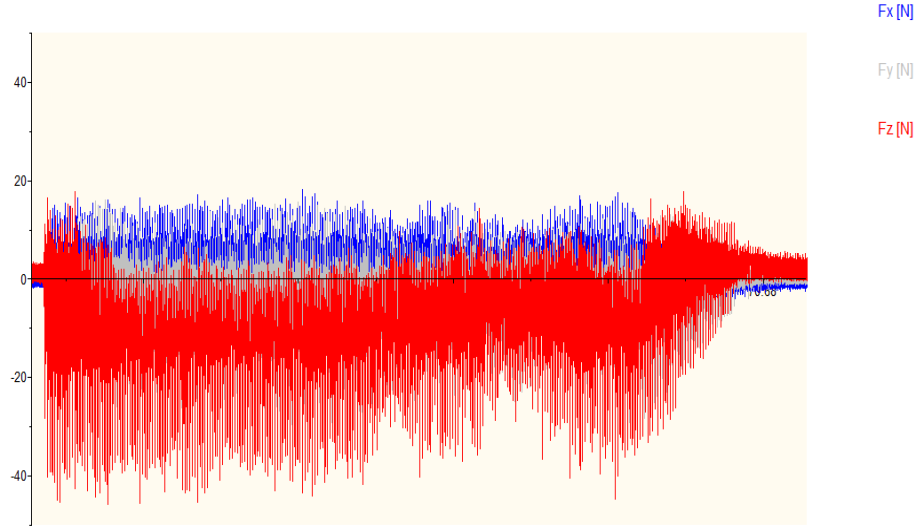
Şekil 4.12. 11 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(3 kanallı freze, $n=1000$ dev/dak, 0.15 mm/dev)



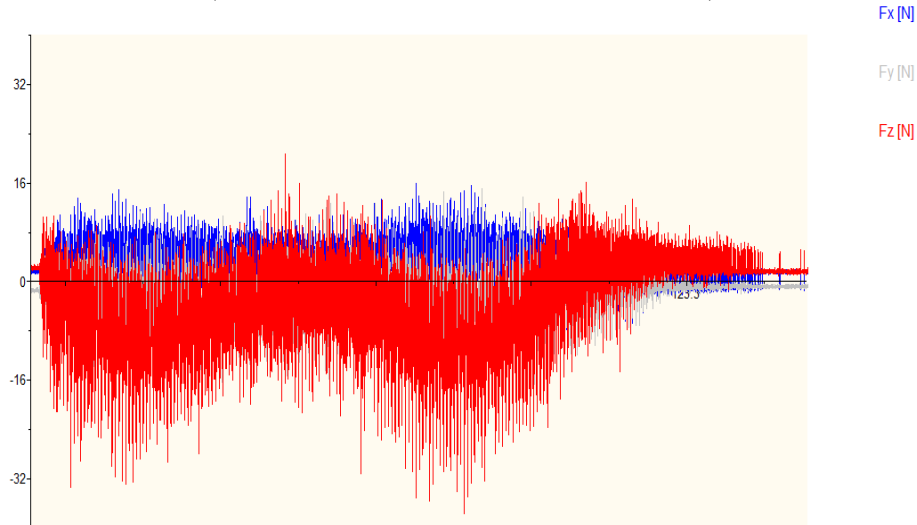
Şekil 4.13. 12 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(3 kanallı freze, $n=1000$ dev/dak, 0.20 mm/dev)



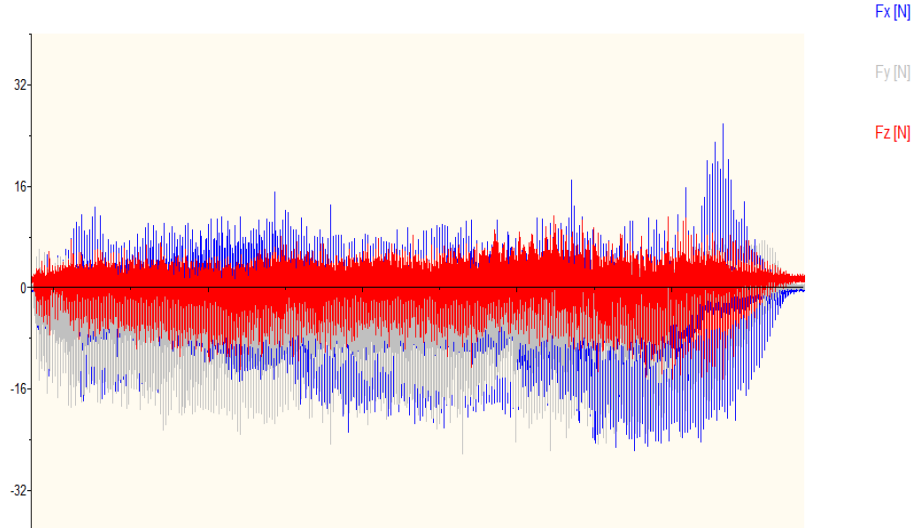
Şekil 4.14. 13 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(3 kanallı freze, $n=2000$ dev/dak, 0.10 mm/dev)



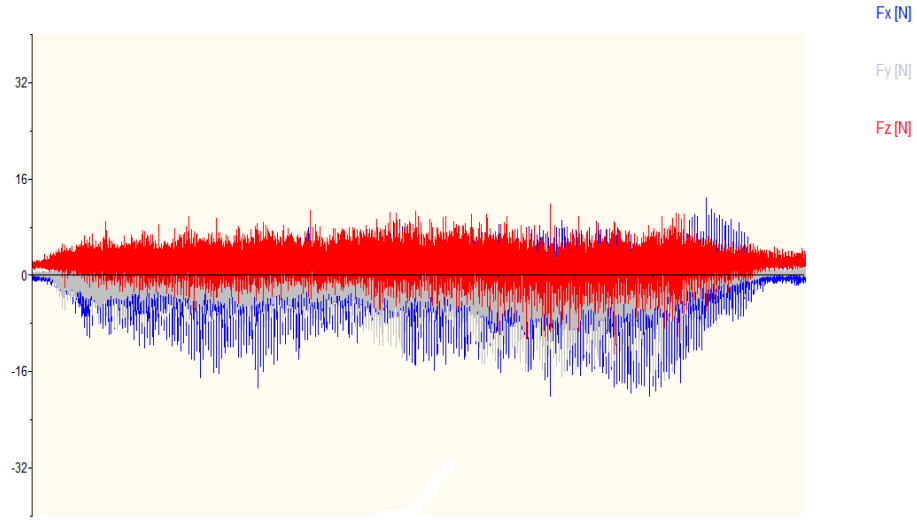
Şekil 4.15. 14 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(3 kanallı freze, $n=2000$ dev/dak, 0.15 mm/dev)



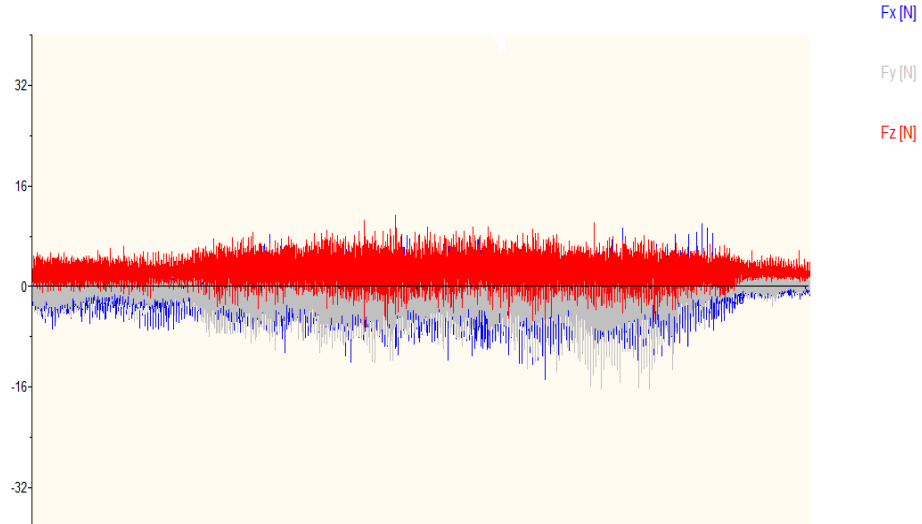
Şekil 4.16. 15 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(3 kanallı freze, $n=2000$ dev/dak, 0.20 mm/dev)



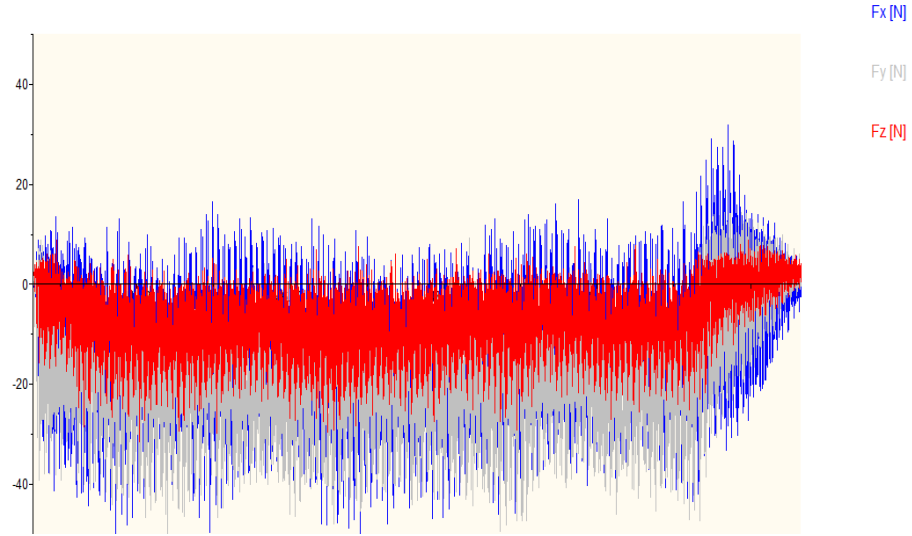
Şekil 4.17. 16 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(3 kanallı freze, $n=3000$ dev/dak, 0.10 mm/dev)



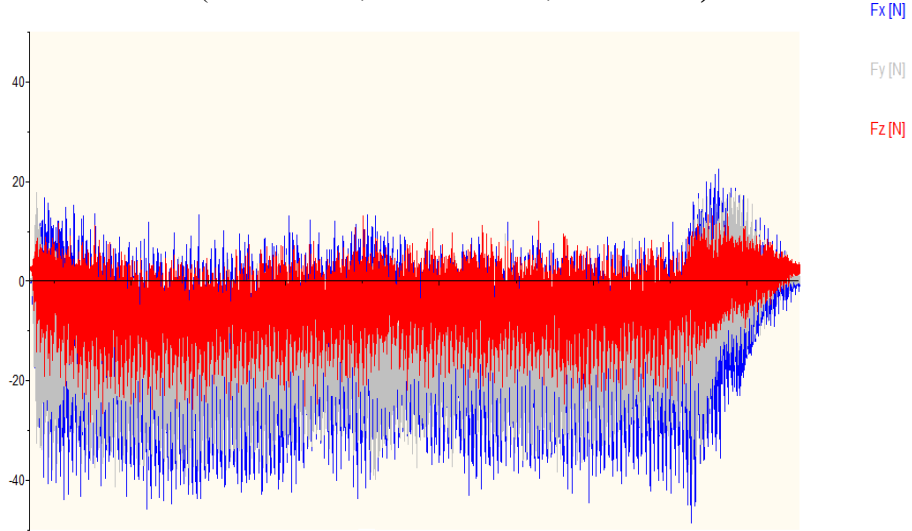
Şekil 4.18. 17 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(3 kanallı freze, $n=3000$ dev/dak, 0.15 mm/dev)



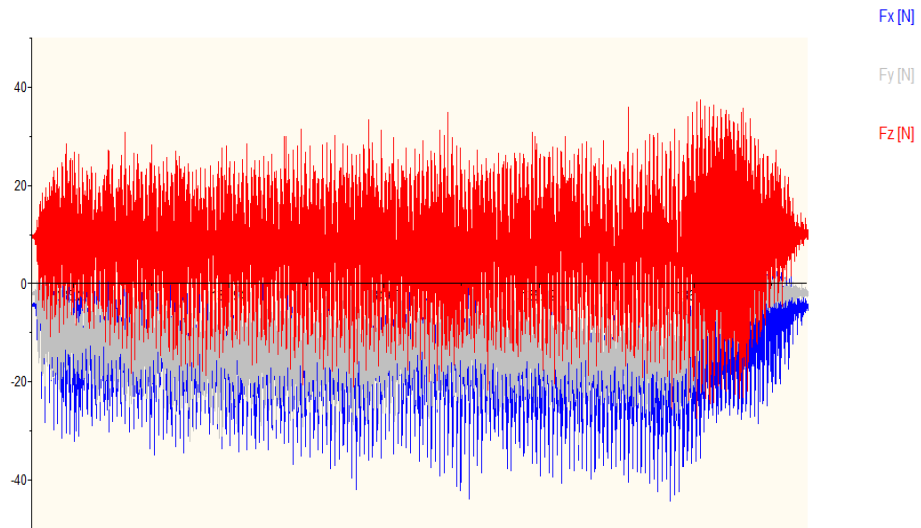
Şekil 4.19. 18 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(3 kanallı freze, $n=3000$ dev/dak, 0.20 mm/dev)



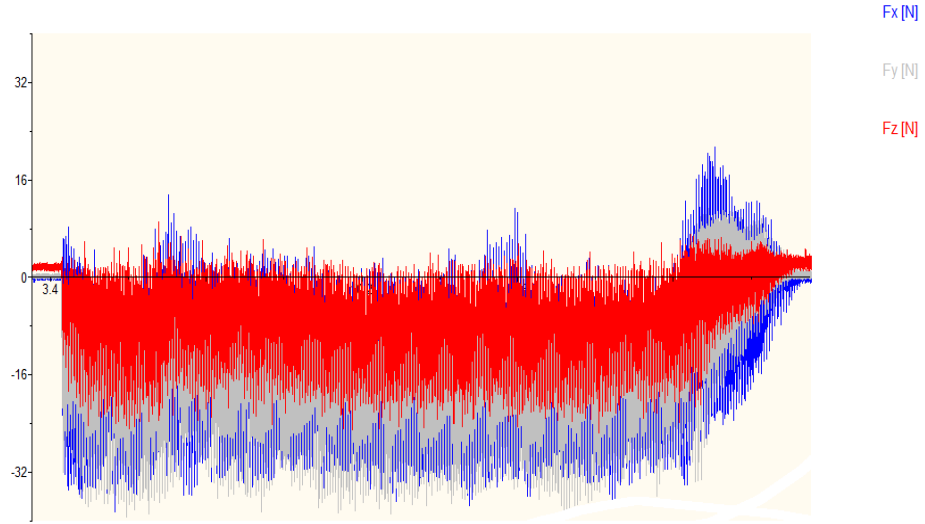
Şekil 4.20. 19 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(4 kanallı freze, $n=1000$ dev/dak, 0.10 mm/dev)



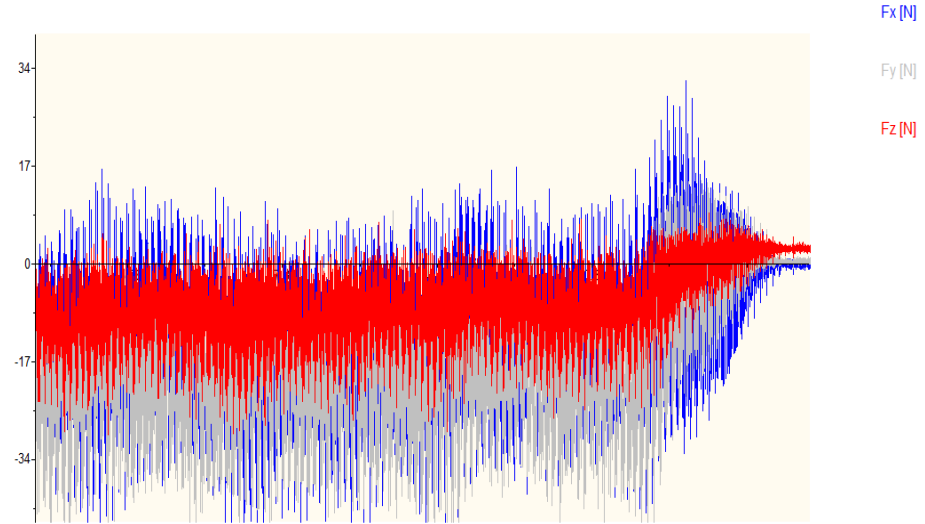
Şekil 4.21. 20 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(4 kanallı freze, $n=1000$ dev/dak, 0.15 mm/dev)



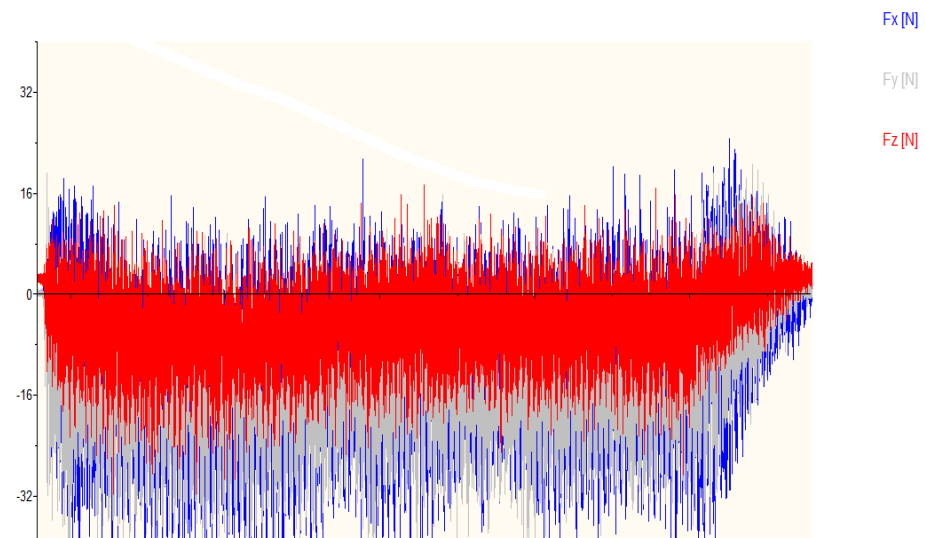
Şekil 4.22. 21 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(4 kanallı freze, $n=1000$ dev/dak, 0.20 mm/dev)



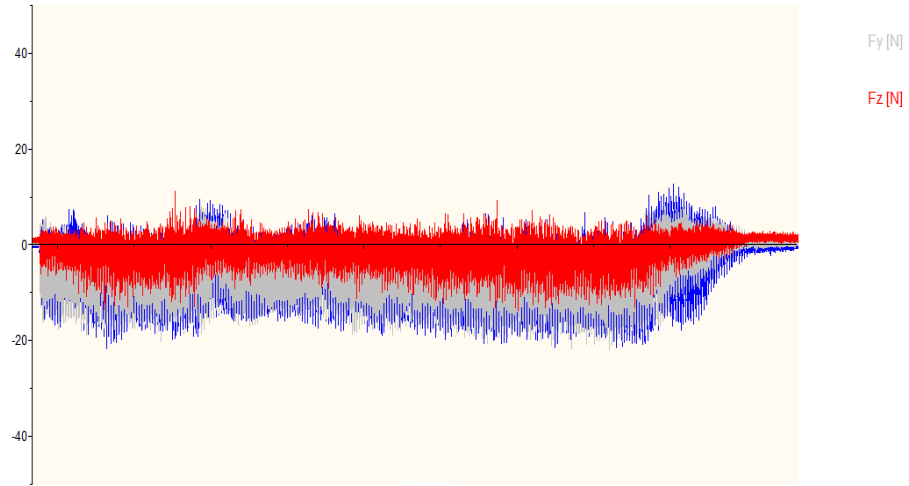
Şekil 4.23. 22 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(4 kanallı freze, $n=2000$ dev/dak, 0.10 mm/dev)



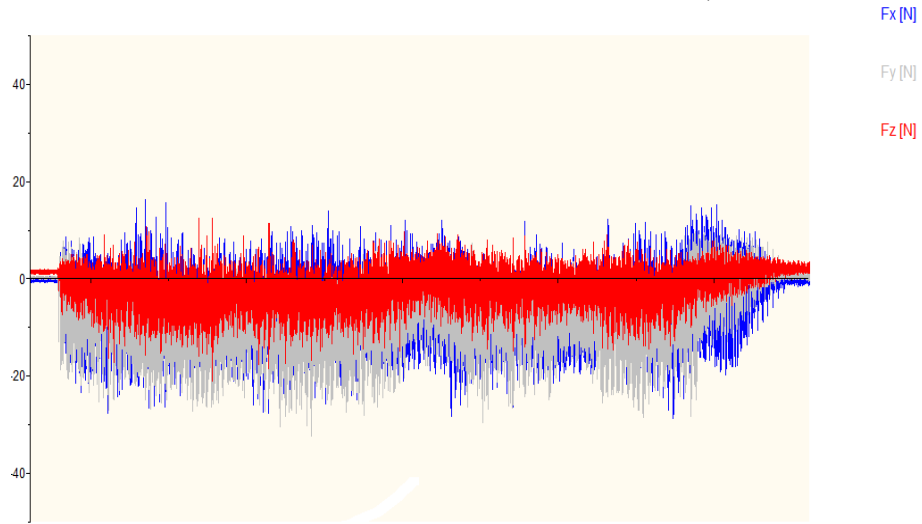
Şekil 4.24. 23 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(4 kanallı freze, $n=2000$ dev/dak, 0.15 mm/dev)



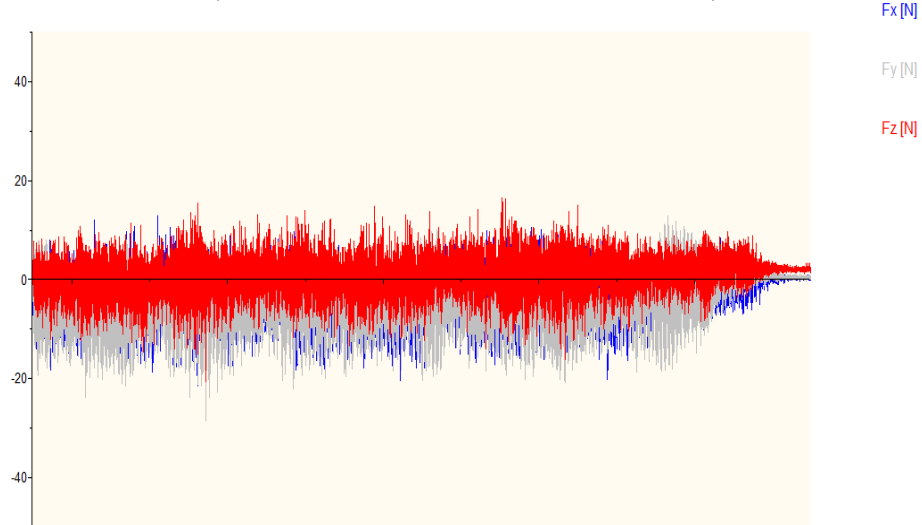
Şekil 4.25. 24 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(4 kanallı freze, $n=2000$ dev/dak, 0.20 mm/dev)



Şekil 4.26. 25 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(4 kanallı freze, $n=3000$ dev/dak, 0.10 mm/dev)



Şekil 4.27. 26 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(4 kanallı freze, $n=3000$ dev/dak, 0.15 mm/dev)

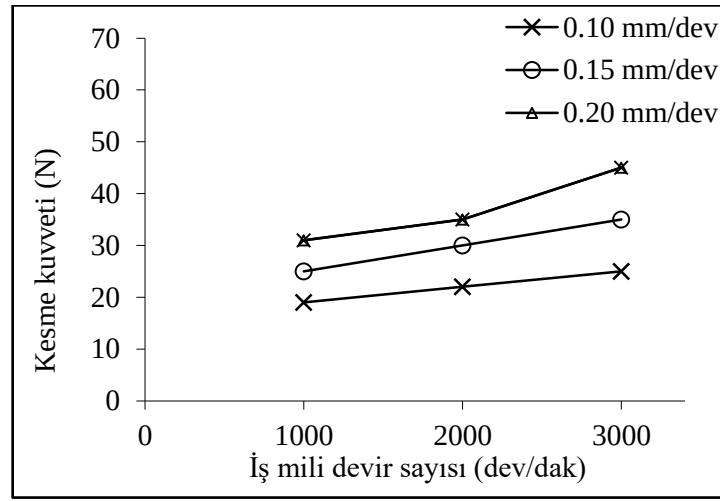


Şekil 4.28. 27 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(4 kanallı freze, $n=3000$ dev/dak, 0.20 mm/dev)

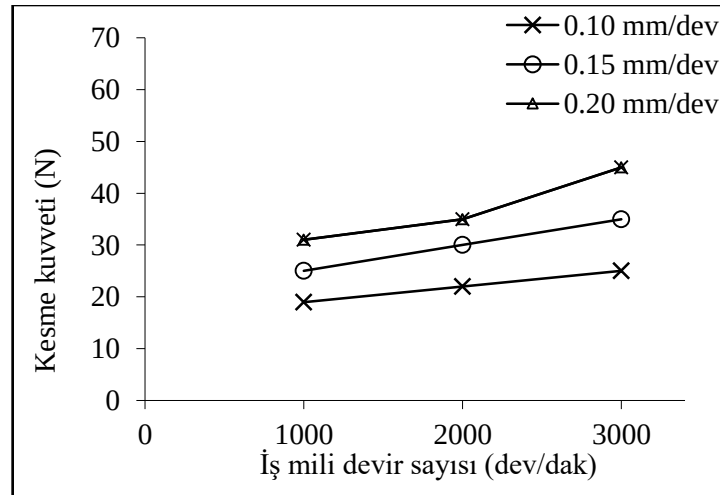
Bu diyagramlarda (Şekil 4.2-4.28) F_x , F_y ve F_z kuvvet bileşenleri görülmektedir. F_x , ilerleme yönündeki kuvveti, F_y radyal kuvveti ve F_z ise işlenen yüzeye dik olan kuvveti göstermektedir. Kesme kuvveti (F) bu üç kuvvet bileşeninden 4.1 eşitliği kullanılarak elde edilmektedir.

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2} \quad 4.1$$

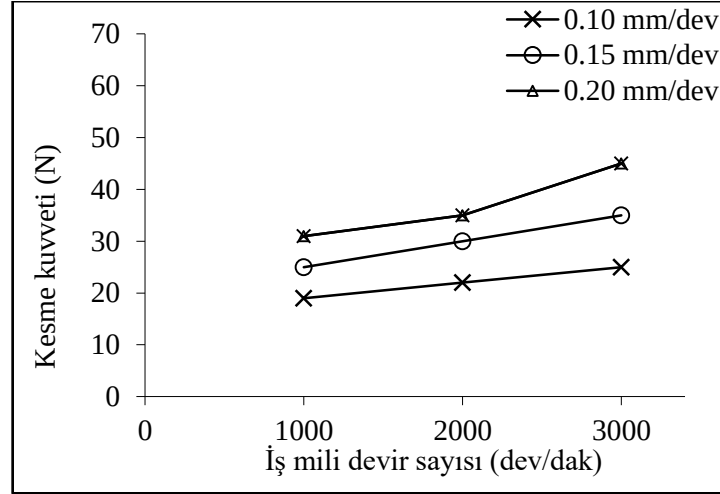
Hesaplanan kesme kuvvetlerine göre iş mili devrinin kesme kuvveti üzerine etkileri Şekil 4.29-4.31'de gösterilmiştir.



Şekil 4.29. İş mili devrinin kesme kuvveti üzerine etkisi (2 ağızlı takım)



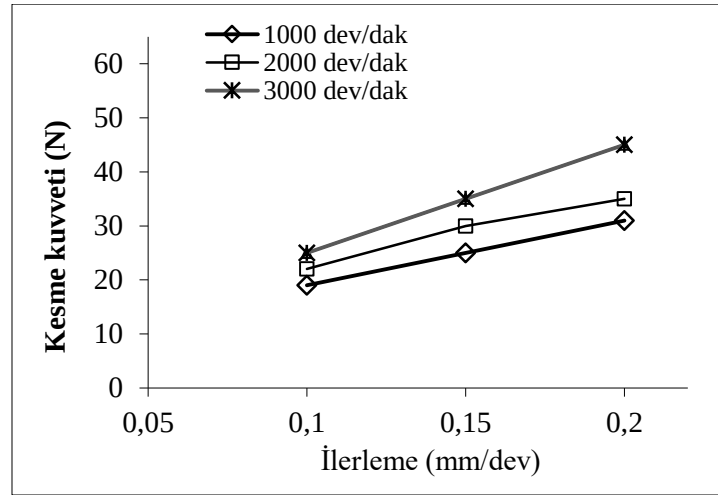
Şekil 4.30. İş mili devrinin kesme kuvveti üzerine etkisi (3 ağızlı takım)



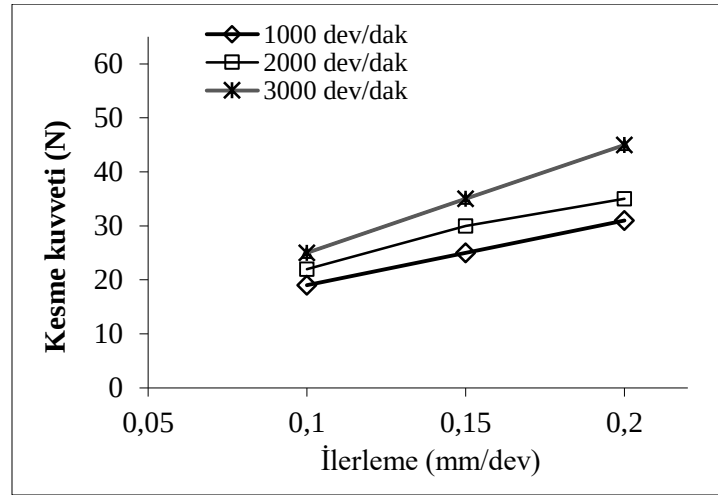
Şekil 4.31. İş mili devrinin kesme kuvveti üzerine etkisi (4 ağızlı takım)

Şekil 4.29-4.31’de olduğu gibi RETP kompozitlerin frezelenme deneylerinde; tüm parmak freze çakıları için en düşük kesme kuvveti; düşük dönme devri ve düşük ilerleme değerlerinde, en yüksek kesme kuvveti ise yüksek dönme devri ve yüksek ilerleme değerlerinde elde edilmiştir. Tüm kesici takımlarda, sabit ilerleme değerlerinde dönme devrinin artması ile kesme kuvvetleri artmıştır. 2 ağızlı parmak freze ile yapılan deneylerde ve 0.10 mm/dev ilerlemede devir sayısı 1000, 2000 ve 3000 dev/dak olarak arttığında elde edilen kesme kuvvetleri sırası ile 23, 27 ve 31 N olarak elde edilmiştir. Benzer şekilde 0.15 mm/dev için 30, 36 ve 42 N elde edilirken 0.20 mm/dev için dönme devrinin artması ile kesme kuvvetleri sırası ile 38, 44 ve 53 N olarak ortaya çıkmıştır. 3 ağızlı parmak freze ile yapılan deneylerde ve 0.10 mm/dev ilerlemede devir sayısı 1000, 2000 ve 3000 dev/dak olarak arttığında elde edilen kesme kuvvetleri sırası ile 21, 24 ve 29 N olarak elde edilmiştir. Benzer şekilde 0.15 mm/dev için 26, 32 ve 40 N elde edilirken 0.20 mm/dev için dönme devrinin artması ile kesme kuvvetleri sırası ile 35, 38 ve 50 N’dur. 4 ağızlı kesici takım ile yapılan deneylerde ve 0.10 mm/dev ilerlemede devir sayısı 1000, 2000 ve 3000 dev/dak olarak arttığında elde edilen kesme kuvvetleri sırası ile 19, 22 ve 25 N’dur. İlerlemenin 0.15 mm/dev olduğu durumda kesme kuvvetleri 25, 30 ve 35 N iken, ilerlemenin 0.20 mm/dev olduğu deneylerde dönme devrinin artması ile kesme kuvvetleri sırası ile 31, 35 ve 50 N olarak bulunmuştur.

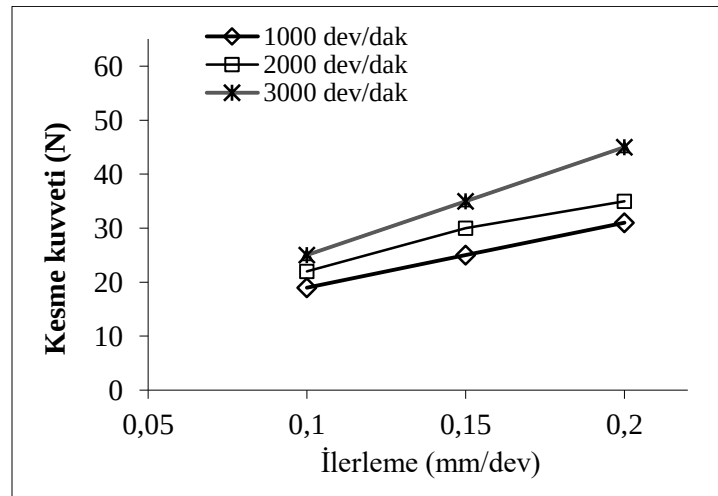
İlerleme değerinin kesme kuvveti üzerine etkileri Şekil 4.32-4.34’te gösterilmiştir.



Şekil 4.32. İlerlemenin kesme kuvveti üzerine etkisi (2 ağızlı takım)



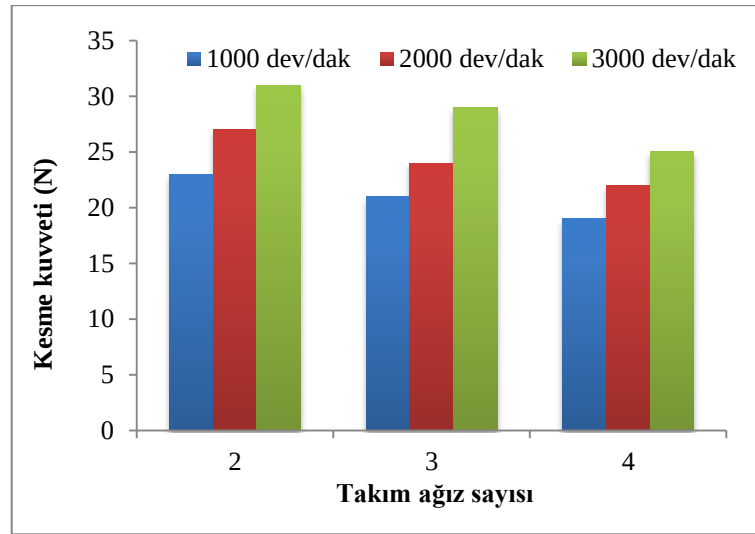
Şekil 4.33. İlerlemenin kesme kuvveti üzerine etkisi (3 ağızlı takım)



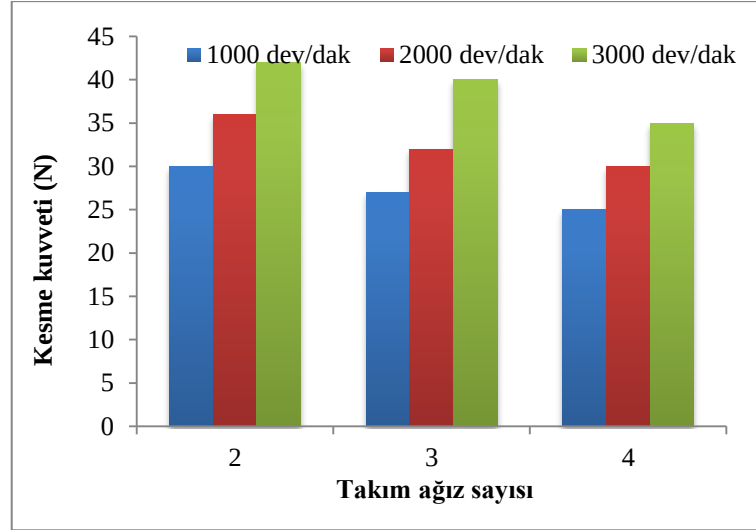
Şekil 4.34. İlerlemenin kesme kuvveti üzerine etkisi (4 ağızlı takım)

İş mili devir sayıları sabit tutulduğunda, ilerleme oranının artması ile kesme kuvveti arttığı Şekil 4.32-4.34'ten görülmektedir. Tüm kesici takımlar için, en düşük kesme kuvveti düşük ilerleme oranlarında elde edilmiştir. 2 ağızlı takım ile yapılan frezeleme işleminde 1000 dev/dak iş mili dönme devri için ilerleme 0.10 mm/dev olduğunda kesme kuvveti 23 N, 0.15 mm/dev olduğunda kesme kuvveti 30 N ve 0.15 mm/dev olduğunda kesme kuvveti 38 N olarak ölçülmüştür. 3 ağızlı takım ile yapılan frezeleme işleminde 2000 dev/dak iş mili dönme devri için ilerleme 0.10 mm/dev olduğunda kesme kuvveti 24 N, 0.15 mm/dev olduğunda kesme kuvveti 32 N ve 0.15 mm/dev olduğunda kesme kuvveti 38 N olarak elde edilmiştir. 4 ağıza sahip kesici takım ile yapılan frezeleme deneylerinde 1000 dev/dak iş mili dönme devri için ilerleme 0.10 mm/dev olduğunda kesme kuvveti 25 N, 0.15 mm/dev olduğunda kesme kuvveti 35 N ve 0.15 mm/dev olduğunda kesme kuvveti 35 N olarak ölçülmüştür.

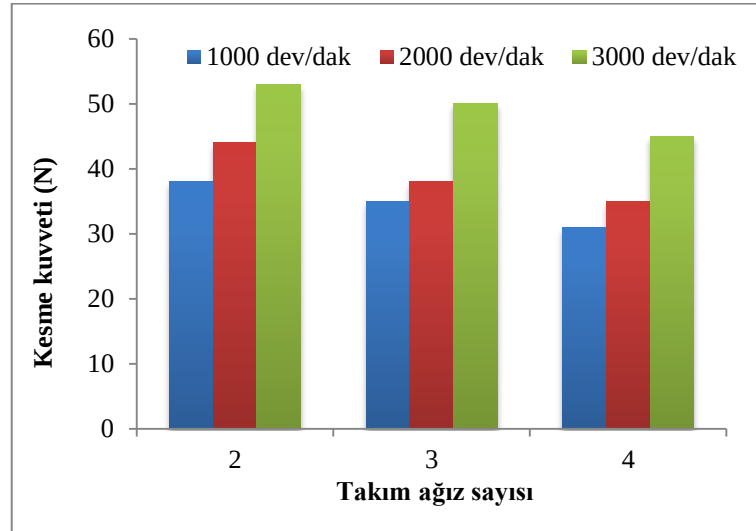
Kesici takım ağız sayısının kesme kuvveti üzerine etkileri ise Şekil 4.35-4.37'de gösterilmiştir.



Şekil 4.35. Takım ağız sayısının kesme kuvveti üzerine etkisi (0.10 mm/dev)



Şekil 4.36. Takım ağız sayısının kesme kuvveti üzerine etkisi (0.15 mm/dev)



Şekil 4.37. Takım ağız sayısının kesme kuvveti üzerine etkisi (0.20 mm/dev)

Şekil 4.35-4.37'den, tüm frezeleme parametrelerinde kesici takım ağız sayısının artması ile kesme kuvvetleri azalmaktadır. 3000 dev/dak kesme hızında ve 0.15 mm/dev ilerleme değerlerinde yapılan frezeleme deneylerinde elde edilen kesme kuvvetleri 2 ağızlı kesici takım için 42 N, 3 ağızlı kesici takım için 40 N ve 4 ağızlı kesici takım için 35 N olarak bulunmuştur. Benzer durum diğer kesme parametreleri için de aynı olduğu Tablo 4.1-4.3 ve Şekil 4.35-4.37'den görülmektedir.

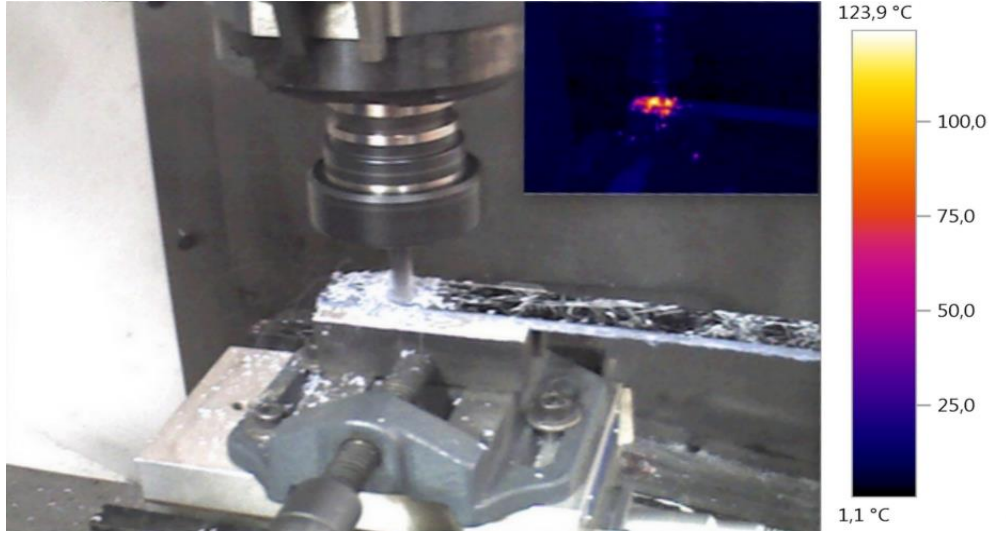
Düşük ilerlemede düşük kesme kuvveti elde edilirken ilerlemenin artması kesme kuvvetinde artırmıştır. İlerleme oranının artması ile birim zamanda kaldırılan talaş hacmini arttırmaktadır. Talaş hacminin artması ile kesme kuvvetlerinde dinamik bir etki oluşturmaktadır. Bu etkiden dolayı kesme kuvveti artmaktadır (Suresh ve ark. 2012). Birim zamanda iş parçası/takım teması arttığından kesme kuvvetinde de artış olmaktadır

(Çakır, 1999; Chinchankar ve Choudhury, 2013). İş mili dönme devrindeki artış ise sürtünmeyi arttırmakta ve bu artan sürtünmeden dolayı ısı artmaktadır. Yüksek ısı matris malzemesinin yumuşamasına neden olduğundan kesme kuvvetleri düşük çıkmaktadır (Alp, 2019). Ayrıca kesme kuvveti kesici takım ağız sayısının artması ile düşmektedir. En düşük kesme kuvveti 4 ağızlı takımlarla elde edilirken en büyük kesme kuvveti 2 ağızlı takımlarla elde edildi. Bunun nedeni kesici takımın kesme işlemi bir turda 2 ağızlı takımda 180° 'de, 3 ağızlı takımda 120° 'de ve 4 ağızlı takımda ise 90° 'de gerçekleşmesinden kaynaklanmaktadır (Kılıçkap, 2018).

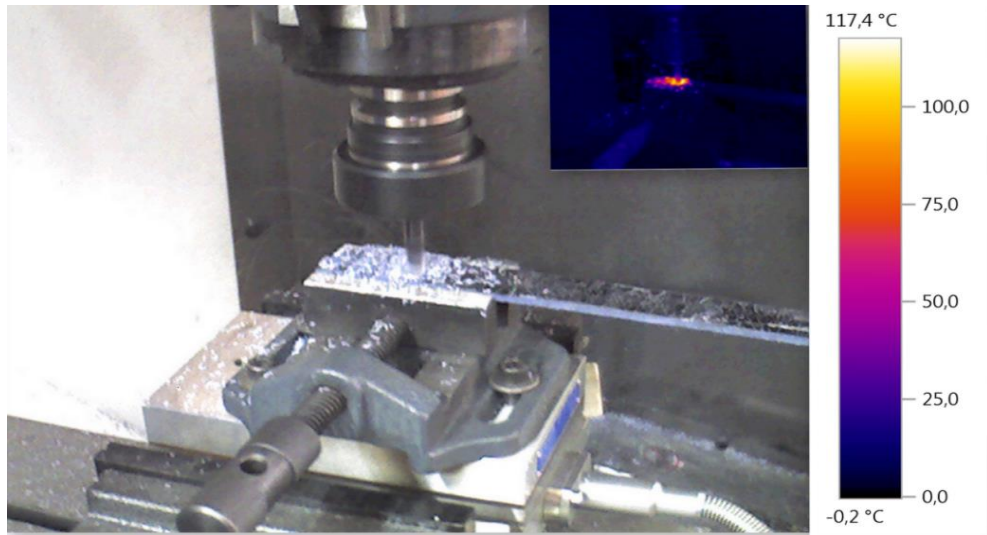
4.2.Frezeleme Parametreleri–Sıcaklık İlişkisi

Kanal frezeleme işleminde takıma etkiyen kuvvetler kadar, kesme anında takımda ve iş parçasında oluşan sıcaklıklar da büyük önem taşımaktadır. Özellikle kesme esnasında açığa çıkan ısıdan dolayı iş parçası kesici takım arasındaki sıcaklık artmaktadır. Bu durum işlenen parçanın boyutsal kararlılığını ve geometrik ölçülerini etkilemekte ve kesici takımın olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır. Buna ilave olarak sıcaklıkların yüksek olması iş parçasındada boyutsal kararlılığın bozulmasına ve bazı malzemeler için yapısal faz dönüşümlerine ve fiziksel özelliklerin yitirilmesine sebebiyet vermektedir. Bu nedenle son yıllarda takım iş parçası arası oluşan etkileşimlerde oluşan sıcaklık ve ısı değerlerinin kontrol altında tutulması, prosesin istenilen verimlilikte ve bitmiş iş parçasının tasarım şartlarına uygunluk taşıması açısından son derece önem taşımaktadır. Bu durum metalsel malzemelerin talaşlı işlenmesinde önemli olduğu kadar kompozit malzemelerin işlenmesinde de önem taşımaktadır.

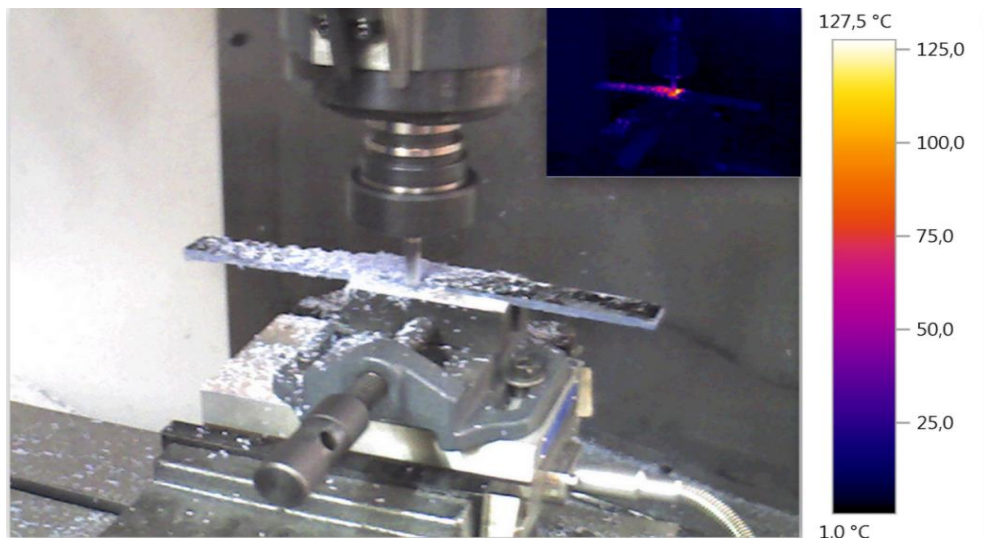
RETP kompozit malzemenin 2, 3 ve 4 ağızlı kesici takımlar ile 1000, 2000 ve 3000 dev/dak iş mili devirlerinde ve 0.10, 0.15ve 0.20 mm/dev ilerleme oranlarında frezelenmesiyle oluşan sıcaklıklara ait termal kamera görüntüleri Şekil 4.38-4.40'ta ve kesme hızı ve ilerleme oranının kesme sıcaklığı üzerine etkisi de Şekil 4.41-46'da grafik olarak verilmiştir.



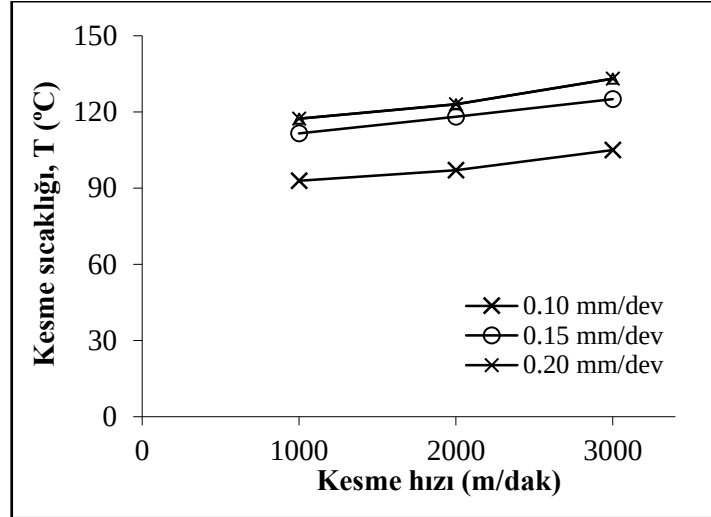
Şekil 4.38. Termal kamera görüntüsü (Takım Ağız Sayısı:2, 1000dev/dak, 0.10mm/dev)



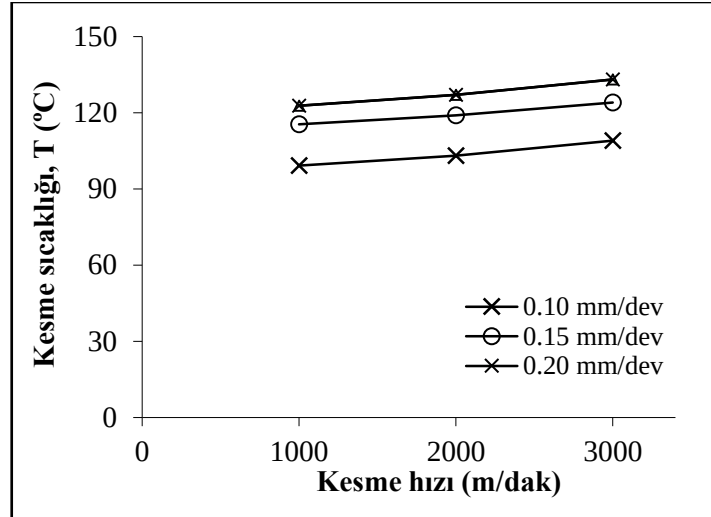
Şekil 4.39. Termal kamera görüntüsü (Takım Ağız Sayısı:3, 2000 dev/dak,0.15 mm/dev)



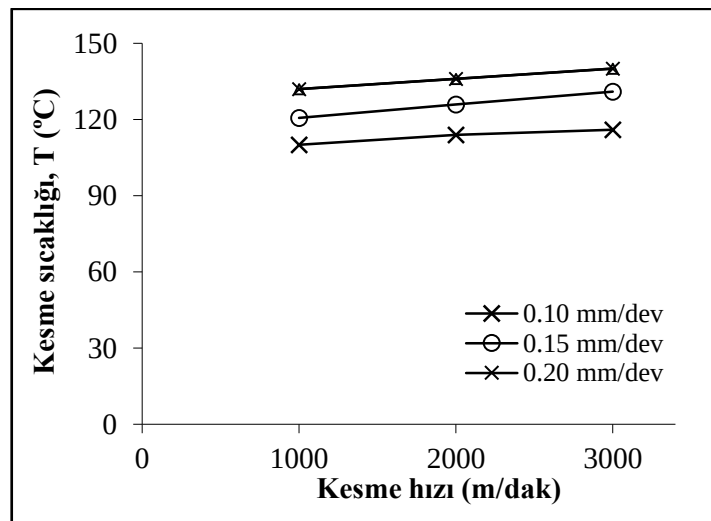
Şekil 4.40. Termal kamera görüntüsü (Takım Ağız Sayısı:4, 3000 dev/dak,0.20 mm/dev)



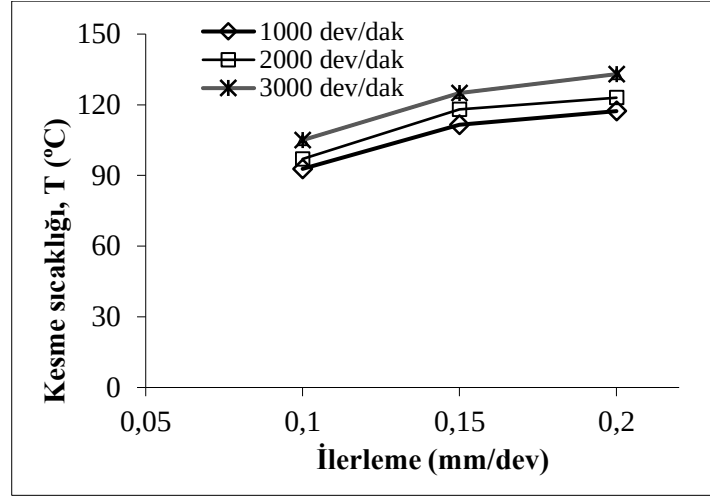
Şekil 4.41. İş mili devrinin kesme sıcaklığı üzerine etkisi (2 ağızlı takım)



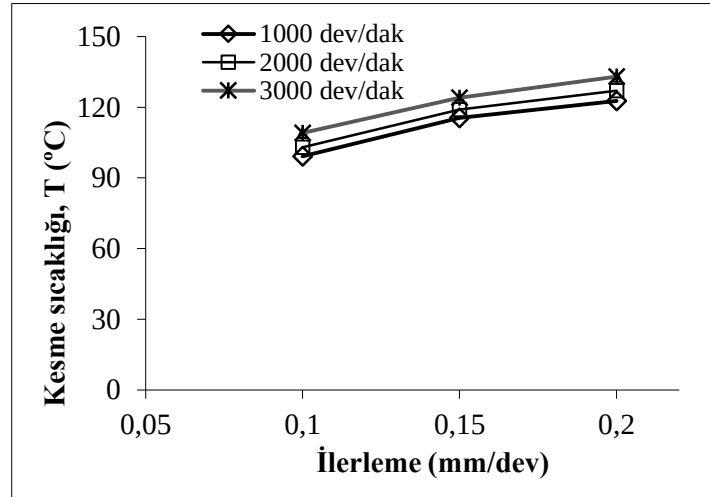
Şekil 4.42. İş mili devrinin kesme sıcaklığı üzerine etkisi (3 ağızlı takım)



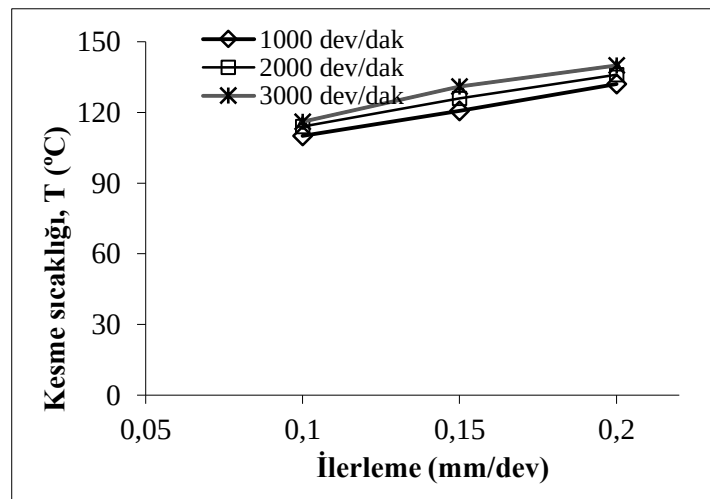
Şekil 4.43. İş mili devrinin kesme sıcaklığı üzerine etkisi (4 ağızlı takım)



Şekil 4.44. İlerlemenin kesme sıcaklığı üzerine etkisi (2 ağızlı takım)



Şekil 4.45. İlerlemenin kesme kuvveti üzerine etkisi (3 ağızlı takım)



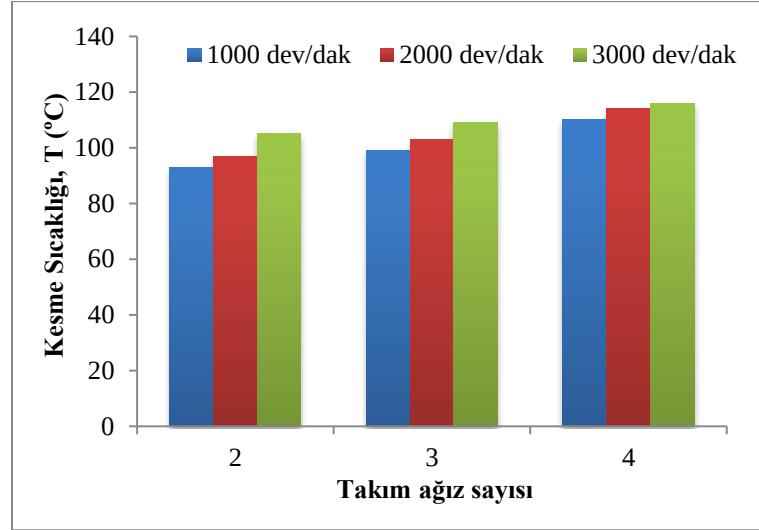
Şekil 4.46. İlerlemenin kesme kuvveti üzerine etkisi (4 ağızlı takım)

İş mili devri, ilerleme ve kesici takım geometrisi talaşlı işlemede sıcaklık oluşumu üzerinde önemli etkiye sahiptirler. Bu parametreler kesme sıcaklığını ve kesme kuvvetlerini doğrudan etkilemekle beraber kesici takımın performansını da etkileyen faktörlerdir (Kalidas ve ark.; 2001; Sandvik, 1994).

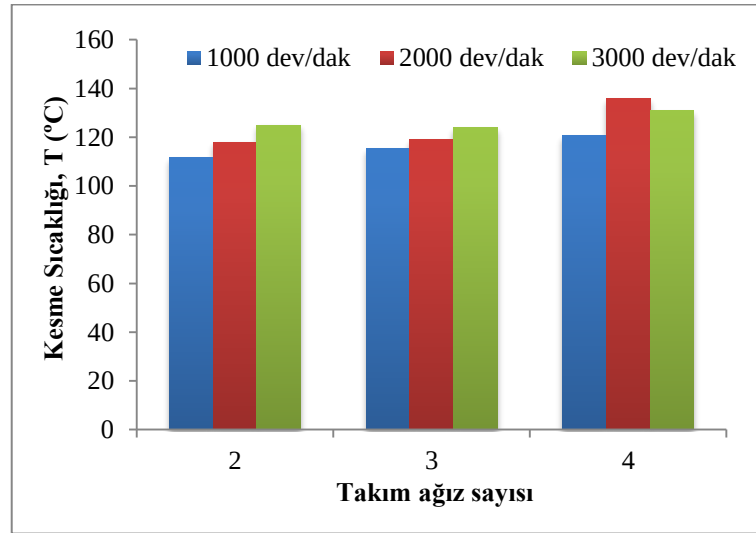
Şekil 4.43-4.46'dan görüldüğü gibi, RETP kompozitin frezelenmesinde kesme sıcaklığı ilerlemenin artmasıyla artmaktadır. Sıcaklık artışı; ilerleme oranının artmasıyla, kesici takım kenarlarının çok fazla sürtünmeye neden olmasıyla açıklanabilir. İlerlemenin artması sonucu kesici takım birim zamanda daha fazla talaş kaldırmaya çalışmaktadır. Kanal frezelemede talaş ile tahliye edilmesi gereken ısının bir kısmı talaşın kanal bölgesinde birikmesi nedeniyle kesme bölgesindeki kesme sıcaklığını arttırmaktadır (Sandvik, 1994; Yalçın, 2008).

İş mili devrinin artması ile kesici takım ve iş parçası arasındaki sürtünmeye ve hızlı plastik deformasyona bağlı olarak önemli miktarda sürtünme enerjisi ortaya çıkmaktadır. Ortaya çıkan bu sürtünme enerjisi ısı yaymakta ve bu da kesme sıcaklığını arttırmaktadır (Altintas, 2000; Çolak, 2006). Ayrıca iş parçasının kesme sırasında oluşan kesme sıcaklığını arttırmaktadır. Kompozit malzemelerin işlenmesi sırasında oluşan sıcaklığın fazla olmasının bir diğer nedeni de bu malzemelerin ısı iletim katsayısının düşük olmasıdır. Düşük ısı iletim katsayısından dolayı iş parçası ve kesici takım ara yüzeyinde oluşan ısı uzaklaştırılamamakta ve kesme sıcaklığını arttırmaktadır.

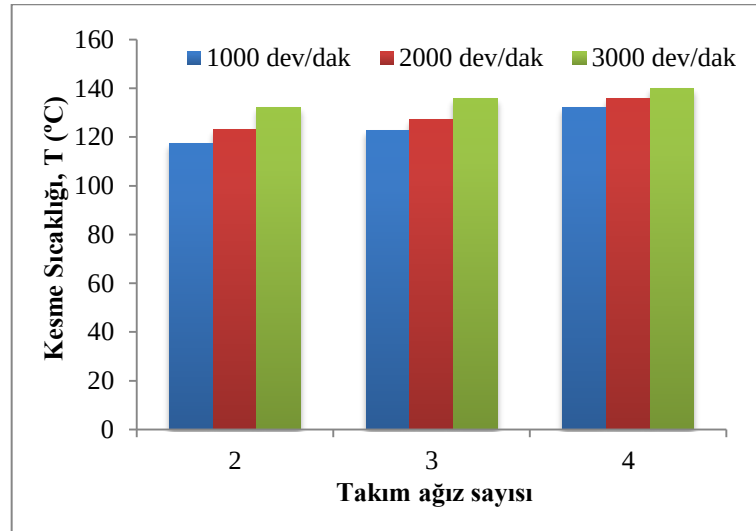
Aynı frezeleme ortamında, takım ağız sayısına bağlı olarak, ağız sayısı artığında sıcaklık kısmen artmakta olup elde edilen değerler birbirine yakındır. RETP kompozitlerin frezelenme deneylerinde; tüm kesici takımlar için en düşük kesme sıcaklığı; düşük iş mili devri (1000 dev/dak) ve düşük ilerleme değerlerinde (0.10 mm/dev), en yüksek kesme sıcaklığı ise yüksek iş mili devri (3000 dev/dak) ve yüksek ilerleme değerlerinde (0.20 mm/dev) elde edilmiştir. Minimum ve maksimum elde edilen değerler; 2 ağızlı kesici takımda 92.8 °C ve 136°C, 3 ağızlı kesici takımda 99.1°C ve 133°C ve 4 ağızlı kesici takımda ise 110°C ve 140°C olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.47. Takım ağız sayısının kesme sıcaklığının üzerine etkisi (0.10 mm/dev)



Şekil 4.48. Takım ağız sayısının kesme sıcaklığının üzerine etkisi (0.15 mm/dev)



Şekil 4.49. Takım ağız sayısının kesme sıcaklığının üzerine etkisi (0.20 mm/dev)

4.3 Frezeleme Parametreleri – Deformasyon İlişkisi

Kompozit malzemelerin talaşlı işlenmesinde, özellikle delik delme ve kanal açma gibi işlemlerde, işlenen bölgenin kenarında ve tabakalar arasında hasarlar oluşmaktadır. Bu hasarlar işlenen parçanın dayanımını düşürmektedir. Dayanımı düşen iş parçası belirlenen ömründen daha kısa sürede kullanılamaz hale gelmektedir. Kompozit malzemelerin frezelenmesinde kanal kenarlarında oluşan hasarın büyüklüğü deformasyon faktörü (DF) ile değerlendirilmektedir. Kompozit malzemelerin işlenmesinde hasarın minimum olması işlenebilirlik açısından oldukça önemlidir. Deformasyon faktörü işleme parametrelerinden, takım malzemesi ve geometrisinden, sistemin rijitliğinden, çevre koşullarından vb. gibi işleme parametrelerinden önemli derecede etkilenmektedir. Deformasyon faktörünü minimum tutmak için işleme parametrelerinin doğru ve uygun seçilmesi önemlidir.

RETP kompozitin freze tezgâhında kanal açma sırasında oluşan deformasyon faktörü üzerine iş mili dönme devri, ilerleme oranı ve kesici takım ağız sayısının etkileri deneysel olarak araştırılmıştır. Bu malzemenin frezelenmesine ait resimler Şekil 4.50-4.52’de ve deformasyon faktörü sonuçları grafik halinde Şekil 4.53-4.55’de verilmiştir.



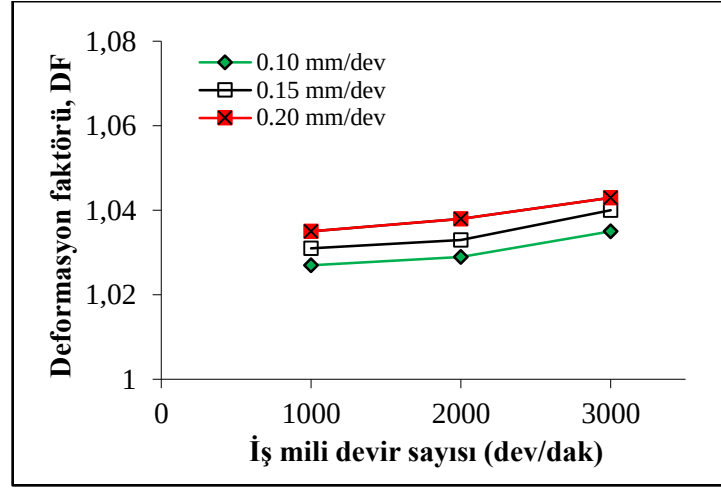
Şekil 4.50. Frezelenmiş RETP kompozite ait görüntüler (2 ağızlı takım)



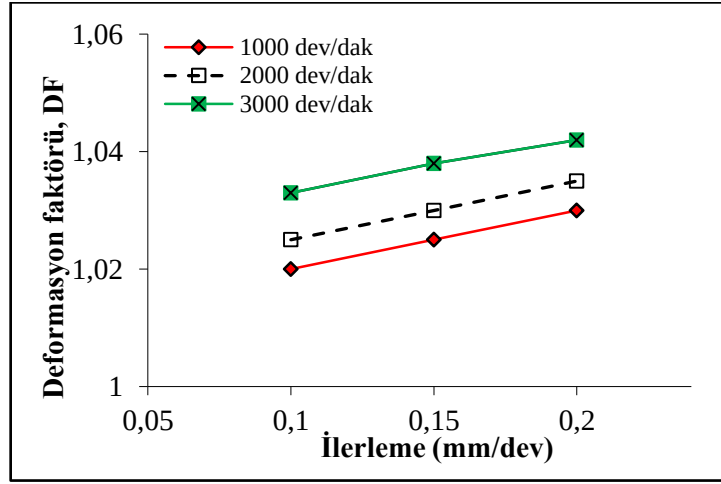
Şekil 4.51. Frezelenmiş RETP kompozite ait görüntüler (3 ağızlı takım)



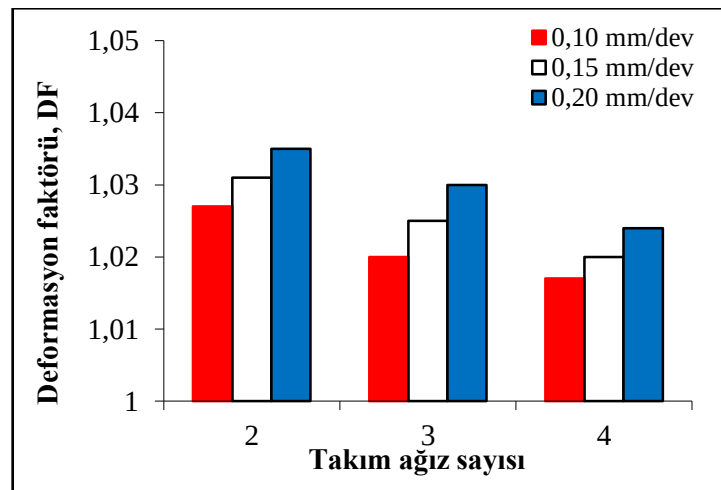
Şekil 4.52. Frezelenmiş RETP kompozite ait görüntüler (4 ağızlı takım)



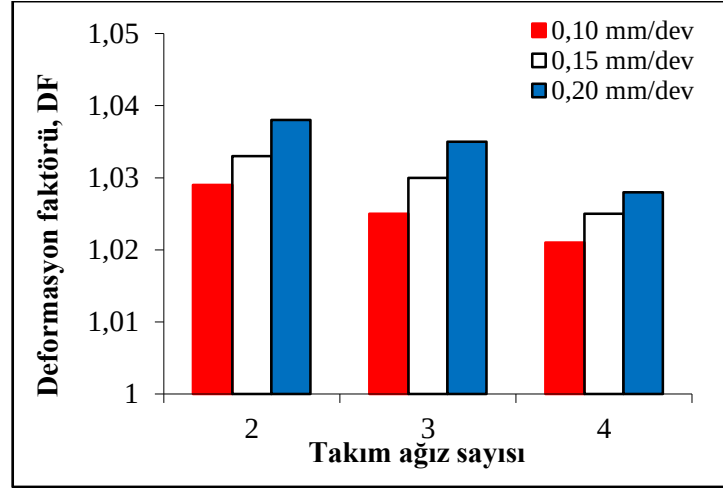
Şekil 4.53. İş mili devir sayısının deformasyon faktörü üzerine etkisi (2 ağızlı takım)



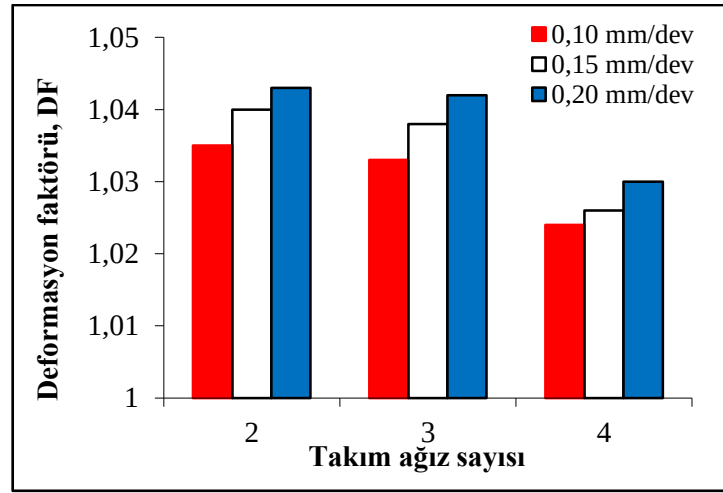
Şekil 4.54. İlerlemenin deformasyon faktörü üzerine etkisi (3 ağızlı takım)



Şekil 4.55. Takım ağız sayısının deformasyon faktörü üzerine etkisi (1000 dev/dak)



Şekil 4.56. Takım ağız sayısının deformasyon faktörü üzerine etkisi (2000 dev/dak)



Şekil 4.57. Takım ağız sayısının deformasyon faktörü üzerine etkisi (3000 dev/dak)

Yukarıdaki grafiklerinden görüldüğü gibi RETP kompozitlerin kanal frezelenmesinde, dönme devrinin artması ile deformasyon faktörü artmaktadır. Yüksek dönme devirlerinde artan kesme hızı ile kesici takım/kompozit malzeme arayüzünde kesme sıcaklığı arttığından kompozit malzemenin yapısı bozulmaktadır. Bu durum, fiber ve matris arasındaki bağı zayıflatarak deformasyonun artmasına neden olmuştur. Elyaf takviyeli kompozitlerin işlenmesinde deformasyon faktörünün yüksek olmasını, Erkan ve ark. (2013) yüksek kesme hızlarında artan plastik deformasyon kaynaklandığını belirtmişlerdir.

RETP kompozitlerin yüksek ilerleme oranlarında işlenmesinde, kesici takım kompozit malzemedeki elyafların bir kısmını kesecek zaman bulamamaktadır. Yüksek ilerleme yüksek ilerleme kuvvetinin oluşmasına neden olmaktadır. Ayrıca ilerleme değerindeki artışın oluşturduğu yüksek kesme kuvveti, kesilmeyen bu fiberleri kesmeden ziyade kanalın dışına doğru iterek koparmaktadır. Kopan fiberlerin deformasyon

faktörünü arttırdığı düşünülmektedir. Bu durumu, ilerleme oranındaki artışın iş parçası ve kesici takım arasındaki teması arttırdığını ve ilerleme kuvvetinin yüksek olmasına neden olduğunu ve deformasyonun büyük olmasına neden olduğu Krishnamorthy ve ark. (2009) tarafından belirtilmiştir.

Talaşlı imalatta, takım seçimi ve takım tasarımı süreçlerinde kesilecek malzemenin özelliklerine göre seçilecek takımın ağız sayısı büyük önem taşımaktadır. Örneğin işlenmesi zor ve düşük iletim katsayısına sahip malzemelerde kesici takım 5 veya 6 ağızlı olarak tercih edilirken, işlenmesi daha rahat ve yumuşak malzemelerin işlenmesinde takım ağız sayısı 2 veya 3 olacak şekilde seçilmektedir. Şekil 4.49-4.51'den deformasyon faktörünün kesici takım ağız sayısı ile azaldığı görülmektedir. Deformasyon üzerine kesici takım ağız sayısının etkisi, dönme devri ve ilerleme gibi kesme parametrelerinden daha az olduğu görülmektedir. Bu sonuç çeşitli araştırmacılar tarafından da dile getirilmiştir (Miklaszewski ve ark., 2000; Dippon ve ark., 2000; Kılıçkap, 2018; Alp, 2019).

RETP kompozitlerin frezelenmesinde en yüksek deformasyon faktörü; 3000 dev/dak dönme devri ve 0.20 mm/dev ilerleme değerlerinde 2 ağızlı kesici takım ile yapılan deneylerde 1,043 olarak ölçülmüştür. En düşük deformasyon faktörü ise 3000 dev/dak dönme devri ve 0.10 mm/dev ilerleme değerlerinde 4 ağızlı kesici takım kullanılarak yapılan deneylerde 1.017 olarak ölçülmüştür.

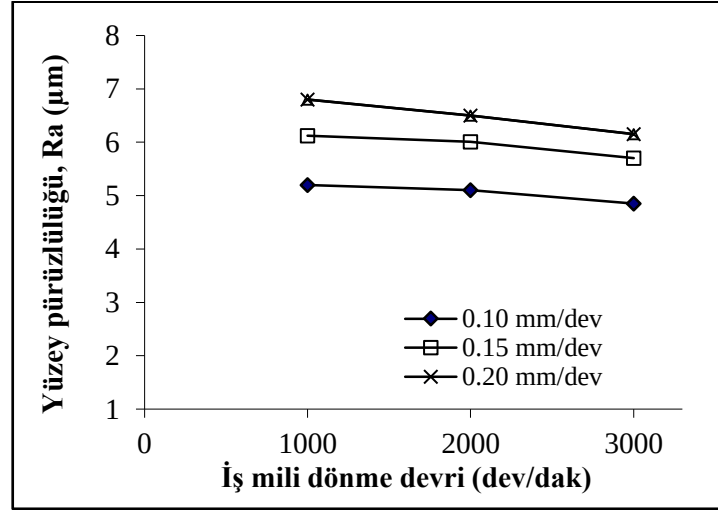
4.4 Frezeleme Parametreleri - Yüzey Pürüzlülüğü İlişkisi

Talaşlı imalatta, kesme kuvvetleri ve takım aşınması kadar yüzey pürüzlülüğü de büyük öneme sahiptir. Yüzey pürüzlülüğü iş parçasında çatlak ilerlemesi ve yapısal dayanımın korunması açısından son derece önem arz etmektedir. Yüzey pürüzlülüğünün mümkün mertebe düşük olması ve kontrol edilebilir olması, talaşlı imalatta istenen bir durumdur. İmal edilen bir parçanın performans kalitesi, kısmen, imalat sürecinden kaynaklanan yüzey kalitesi ile belirlenir. Uzay, havacılık, nükleer ve otomotiv sanayindeki kullanılan elemalar yüksek yük çevriminde yüklere maruz kaldığından, bunların yorulma ömrü yüzey pürüzlülüğü gibi yüzey kalitesinden etkilenmektedir. Yüzey pürüzlülüğü, iş parçasına uygulanan üretim işleminden sonra oluşan yüzey kalitesidir (Kaynak ve ark., 2011; Tsao ve Hocheng, 2004; Haşimi, 2018).

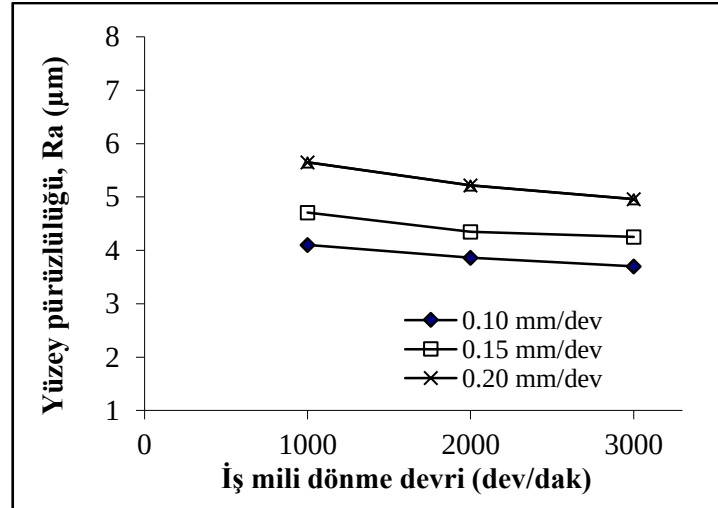
Yüzey pürüzlülüğü malzemenin mekanik özellikleri ve sertliğinden, kesme hızı ve ilerleme gibi işleme parametrelerinden, takım malzemesi ve takım geometrisinden

etkilenmektedir. Yüzey kesme parametreleri ve takım geometrisi gibi işleme parametreleri ile yakından ilgilidir. Yüzey pürüzlülüğünü minimum seviyede tutmak için, işleme parametrelerini uygun seçmek gerekmektedir (Haşimi, 2018).

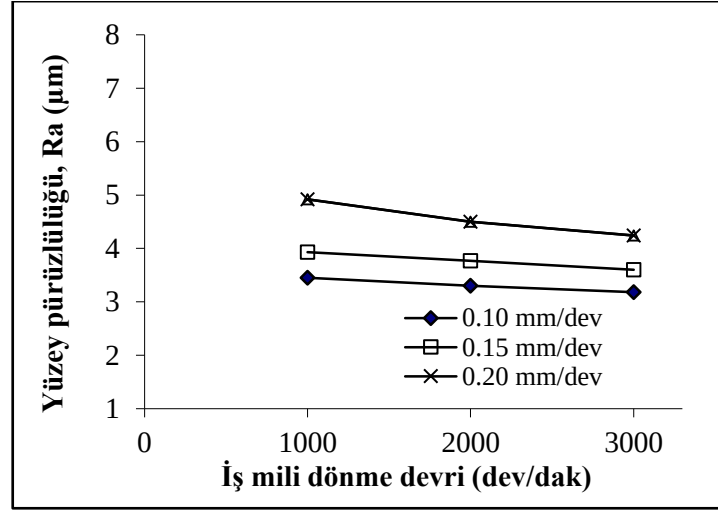
RETP kompozitin frezelenmesinde işlenmiş yüzeyin pürüzlülüğü üzerine iş mili dönme devri, ilerleme oranı ve kesici takım ağız sayısının etkileri grafik halinde Şekil 4.58-4.66'da verilmiştir.



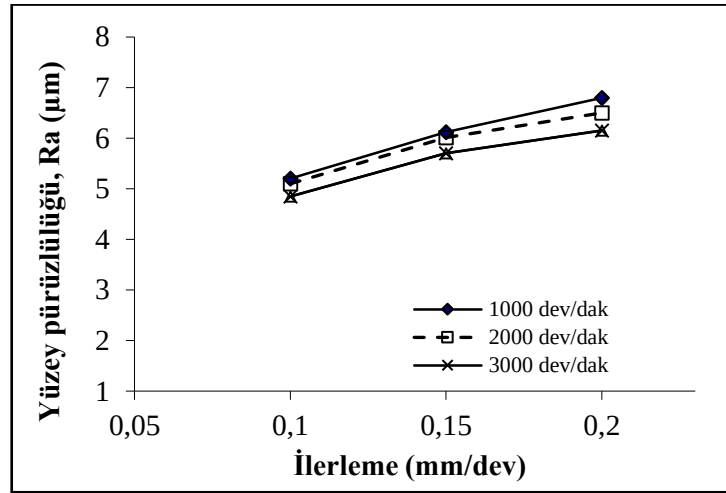
Şekil 4.58. İş mili dönme devrinin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi (2 ağızlı)



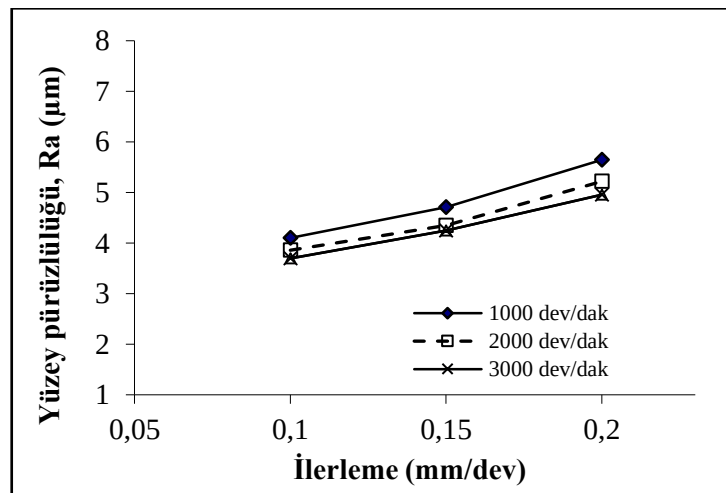
Şekil 4.59. İş mili dönme devrinin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi (3 ağızlı)



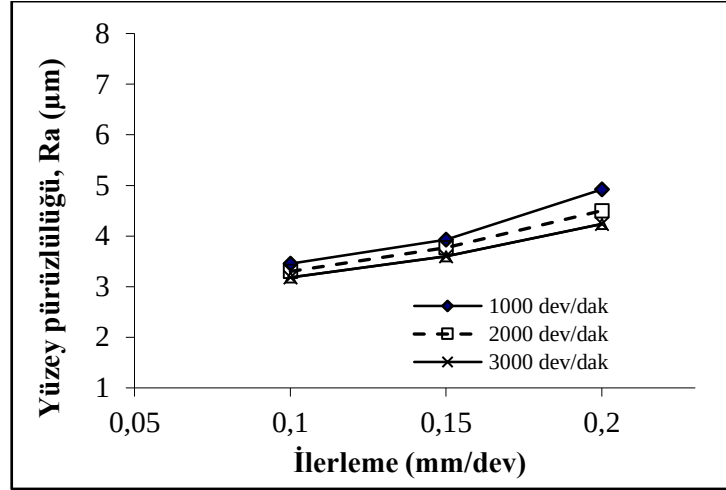
Şekil 4.60. İş mili dönme devrinin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi (4 ağızlı)



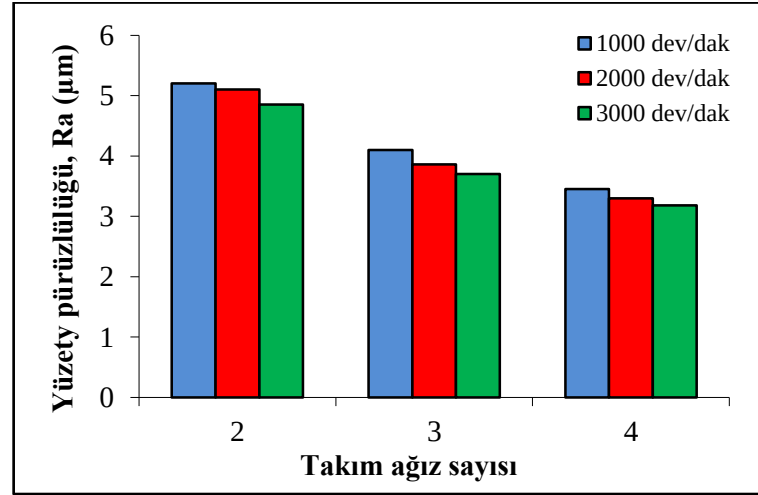
Şekil 4.61. İlerlemenin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi (2 ağızlı)



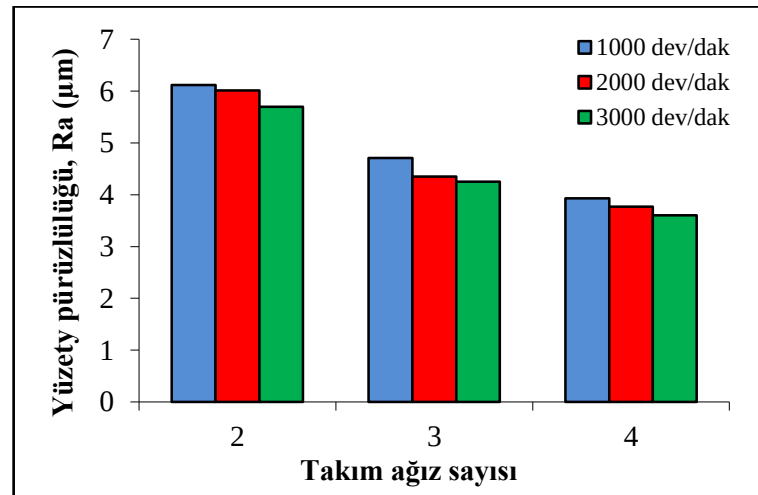
Şekil 4.62. İlerlemenin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi (3 ağızlı)



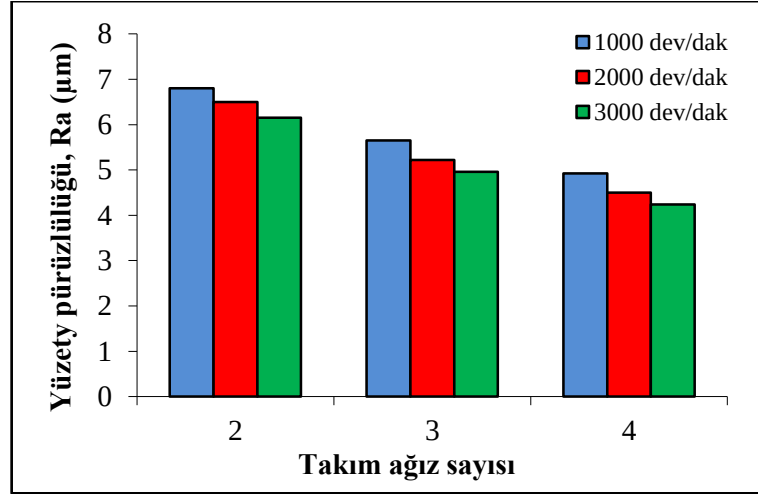
Şekil 4.63. İlerlemenin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi (4 ağızlı)



Şekil 4.64. Takım ağız sayısının yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi (0.10 mm/dev)



Şekil 4.65. Takım ağız sayısının yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi (0.15 mm/dev)



Şekil 4.66. Takım ağız sayısının yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi (0.20 mm/dev)

Şekil 4.58-4.66'daki grafiklerden, yüzey pürüzlülüğünün işleme parametrelerinden ve kesici takım ağız sayısından etilendiği görülmektedir. İş mili dönme devrinin artması ile yüzey pürüzlülüğü azalmaktadır. İş mili devrinin artması ile kesme bölgesinin sıcaklığı artmaktadır. Sıcaklığın artması ile bölgesel olarak kısmen kompozit malzemenin yapısı bozulmakta ve bunun da yüzey pürüzlülüğünü arttırdığı düşünülmektedir. Haşimi (2018) yaptığı çalışmada, CO₂ gazı kullanılarak yapılan çalışmanın işleme sıcaklığının kuru işlemeye göre daha az olduğundan yüzey pürüzlülüğünün daha düşük olmasına neden olduğunu belirtmiştir.

Yapılan deneyler sonucu, ilerleme artması ile yüzey pürüzlülüğünün arttığı görülmüştür. İlerlemenin artması ile kesici takım aynı zamanda daha fazla fiberi kesmesi gerekmektedir. Ancak bu süre içinde takım fiberleri kesecek zaman bulamamakta ve fiberleri kesmeden ziyade koparmaktadır. Fiberler koptuğu için yüzey daha kaba bir yapı olmakta ve yüzey pürüzlülüğü yüksek çıkmaktadır.

Kesici takım ağız sayısının artması ile yüzey pürüzlülüğü önemli ölçüde azalmıştır. Takım ağız sayısının artması ile kesici takımın bir devrinde iki ağızlı kesici takımında iki kez kesme işlemi oluşurken, üç ağızlıda üç kez ve dört ağızlıda dört kez kesme işlemi gerçekleşmiştir. Bu talaşın kopmadan ziyade kesilerek uzaklaştırılmasına neden olmakta ve yüzey daha pürüzsüz olmaktadır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, doğal elyaf olan rami elyaf takviyeli kompozit malzeme çekme testine tabi tutulmuş ve daha sonra bu malzemenin kanal frezelenmesinde iş mili dönme devri, ilerleme ve kesici takım ağız sayısının kesme kuvveti, kesme sıcaklığı, deformasyon faktörü ve ortalama yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri araştırılmıştır.

RETP kompozitlerin frezelenmesinde, iş mili devrinin ve ilerlemenin kesme kuvveti, kesme sıcaklığı, deformasyon faktörü ve yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri;

- İş mili devrinin artması kesme kuvvetinin artmasına neden olmuştur. Düşük iş mili devirlerinde düşük kesme kuvvetleri elde edilirken; yüksek iş mili devirlerinde yüksek kesme kuvvetleri elde edilmiştir.
- İlerlemenin artması kesme kuvveti arttırmıştır. Düşük ilerleme değerlerinde daha düşük kesme kuvveti elde edilmiştir. İlerlemenin kesme kuvveti üzerine etkisi iş mili devrinin etkisinden daha fazla olmuştur.
- Kesme sıcaklığı iş mili devrinden ve ilerlemeden etkilenmektedir. İş mili devrinin ve ilerlemenin artması kesme sıcaklığını arttırmıştır. En düşük kesme sıcaklığı 1000 dev/dak iş mili devrinde ve 0.10 mm/dev ilerleme değerinde elde edilirken en yüksek kesme sıcaklığı 3000 dev/dak iş mili devrinde ve 0.20 mm/dev ilerleme değerinde elde edilmiştir.
- Frezeleme sonucu oluşan deformasyon faktörü iş mili devrinin artması ile artmaktadır. Düşük iş mili devirlerinde deformasyon faktörü düşük çıkmaktadır.
- İlerlemenin artması deformasyon faktörünü artırmıştır. Deformasyon faktörü üzerine ilerlemenin etkisi iş mili devrinden daha fazla olmuştur.
- RETP kompozitlerin frezelenmesinde işlenmiş yüzeyin yüzey pürüzlülüğü iş mili devri ve ilerlemeden etkilenmiştir.
- İş mili devrinin artması ile yüzey pürüzlülüğü azalmıştır.
- İş mili devrinin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisinin tersine, ilerleme değeri arttığında yüzey pürüzlülüğü artmaktadır.
- En düşük yüzey pürüzlülüğü yüksek iş mili devri ve düşük ilerleme değerlerinde elde edilmiştir. En düşük yüzey pürüzlülüğü 3000 dev/dak iş mili devri ve 0.10 mm/dev ilerleme değerlerinde elde edilmiştir.

- Kesici takım ağız sayısı kesme kuvvetini etkilemektedir. Kesici takım ağız sayısının artması kesme kuvvetini düşürmektedir. En düşük kesme kuvveti dört ağızlı takımlarla elde edilirken en yüksek kesme kuvveti iki ağızlı takımlarla yapılan deneylerden elde edilmiştir.
- Kesme sıcaklığı artan kesici takım ağız sayısı ile artmıştır.
- Düşük deformasyon faktörü için ağız sayısı fazla olan kesici takımlar tercih edilmelidir.
- Yüzey pürüzlülüğü kesici takım ağız sayısının artması ile düşmüştür. İyi bir yüzey kalitesi elde etmek için kesici kenar ağız sayısı fazla olan kesici takımlar tercih edilmelidir.

KAYNAKLAR

- Alp, M.S., 2019, Jüt ve Keten Fiber Takviyeli Kompozitlerin Frezelenme Performansının Belirlenmesi Yüksek Lisans Tezi Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Batman.
- Altintas, Y., 2012, Manufacturing Automation, Metal Cutting Mechanics, Machine Tool Vibrations and CNC Design, *Cambridge University Press*, 2nd edition.
- Azmi, H., Haron, C.H.C, Ghani, J.A., Shuaily. M., Sanuddini A.B., and Song, J.H., 2016, Study and machinability effect of surface roughness in milling kenaf fiber reinforced plastic composite Unidirectional using response surface methodology, *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, 11(7), 4761-4766.
- Babu, G. D., Babu, K. S. and Gowd, B. U. M., 2013, Effect of machining parameters on milled natural fiber reinforced plastic composites, *Journal of Advanced Mechanical Engineering*, 1, 1-12.
- Bakkal, M. ve Savaş, M., 2012, Cam elyafla güçlendirilmiş doğal elyaf takviyeli kompozitlerin geliştirilmesi, *3.Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi*, 29-30 Kasım 2012, Balıkesir.
- Bakkal, M., Bodur, M. S., Berkalp, O. B. and Yilmaz, S., 2012, The effect of reprocessing on the mechanical properties of the waste fabric reinforced composites, *Journal of Material Processing Technology*, 212 (11), 2541-2548.
- Balasubramanian, K., Sultan, M.T.H., Cardona, F. And Rajeswari, N., 2016, Machining analysis of natural fibre reinforced composites using fuzzy logic, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 152, 1-7.
- Beg, M. D. H., Pickering, K. L., 2008, Accelerated weathering of unbleached and bleached kraft wood fibre reinforced polypropylene composites. *Polymer Degradation and Stability*, 93 (10), 1939–1946.
- Chegdani, F., Mezghani, S. and El Mansori, M., 2015, Experimental study of coated tools effects in dry cutting of natural fiber reinforced plastics, *Surface and Coatings Technology*, 284, 264-272.
- Chinchanikar, S. and Choudhury, S. K., 2013, Effect of work material hardness and cutting parameters on performance of coated carbide tool when turning hardened steel: An optimization approach, *Measurement*, 46, 1572–1584.
- Çakır, C. M., 1999, Modern Talaşlı İmalatın Esasları, Ceylan Matbaacılık, Bursa, Türkiye, 32-36.
- Davim, JP., Reis, P., 2004, Experimental study of drilling glass fibre reinforced plastics (GFRP), manufactured by hand lay-up, *Composites Science Technology*, Volume 64, 289–297.

- Davim, J.P, Clemente, V. C. And Silva, S., 2009 Surface roughness aspect in milling MDF, *International Journal of advanced Manufacturing Technology*, 49, 49-55.
- Dippon, J., Ren, H., Amara, F. B. and Altintas, Y., 2000, Orthogonal cutting mechanics of medium density fibreboards, *Forest Products Journal*, 50 (7/8), 25–30.
- Erkan, O., Işık, B., Cicek, A. and Kara, F, 2013, Prediction of damage factor in end milling of glass fibre reinforced plastic composites using artificial neural network. *Applied Composite Materials*, 20, 517-536.
- Faruk, O., Bledzki, A.K., Fink, H.S., Sain, M. 2012. Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000-2010, *Progress in Polymer Science*, 37, 1552-1596.
- Harun, A., Haron, H. C., Ghani, J. A., Mokhtar, S. and Ting, S. T., 2015, Study the effect of milling parameters on surface roughness during milling kenaf fibre reinforced plastic, *Advanced in Environmental Biology*, 9, 46-52.
- Haşimi, A., 2018, Cam Elyaf Takviyeli Plastik (Cetp) Kompozitlerin Delinmesinde İşleme Kalitesi Üzerine Soğutma Şartlarının Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi *Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Hocheng, H., Tsao, CC., 2006, Effects of special drill bits on drilling-induced delamination of composite materials, *International Journal Machine Tools Manufacture*, Volume 46,1403–1416.
- Hodzic, A. and Shanks, R., 2014, Natural Fibre Composites Materials, Processes and Properties, Woodhead Publishing Series in Composites Science and Engineering: Number 47.
- Jawaid, M., Khalil, H. A., 2011, Cellulosic/synthetic fibre reinforced polymer hybrid composites: A review. *Carbohydrate Polymers*, 86(1), 1–18.
- Jayabal. S, Natarajan. U. and Sekar. U, 2011, Regression modeling and optimization of machinability behavior of glass-coir polyester hybrid composite using factorial methodology, *Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 55, 263-273.
- Jayabal. S. and Natarajan. U, 2010, Optimization of thrust force, torque and tool wear in drilling of coir fiber-reinforced composites using Nelder-Mead and genetic algorithm methods, *Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 51, 371-381.
- Joshi, S.V., Drzal, L.T., Mohanty, A.K., Arora, S. 2004. Are natural fiber composites environmentally superior to glass fiber reinforced composites, *Science Direct Composites: Part A* 35, 371-376.
- Karpat, Y., Bahtiyar, O., Değer, B. 2012. Milling Force Modelling of Multidirectional Carbon Fiber Reinforced Polymer Laminates *Sciverse ScienceDirect*, 460-465.
- Kaynak, Y., Karaca, H., Jawahir, I.S. 2011, Cryogenic machining of NiTi shapememoryalloy. *6th Int. Conferenceand Exhibition on Design and Production of Machinesand Dies/Molds*, 23–26 June, Ankara,Turkey,123-128.

- Kılıçkap, A. (2018), Farklı Oryantasyon Açılarına Sahip Jüt Takviyeli Kompozitlerin Frezelenmesinin Araştırılması, *Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek lisans tezi, Batman.
- Krishnamorthy, A., Boopathy, S. R. and Palanikumar, K., 2009, Delamination analyses in drilling of CFRP composites using response surface methodology. *Journal of Composite Materials*, 43, 2885-2902.
- Ku, H., Wang, H., Pattarachaiyakoop, N., Trada, M. 2011. A review on the tensile properties of natural fiber reinforced polymer composites *Composites: Part B* 42, 856-873.
- La Mantia, F.P., Morreale, M. 2011. Green Composites: A brief review, *Composites: Part A*, 42, 579-588.
- Lau, A. K. and Cheung, K. H. Y., 2017, Natural Fiber-Reinforced Biodegradable and Bioresorbable Polymer Composites, Lau, A. K. and Hung A.P.Y., *Natural Fiber-Reinforced Biodegradable and Bioresorbable Polymer Composites*, Woodhead Publishing.
- Malkapuram, R., Kumar, V., Neg, Y., 2009, Recent Development in Natural Fiber Reinforced Polypropylene Composites. *Compos.* 2009, 28(10), 1169–1189.
- Messiry, M. E., 2017, Natural Fiber Textile Composite Engineering, *Apple Academic Press*, Inc.
- Miklaszewski, S., Zurek, M., Beer, P. and Sokolowska, A., 2000, Micromechanism of polycrystalline cemented diamond tool wear during milling of wood-based materials, *Diamond and Related Materials*, 9, 1125-1128.
- Morton, W.E. and Hearle, J.W.S. (1975), *Physical Properties of Textile Fibres*, 2nd ed., John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Nassar, M. M. A., Arunachalam R., and Alzebedeh, K. I., 2017, Machinability of natural fiber reinforced composites: a review, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 88, 2985-3004.
- Palanikumar, K., Davim, J. P., 2007, Mathematical model to predict tool wear on the machining of glass fiber reinforced plastic Composites, *Materials & Design*, Vol:28, No:7, pp: 2008- 2014.
- Prabu, L., Vinoth, A., Senthilkumar, Dr.M. 2016. Experimental Investigation on Mechanical Properties of Hybrid and Rice Husk Fiber Reinforced Polyester Based Composite for Truck Body Application, *International Journal Of Innovative Technology And Research*, 2857-2863.
- Ramesh, M., K. Palanikumar, K. and Reddy, H., 2017, Plant fibre based bio-composites: Sustainable and renewable green materials, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79, 558-584

- Sağır, H.O., 2016, Jüt ve keten takviyeli karma kompozitlerin mekanik özellikleri, Dokuz Eylül Üniversitesi / *Fen Bilimleri Enstitüsü*
- Sandvik, C., 1994 “Modern Metal Cutting”, Sweden, s. 2-61.
- Sankara, B. R., Umamaheswarrao, P., Srinivasulu, V. and Chowdari, G. K., 2015, Optimization of Milling Process on Jute Polyester Composite using Taguchi based Grey Relational Analysis coupled with Principle Component Analysis, *Materials Today: Proceedings*, 2, 2522-2531.
- Suresh, R., Basavarajappa, S., Gaitonde, V. N. and Samuel, G. L., 2012, Machinability investigations on hardened AISI 4340 steel using coated carbide insert, *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, 33, 75–86.
- Tsao, C. C. and H. Hocheng, 2004, Taguchi analysis of delamination associated with various drill bits in drilling of composite material, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 44(10), 1085-1090.
- Ventura, C. E. H. and Hassui, A., 2013, Modeling of cutting forces in helical milling by analysis of tool contact angle and respective depths of cut, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 68, 2311–2319.
- Vinayagamoorthy, R. and Rajeswari, N., 2012, Analysis of cutting forces during milling of natural fibered composites using fuzzy logic, *International Journal of Composite Materials and Manufacturing*, 2, 15-21.
- Yan, L., Chouw, N. and Jayaraman, K., 2014, Flax fibre and its composites. *Composites Part B*, 56, 296-317.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Mehmet ÖZDEMİR
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : ORTA/08.01.1987
Telefon : 544 2822528
Faks :
e-mail : mehmet_72100@hotmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Fatih Lisesi	2003
Üniversite	: Batman Üniversitesi	2013
Yüksek Lisans	: Batman Üniversitesi	-

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2015	TÜMAŞ	Müşavir
2017	K.Y.K	Memur

UZMANLIK ALANI

Konstrüksiyon ve İmalât

YABANCI DİLLER

İngilizce

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR