



T.C.

**BATMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**CAM ELYAF TAKVİYELİ PLASTİK (CETP)
KOMPOZİTLERİN DELİNMESİNDE İŞLEME
KALİTESİ ÜZERİNE SOĞUTMA
ŞARTLARININ ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

Ahmet HAŞİMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

**MAYIS-2018
BATMAN
Her Hakkı Saklıdır**

TEZ KABUL VE ONAYI

Ahmet HAŞİMİ tarafından hazırlanan "CAM ELYAF TAKVİYELİ PLASTİK (CETP) KOMPOZİTLERİN DELİNMESİNDE İŞLEME KALİTESİ ÜZERİNE SOĞUTMA ŞARTLARININ ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI" adlı tez çalışması 03.05.2018 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

Doç. Dr. Çetin ÖZAY

Danışman

Doç. Dr. Erol KILIÇKAP

Üye

Doç. Dr. Yahya Hışman ÇELİK

İmza

(Handwritten signatures of the jury members)

Yukarıdaki sonucu onaylıyorum.

Doç. Dr. Bahattin İSÇAN



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.

Ahmet HAŞİMİ

Tarih:03/05/2018



ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

CAM ELYAF TAKVİYELİ PLASTİK (CETP) KOMPOZİTLERİN DELİNMESİNDE İŞLEME KALİTESİ ÜZERİNE SOĞUTMA ŞARTLARININ ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Ahmet HAŞİMİ

Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Doç. Dr. Erol KILIÇKAP

2018, 94 Sayfa

Jüri

Doç. Dr. Çetin ÖZAY
Doç. Dr. Erol KILIÇKAP
Doç. Dr. Yahya Hışman ÇELİK

Kompozit malzemelerin kullanımı, hafif olmaları ve aynı zamanda yüksek özgül dayanım, yüksek tokluk, kırılma dayanımı ve iyi boyutsal özellikleri koruması vb. özelliklerinden dolayı son yıllarda büyük oranda artmaktadır. Kompozit malzemelerin endüstriyel uygulamalarının artmasından dolayı, montaj için bu malzemelerin delme gibi talaşlı işlenmesini gerektirmektedir. Ancak bu malzemelerin delinmesinde deformasyon gibi bazı problemlerle karşılaşmaktadır.

Bu çalışmada, cam elyaf takviyeli plastik (CETP) kompozitlerin delinmesinde iş mili devri, ilerleme ve soğutma ortamının kesme kuvveti, deformasyon, yüzey pürüzlülüğü ve sıcaklık üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Deneysel, WC matkaplar kullanılarak farklı delme parametrelerinde (1000, 2000 ve 3000 dev/dak iş mili devri ve 0.05, 0.1 ve 0.15 mm/dev ilerleme) ve kuru, basınçlı hava ve CO₂ gazı gibi farklı soğutma ortamında yapılmıştır. Deneysel sonuçlardan, bulanık mantık yöntemi kullanılarak tahmin modelleri geliştirildi. Daha sonra, bu modellerden elde edilen değerler ile deneysel sonuçlar karşılaştırıldı.

Anahtar kelimeler: Bulanık mantık, Deformasyon, Delik delme, Kesme kuvvetleri, Kompozitler

ABSTRACT

MS THESIS

THE INVESTIGATION OF THE EFFECT OF COOLING CONDITIONS ON DRILLING PARAMETERS IN DRILLING OF GLASS FIBER REINFORCED PLASTIC (GFRP) COMPOSITES

Ahmet HAŞİMİ

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
BATMAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE / DOCTOR OF PHILOSOPHY
IN MECHANICAL ENGINEERING**

Assoc. Prof.Dr. Erol KILIÇKAP

2018, 94 Pages

JURY

Assoc. Prof.Dr. Çetin ÖZAY

Assoc. Prof.Dr. Erol KILIÇKAP

Assoc. Prof.Dr. Yahya Hışman ÇELİK

The use of composite materials has greatly increased in recent years due to its some characteristics such as high strength-to-weight ratios, high specific strength, high corrosion resistance, high toughness, high fracture strength and high dimensional properties. Due to the increased industrial applications of composite materials, for assembly these materials need hole. However, some problems such as deformation are encountered in the drilling of these materials.

In this study, the effect of spindle speed, feed and cooling environment on the cutting force, delamination, surface roughness and temperature in drilling of glass fiber reinforced plastic (CETP) composites were investigated. Experiments were carried out at different drilling parameters (1000, 2000 and 3000 rpm spindle speed and 0.05, 0.1 and 0.15 mm/rev feed rate) and different cooling environments such as dry, pressure air and CO₂ gas using WC drills. From the results obtained from the experiments, prediction models were developed using the fuzzy logic method. Then, the experimental results were compared with the values obtained from these models.

Keywords: Composites, Cutting forces, Delamination, Drilling, Fuzzy logic

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında, tez konusunun seçiminden çalışmaların tamamlanmasına ve yazılmasına kadar olan süreçte değerli yardımlarını eksik etmeyen ve bana sürekli yol gösteren tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Erol KILIÇKAP'a, çalışma boyunca desteklerini esirgemeyen ve tezime destek veren değerli hocalarım Sayın Doç. Dr. Yahya Hışman ÇELİK'e, Sayın Arş. Gör. Dr. Burak YENİGÜN 'e, Sayın Doç. Dr. Ahmet YARDIMEDEN'e, deneylerin yapılmasında bana labaratuvar imkânlarını tanıyan Dicle Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölüm Başkanı Sayın Doç. Dr. Vadat ORUÇ'a ve Batman Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölüm Başkanı Sayın Doç. Dr. Hüseyin AYDIN'a teşekkür ederim.

Şuana kadar ki yaşantımda büyük fedakârlıklar yapan, sevgileriyle bana büyük moral veren, beni sürekli destekleyen ve motive eden aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ahmet HAŞİMİ
BATMAN-2018

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Kompozit Malzemeler	2
1.2. Kompozit Malzemelerin Avantajları	4
1.3. Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması	4
1.3.1. Kompozitlerin takviye elemanına göre sınıflandırılması.....	5
1.3.1.1. Partikül takviyeli kompozitler	5
1.3.1.2. Fiber takviyeli kompozitler.....	6
1.3.1.3. Tabakalı kompozitler	6
1.3.1.4. Doldurulmuş kompozitler	6
1.3.2. Kompozitlerin matris malzemesine göre sınıflandırılması	6
1.4. Elyaf Takviyeli Kompozit Malzemeler	7
1.5. Kompozit Malzemelerde Kullanılan Elyaf ve Özellikleri	7
1.5.1. Cam elyaflar	8
1.5.2. Bor elyaflar	9
1.5.3. Silisyum karbür elyaflar	9
1.5.4. Grafit (Karbon) elyaflar	9
1.5.5. Aramid elyaflar	10
1.6. Delik Delme İşlemi	10
1.7. Kompozitlerin Delinmesinde Kullanılan Kesici Takımlar	11
1.7.1. Karbonlu ve alaşımlı takım çelikleri	12
1.7.2. Yüksek hız çelikleri (HSS)	12
1.7.3. Sert alaşımlar (Stellite)	12
1.7.4. Sert maden uçlu kesiciler	12
1.7.5. Sermetler	13
1.7.6. Seramikler	13
1.7.7. Kübik bor nitrid	13
1.7.8. Elmas	13
1.8. Deformasyon ve Deformasyon Faktörünün Hesabı	14
1.9. Talaşlı İmalatta Kullanılan Soğutucular	15
1.9.1. Karbondioksit (CO ₂)	15
1.9.2. Azot (N)	15
1.9.3. Helyum (He)	16
1.9.4. Argon (Ar)	16
1.9.5. Oksijen (O)	16

1.10. Yüzey Kalitesi ve Yüzey Pürüzlülüğü.....	16
1.11. Bulanık Mantık (Fuzzy Logic)	19
1.12. Bulanık Mantığın Tarihçesi	20
1.13. Bulanık Mantığın Avantaj ve Dezavantajları	20
1.14. Bulanık Mantığın Kullanım Alanları ve Yapılan Bazı Çalışmalar	21
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	23
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	29
3.1. Deneylede Kullanılan Kompozit Malzeme	29
3.2. Deneyle Parametrelerinin Belirlenmesi	29
3.3. Deneylede Kullanılan Kesici Takım	30
3.4. Deneylede Kullanılan Soğutucular	30
3.5. Deneylede Kullanılan Tezgâh.....	31
3.6. Kesme Kuvvetlerinin Ölçümü	32
3.7. Yüzey Pürüzlülüğünün Ölçümü.....	33
3.8. Sıcaklık Ölçümü	34
3.9. Deformasyon Ölçümü.....	35
3.10. Deneysel Çalışmaların Yapılışı	35
3.11. Bulanık Mantık Analizi	36
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	41
4.1. Delme Parametrelerinin Kesme Kuvveti Üzerine Etkisi	42
4.2. Delme Parametrelerinin Delme Sıcaklığına Etkisi	54
4.3. Delme Parametrelerinin Deformasyon Faktörüne Etkisi	58
4.4. Delme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	63
4.5. Deneyle Sonuçlarının Bulanık Mantık ile Karşılaştırılması.....	66
4.5.1. Delme parametrelerin kesme kuvvetine etkisi.....	71
4.5.2. Delme parametrelerin sıcaklığa etkisi.....	71
4.5.3. Delme parametrelerin deformasyona etkisi	71
4.5.4. Delme parametrelerin yüzey pürüzlülüğüne etkisi	71
5. SONUÇLAR.....	84
KAYNAKLAR	86
ÖZGEÇMİŞ	94

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1.Boeing 787 yolcu uçağında kullanılan malzemeler (www.boeing.com).....	3
Şekil 1.2.Takviye elemanının şekline göre kompozit malzemelerin sınıflandırılması (Güven, 2014).	5
Şekil 1.3.Farklı şekilli elyaf takviyeli kompozitler (Şahin, 2006).	7
Şekil 1.4.Delik çevresinde oluşan deformasyon görüntüsü	14
Şekil 1.5.Yüzey pürüzlülüğü ile ilgili örnekler (Akkurt,1985).....	17
Şekil 1.6.Ra ile Rp arasındaki ilişki (Akkurt,1985).....	18
Şekil 1.7.Yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi (Akkurt,1985).....	19
Şekil 1.8.Yüzey kalitesini tayin eden faktörler (Akkurt, 1985)	19
Şekil 3.1.Nozulun iş parçası üzerindeki konumu.....	31
Şekil 3.2.CNC işleme merkezi.....	31
Şekil 3.3.Kıstlar 9257B piezo-elektrik dinamometre.....	32
Şekil 3.4.Kıstlar 5070-A çok kanallı amplifier	33
Şekil 3.5.İş parçasının dinamometreye bağlantı şekli.....	33
Şekil 3.6.Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı	34
Şekil 3.7.Sıcaklık ölçümünde kullanılan termal kamera.....	34
Şekil 3.8.Delme deney düzeneğinin şematik resmi	35
Şekil 3.9.CO ₂ soğutma şartında 9 nolu deney sonucunda elde edilen termal kamera görüntüsü.	36
Şekil 3.10.Giriş ve Çıkış Üyelik Fonksiyonları	36
Şekil 3.11.Bulanık mantık giriş parametresi-devir	37
Şekil 3.12.Bulanık mantık giriş parametresi-ilerleme.....	37
Şekil 3.13.Bulanık mantık giriş parametresi-soğutucular	37
Şekil 3.14.Bulanık mantık çıkış parametresi-kesme kuvveti.	38
Şekil 3.15.Bulanık mantık çıkış parametresi-sıcaklık	38
Şekil 3.16.Bulanık mantık çıkış parametresi-deformasyon faktörü.	36
Şekil 3.17.Bulanık mantık çıkış parametresi-yüzey pürüzlülüğü.....	39
Şekil 3.18.Giriş parametrelerine bağlı tahmini çıkış sonucu.	40
Şekil 4.1. 1 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği(Kuru, n=1000 dev/dak, f=0.05 mm/dev).....	43
Şekil 4.2.2 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği(Kuru, n=1000 dev/dak, f=0.10 mm/dev).....	43
Şekil 4.3.3 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği(Kuru, n=1000 dev/dak, f=0.15 mm/dev).....	43
Şekil 4.4.4 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği(Kuru, n=2000 dev/dak, f=0.05 mm/dev).....	44
Şekil 4.5.5 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği(Kuru, n=2000 dev/dak, f=0.10 mm/dev).....	44
Şekil 4.6.6 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği(Kuru, n=2000 dev/dak, f=0.15 mm/dev).....	44
Şekil 4.7.7 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği(Kuru, n=3000 dev/dak, f=0.05 mm/dev).....	45
Şekil 4.8.8 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği(Kuru, n=3000 dev/dak, f=0.10 mm/dev).....	45
Şekil 4.9.9 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği(Kuru, n=3000 dev/dak, f=0.15 mm/dev).....	45
Şekil 4.10.10 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği(B.Hava, n=1000 dev/dak, f=0.05 mm/dev)....	46
Şekil 4.11.11 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği(B.Hava, n=1000 dev/dak, f=0.10 mm/dev)....	46
Şekil 4.12.12 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği(B.Hava, n=1000 dev/dak, f=0.15 mm/dev)....	46
Şekil 4.13.13 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği(B.Hava, n=2000 dev/dak, f=0.05 mm/dev)....	47
Şekil 4.14. 14nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği(B.Hava, n=2000 dev/dak, f=0.10 mm/dev)....	47
Şekil 4.15.15 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği(B.Hava, n=2000 dev/dak, f=0.15 mm/dev)....	47
Şekil 4.16.16nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği(B.Hava, n=3000 dev/dak, f=0.05 mm/dev)....	48
Şekil 4.17.17nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği(B.Hava, n=3000 dev/dak, f=0.10 mm/dev)....	48
Şekil 4.18.18nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği(B.Hava, n=3000 dev/dak, f=0.15 mm/dev)....	48
Şekil 4.19.19nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği(CO ₂ , n=1000 dev/dak, f=0.05 mm/dev)	49
Şekil 4.20.20nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği(CO ₂ , n=1000 dev/dak, f=0.10 mm/dev)	49
Şekil 4.21.21nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği(CO ₂ , n=1000 dev/dak, f=0.15 mm/dev)	49
Şekil 4.22. 22nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği(CO ₂ , n=2000 dev/dak, f=0.05 mm/dev)	50
Şekil 4.23.23nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği(CO ₂ , n=2000 dev/dak, f=0.10 mm/dev)	50
Şekil 4.24.24nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği(CO ₂ , n=2000 dev/dak, f=0.15 mm/dev)	50
Şekil 4.25.25nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği(CO ₂ , n=3000 dev/dak, f=0.05 mm/dev)	51
Şekil 4.26.26 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği(CO ₂ , n=3000 dev/dak, f=0.10 mm/dev)	51
Şekil 4.27. 27 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği(CO ₂ , n=3000 dev/dak, f=0.15 mm/dev)	51
Şekil 4.28.İlerlemenin kesme kuvveti üzerine etkisi (Kuru).....	52
Şekil 4.29. İlerlemenin kesme kuvveti üzerine etkisi (Basınçlı hava)	52
Şekil 4.30. İlerlemenin kesme kuvveti üzerine etkisi (CO ₂)	52

Şekil 4.31. İş mili devrinin kesme kuvveti üzerine etkisi (Kuru).....	53
Şekil 4.32. İş mili devrinin kesme kuvveti üzerine etkisi (Basınçlı Hava)	53
Şekil 4.33. İş mili devrinin kesme kuvveti üzerine etkisi (CO ₂).....	53
Şekil 4.34. Delme ortamının kesme kuvveti üzerine etkisi (2000 dev/dak).....	54
Şekil 4.35. Termal kamera görüntüsü (Kuru, 1000 dev/dak, 0.05 mm/dev).....	55
Şekil 4.36. Termal kamera görüntüsü (Basınçlı hava, 2000 dev/dak, 0.10 mm/dev).....	55
Şekil 4.37. Termal kamera görüntüsü (CO ₂ , 3000 dev/dak, 0.15 mm/dev)	55
Şekil 4.38. İlerlemenin kesme kuvveti üzerine etkisi (Kuru).....	56
Şekil 4.39. İlerlemenin kesme kuvveti üzerine etkisi (Basınçlı Hava)	56
Şekil 4.40. İlerlemenin kesme kuvveti üzerine etkisi (CO ₂)	56
Şekil 4.41. İş mili devrinin kesme kuvveti üzerine etkisi (f=0.1 mm/dev)	57
Şekil 4.42. Delme ortamının kesme kuvveti üzerine etkisi (3000 dev/dak).....	57
Şekil 4.43. İlerleme oranının deformasyon faktörü üzerine etkisi (Kuru)	61
Şekil 4.44. İlerleme oranının deformasyon faktörü üzerine etkisi (Basınçlı Hava)	61
Şekil 4.45. İlerleme oranının deformasyon faktörü üzerine etkisi (CO ₂).....	61
Şekil 4.46. İş mili devrinin deformasyon faktörü üzerine etkisi (Kuru)	62
Şekil 4.47. Delme ortamının kesme kuvveti üzerine etkisi (1000 dev/dak).....	62
Şekil 4.48. İlerleme oranının yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi (Kuru)	64
Şekil 4.49. İlerleme oranının yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi (Basınçlı Hava).....	64
Şekil 4.50. İlerleme oranının yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi (CO ₂)	64
Şekil 4.51. İş mili devrinin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi (Kuru).....	65
Şekil 4.52. Delme ortamının kesme kuvveti üzerine etkisi (3000 dev/dak).....	65
Şekil 4.53. Kuru ortam şartında ilerleme ve iş mili devrinin kesme kuvveti üzerine etkisi	67
Şekil 4.54. Kuru ortam şartında ilerleme ve iş mili devrinin sıcaklık üzerine etkisi.....	67
Şekil 4.55. Kuru ortam şartında ilerleme ve iş mili devrinin deformasyon faktörü üzerine etkisi.....	67
Şekil 4.56. Kuru ortam şartında ilerleme ve iş mili devrinin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi	68
Şekil 4.57. Basınçlı hava şartında ilerleme ve iş mili devrinin kesme kuvveti üzerine etkisi	68
Şekil 4.58. Basınçlı hava şartında ilerleme ve iş mili devrinin sıcaklık üzerine etkisi	68
Şekil 4.59. Basınçlı hava şartında ilerleme ve iş mili devrinin deformasyon faktörü üzerine etkisi.....	69
Şekil 4.60. Basınçlı hava şartında ilerleme ve iş mili devrinin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi	69
Şekil 4.61. CO ₂ şartında ilerleme ve iş mili devrinin kesme kuvveti üzerine etkisi	69
Şekil 4.62. CO ₂ şartında ilerleme ve iş mili devrinin sıcaklık üzerine etkisi	70
Şekil 4.63. CO ₂ şartında ilerleme ve iş mili devrinin deformasyon faktörü üzerine etkisi	70
Şekil 4.64. CO ₂ şartında ilerleme ve iş mili devrinin yüzey pürüzlülük faktörü üzerine etkisi	70
Şekil 4.65. Kesme Kuvveti İçin Regresyon Analizi ve Bulanık Mantık Arasındaki İlişki(Kuru)	72
Şekil 4.66. Kesme Kuvveti İçin Deneysel ve Bulanık Mantık Sonuçlarının Kıyaslanması(Kuru)	72
Şekil 4.67. Sıcaklık İçin Regresyon Analizi ve Bulanık Mantık Arasındaki İlişki(Kuru)	73
Şekil 4.68. Sıcaklık İçin Deneysel ve Bulanık Mantık Sonuçlarının Kıyaslanması (Kuru).....	73
Şekil 4.69. Deformasyon İçin Regresyon Analizi ve Bulanık Mantık Arasındaki İlişki(Kuru).....	74
Şekil 4.70. Deformasyon İçin Deneysel ve Bulanık Mantık Sonuçlarının Kıyaslanması (Kuru)	74
Şekil 4.71. Pürüzlülük İçin Regresyon Analizi ve Bulanık Mantık Arasındaki İlişki(Kuru).....	75
Şekil 4.72. Pürüzlülük İçin Deneysel ve Bulanık Mantık Sonuçlarının Kıyaslanması (Kuru)	75
Şekil 4.73. Kesme Kuvveti İçin Regresyon Analizi ve Bulanık Mantık Arasındaki İlişki(Basınçlı Hava) ..	76
Şekil 4.74. Kesme Kuvveti İçin Deneysel ve Bulanık Mantık Sonuçlarının Kıyaslanması(Basınçlı Hava) ..	76
Şekil 4.75. Sıcaklık İçin Regresyon Analizi ve Bulanık Mantık Arasındaki İlişki(Basınçlı Hava)	77
Şekil 4.76. Sıcaklık İçin Deneysel ve Bulanık Mantık Sonuçlarının Kıyaslanması (Basınçlı Hava).....	77
Şekil 4.77. Deformasyon İçin Regresyon Analizi ve Bulanık Mantık Arasındaki İlişki(Basınçlı Hava)	78
Şekil 4.78. Deformasyon İçin Deneysel ve Bulanık Mantık Sonuçlarının Kıyaslanması (Basınçlı Hava) ...	78
Şekil 4.79. Pürüzlülük İçin Regresyon Analizi ve Bulanık Mantık Arasındaki İlişki(Basınçlı Hava).....	79
Şekil 4.80. Pürüzlülük İçin Deneysel ve Bulanık Mantık Sonuçlarının Kıyaslanması (Basınçlı Hava)	79
Şekil 4.81. Kesme Kuvveti İçin Regresyon Analizi ve Bulanık Mantık Arasındaki İlişki(CO ₂).....	80
Şekil 4.82. Kesme Kuvveti İçin Deneysel ve Bulanık Mantık Sonuçlarının Kıyaslanması(CO ₂)	80
Şekil 4.83. Sıcaklık İçin Regresyon Analizi ve Bulanık Mantık Arasındaki İlişki(CO ₂)	81
Şekil 4.84. Sıcaklık İçin Deneysel ve Bulanık Mantık Sonuçlarının Kıyaslanması(CO ₂)	81
Şekil 4.85. Deformasyon İçin Regresyon Analizi ve Bulanık Mantık Arasındaki İlişki(CO ₂).....	82
Şekil 4.86. Deformasyon İçin Deneysel ve Bulanık Mantık Sonuçlarının Kıyaslanması(CO ₂)	82
Şekil 4.87. Pürüzlülük İçin Regresyon Analizi ve Bulanık Mantık Arasındaki İlişki(CO ₂)	83
Şekil 4.88. Pürüzlülük İçin Deneysel ve Bulanık Mantık Sonuçlarının Kıyaslanması(CO ₂).....	83

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Tablo 3.1. EP GC 203 kompozitin mekanik özellikleri	29
Tablo 3.2. Deneylerde kullanılan parametreler	30
Tablo 3.3. Termal kamera özellikleri.....	32
Tablo 3.4. Deneylerde kullanılan dinamometrenin teknik özellikleri.....	34
Tablo 4.1. Kuru delme ortamında elde edilen değerler	41
Tablo 4.2. Basınçlı hava ile delme ortamında elde edilen değerler	41
Tablo 4.3. CO ₂ gazı ile delme ortamında elde edilen değerler.....	42
Tablo 4.4. Kuru delme ortamında elde edilen deformasyon görüntüleri	59
Tablo 4.5. Basınçlı hava ile delmede elde edilen deformasyon görüntüleri	60
Tablo 4.6. CO ₂ gazı ortamında yapılan delmede elde edilen deformasyon görüntüleri.....	60



1. GİRİŞ

Kompozit malzemeler; düşük yoğunluk, yüksek özgül dayanım, sertlik, yüksek kırılma dayanımları, toklukları, korozyon dirençleri gibi özelliklerinden dolayı metaller ile karşılaştırıldıklarında geniş kullanım alanlarına sahiptirler. Elyaf takviyeli plastik (ETP) kompozitler, kompozit malzemeler içerisinde en yaygın kullanılan malzeme türüdür. Bu malzemeler üstün özelliklerinden dolayı uzay, havacılık, otomotiv, denizcilik, robot, nükleer endüstrisi ve kimya sanayi gibi farklı mühendislik uygulamalarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadırlar. ETP kompozitler ilk kez 1950'lerde ticari uçaklarda birkaç küçük parçada kullanılırken, 1980'lerde Boeing 707 uçağının yapımında % 2 ve Airbus A310-300'de % 5 kullanılmıştır. Kompozit malzemelerin gelişmesi ile Boeing ve Airbus firmaları farklı uçak modellerinde kompozit malzeme kullanımını % 5'lerden % 50'lere kadar yükseltmiştir. 2013 yılında üretilen 787 Dreamliner ile Boeing, uçak gövdesi ve kanatlarının tamamına yakını kompozitlerden üreten ilk uçak firması oldu. Bu malzemelerin kullanım ve üstün mekanik özelliklerine rağmen, kompozit parçaların üretilmesinde zorluklar mevcuttur. ETP kompozit malzemeler, elle yatırma, reçine transfer, püskürtme, basınç altında kalıplama, vakum altında kalıplama gibi yöntemler kullanılarak üretilmektedirler. Bu malzemeler, istenilen nihai forma yakın şekilde üretilmelerine rağmen kompozit parçalar genellikle boyut toleransı, yüzey kalitesi ve diğer fonksiyonel özellikleri karşılamaları için ikinci bir işlem gereklidir. İkinci bir işlem olarak tornalama, frezeleme ve delme gibi talaşlı imalat yöntemleri kullanılmaktadır.

Endüstride, ETP kompozitlerden oluşan parçaların birleştirilmesinde delme işlemi kullanılarak çok sayıda delik oluşturulmaktadır. Küçük bir uçakta 100.000'den daha fazla delik olduğu ve büyük bir uçağın imalatında ise milyonlarca delik ihtiyacının olduğu bilinmektedir (Arul ve ark., 2006). Ancak bu malzemelerin delinmesinde, elyaf kırılması ve kopması, elyaf çekmesi, matris çatlaması, elyaf/matris ayrılması, delik bölgesinde ve delik yüzeyinde hasar oluşumu gibi birçok deformasyon oluşmaktadır. Endüstride delme işlemi sırasında meydana gelen bu hasarlar yüzünden birçok parça kullanılamamaktadır. Örneğin uçak sanayisinde meydana gelen bu hasarlardan ötürü parçaların % 60'ı kabul edilmemektedir (Khashaba, 2007).ETP kompozitlerin delinmesinde oluşan hasarların büyüklüğü kompoziti oluşturan elyafın türüne, açısına ve özelliklerine, kesici takım malzemesi ve geometrisine, kesme parametrelerine doğrudan bağlıdır. ETP kompozitlerin delinmesinde matris malzemesinin (epoksi)

düşük ısı iletkenliğinden dolayı, kesme sırasında oluşan ısı dışarıya atılamamakta ve sıcaklık artmaktadır. Artan sıcaklık matris malzemesinin yumuşamasına ve delme delik civarında hasarlara neden olmaktadır. ETP kompozitlerin delinmesinde oluşan bu hasarlardan dolayı kompozit malzemenin mekanik özelliklerinde önemli ölçüde düşmeler oluşmaktadır. Yüksek sıcaklık, kesici takımında farklı aşınmalara neden olarak takım ömrünün tahminlerden daha erken sürede tükenmesine yol açmaktadır. Bu nedenlerden dolayı, malzemelerin delinmesinde sıcaklık ölçümü ve yüksek sıcaklığın neden olduğu hasarların azaltılması için sıcaklığın düşürülmesi yani soğutucu kullanılması ile ilgili birçok bilimsel araştırma yapılmaktadır (Rivero ve arkadaşları, 2006).

Bu tezin amacı; cam elyaf takviyeli plastik (CETP) kompozitlerin delinmesinde oluşan deformasyon, sıcaklık ve yüzey pürüzlüğü üzerine iş mili devri ve ilerleme gibi kesme parametreleri ile soğutma şartlarının etkisinin araştırılması ve CETP kompozitlerin delinmesinde en uygun işleme parametrelerinin belirlenmesidir.

1.1. Kompozit Malzemeler

Kompozit malzemeler kısacası makro ölçülerde birbirinden ayrı iki veya daha fazla malzemelerin ara yüzey boyunca bir araya gelmesiyle meydana gelen malzemeler olarak ifade edilmektedir. Bir diğer ifadeyle, birbiri içerisinde ayrıışmayan, birden çok malzemenin bir arada toplanmasıyla meydana gelen malzemelerdir. Malzeme yapısını bir arada tutan, takviye malzemelerini korumaya alan ve malzemeye gelen kuvveti takviye malzemelerine ulaştıran bir ana matris ile yük taşıyıcı takviye malzemesinden meydana gelmektedir. Kompozit malzemeleri oluşturan matris ve takviye elemanları fiziksel özelliklerini muhafaza etmektedir (Rosato, 1997).

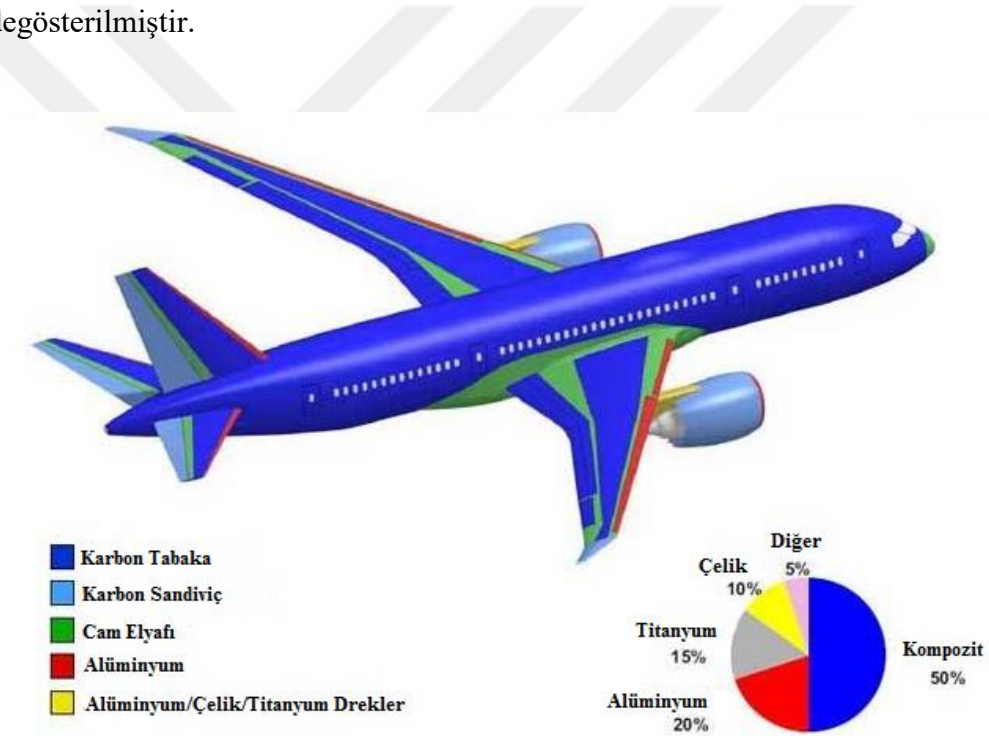
Kompozit malzemeler yeni olmasına rağmen, kullanılmaya başlanması çok eski dönemlere kadar dayanmaktadır. Sümerler ile kullanılmaya başlanılan ve çağımızda da hala kullanılmasına devam edilen kerpiç, kompozit malzemesinin tüm özelliklerini taşımaktadır (Akbulut, 2013; Schwartz, 1997).

Bir malzemenin kompozit sayılabilmesi için;

- ✓ İnsanlar tarafından imal edilmelidir,
- ✓ Değişik bileşenleri olmalı ayrıca kimyasal olarak birbirlerinden ayrı en az iki malzemenin birleştirilmesiyle üretilmeli,

- ✓ Kompozit malzemeleri bir araya getiren kaynaklar üç boyutlu olarak birleşme sağlamalıdır,
- ✓ Kompozit malzemeler, kendisini meydana getiren, bileşenlerin özelliklerinden çok daha üstün performans göstermelidirler. Kısacası tek başlarına bileşenlerin sahip olmadıkları özelliklere sahip olmalıdırlar (Akbulut, 2013).

Seramik, polimer ve metal malzemelerin çeşitli birleşimleriyle oluşabilen kompozitler, malzemelerin tek başlarına sahip olmadıkları özelliklerini gösterebilmektedirler. Bu niteliklerden ötürü kompozit malzemeler çağımızın en etkin mühendislik malzemeleri durumuna gelmiştir. Spor, otomotiv, denizcilik, havacılık ve uzay sanayisinde hayati öneme sahip çözümler üretmişlerdir (Mazumdar, 2001; Hull ve Clyne, 1996). Uçak sanayisinde kompozit malzemenin kullanımına ait görüntü Şekil 1.1’de gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Boeing 787 yolcu uçağında kullanılan malzemeler (www.boeing.com)

Performansları dikkate alındığında kompozitler çoğu malzemelere karşı ciddi şekilde alternatif olmaktadır. Polimer matrisli kompozitler, aynı mekanik özelliklere sahip çelikten % 60 ile % 80, alüminyumdan ise % 20 ile % 50 daha hafif olduklarından birçok tasarım ve mühendislik uygulamasında yaygın olarak tercih edilmektedirler (Mazumdar, 2001; Hull ve Clyne, 1996).

1.2. Kompozit Malzemelerin Avantajları

Bu malzemelerin özellikleri diğer malzemelerle kıyaslandığında, düşük yoğunluk, yüksek mekanik dayanımları, yüksek kimyasal kararlılıkları ve uzun ömürleri gibi birçok pozitif özelliklerinden dolayı tercih edilmektedir (Zor, 2017). Kompozit malzemeler yüksek özgül dayanım, yüksek tokluk, düşük yoğunluk, yüksek kırılma dayanımı ve boyutsal özelliklerini koruması gibi özellikleri bu malzemelerin uzay, otomotiv, havacılık, nükleer endüstrisi, denizcilik, kimya sanayi ve robot yapımı gibi çeşitli mühendislik uygulamalarında yaygın olarak kullanılmasını sağlamaktadır. (Palanikumar ve Davim, 2007). Uygulamalarda, üretilen kompozit malzemelerin, genellikle aşağıdaki özelliklerden bir veya birkaçının geliştirilmesi hedeflenmektedir. Bu özelliklerden başlıcaları;

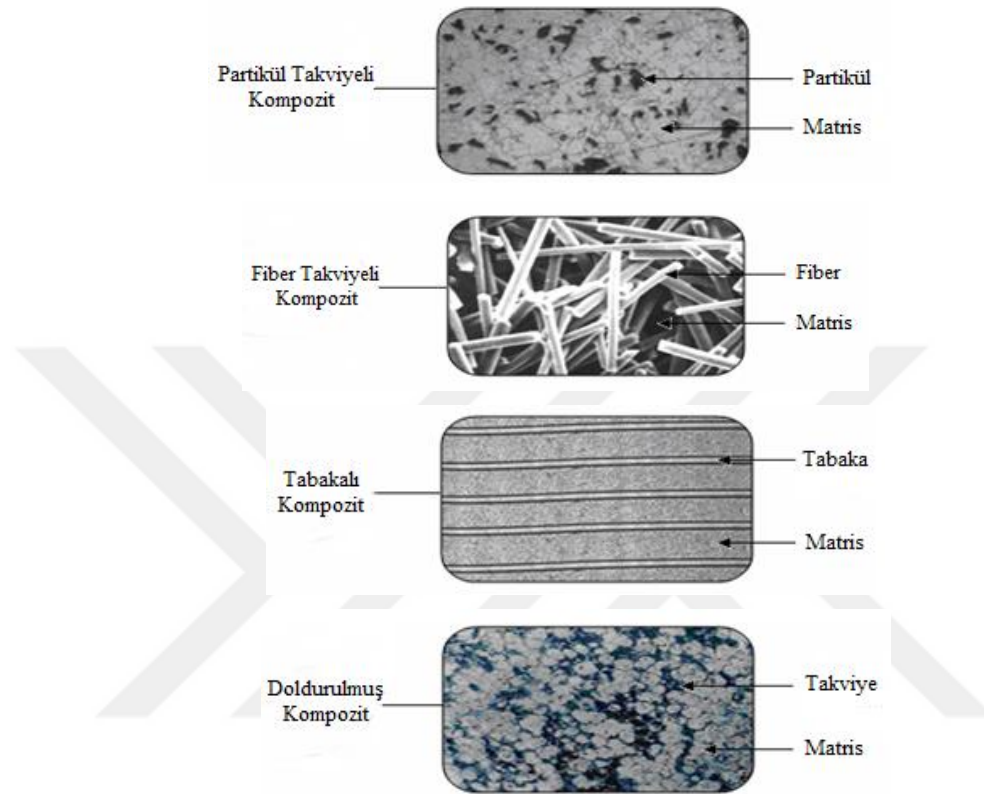
- ✓ Çekme, basma, eğilme, çarpma dayanımları,
- ✓ Korozyon direnci, aşınma direnci, yorulma dayanımı,
- ✓ Elektriksel direnç ve elektrik iletkenliği,
- ✓ Isı iletkenliği, yüksek sıcaklığa dayanıklılık ve ısı direnç,
- ✓ Ses tutuculuğu veya ses yutuculuğu, akustik iletkenlik,
- ✓ Ağırlık
- ✓ Rijitlik,
- ✓ Görünüm ve benzer özellikler şeklinde sıralanabilir (Jones, 1987).

1.3. Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması

Kompozit malzemeleri oluşturma seçeneklerine göre sınıflandırma zordur ve farklı açılardan yapılabilir. Kompozit malzemelerin sınıflandırılması yapılırken kullanılmakta olan matris malzemesi ile takviye elemanının şekil ve türüne göre sınıflandırma yapmak mümkündür. Kompozit malzeme; kuvvetleri takviyeye iletmek, lifleri ortamın etkisinden ve darbelerden korumak, kompozit malzemelerin tokluğunu arttırmak gibi görevleri üstlenen matrise, matris malzemesine ve takviye elemanına göre kompozit malzeme belli bir sınıflandırmaya tabi tutulmaktadır (Kılıçkap, 2003).

1.3.1. Kompozitlerin takviye elemanına göre sınıflandırılması

Takviye elemanının şekline göre kompozitler; partikül takviyeli, elyaf takviyeli, tabakalı ve doldurulmuş kompozitler olarak sınıflandırılmaktadırlar (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Takviye elemanının şekline göre kompozit malzemelerin sınıflandırılması (Güneş, 2010)

1.3.1.1. Partikül takviyeli kompozitler

Partikül takviyeli kompozit malzemelerde, belirgin üniform olarak dağılmış sert, gevrek malzeme yumuşak daha sünek bir matrisle kuşatılmıştır. Aslında yapı, iki fazlı dağılım mukavemetlendirilmiş metal alaşımlarına benzemektedir. Buna karşın, kompozitlerde dağılan parçacıkları oluşturmak için faz dönüşümü kullanılmaz (Erdoğan, 1998).

Bu kompozit, hacim oranı % 5' den daha fazla ve çapı da 1 μm ' den büyük partiküller tarafından karakterize edilir (Taya ve Arsenault, 1989).

1.3.1.2. Fiber takviyeli kompozitler

Kompozit malzemeler arasında en fazla önem taşıyan fiber takviyeli kompozitlerdir. Metallerin plastik özelliklerinde yapı hatalarının daha iyi anlaşılması ve özellikle whisker olarak adlandırılan yüksek mukavemetli tek kristallerin geliştirilmesi, çok yüksek mukavemetli kompozit malzeme üretimine önemli katkılarda bulunmuştur (Kılıçkap, 2003).

1.3.1.3. Tabakalı kompozitler

Tabakalı kompozit malzemeler, çeşitli yönlerden farklılıklar gösteren tabakaların bir araya getirilmesi ile üretilmektedir. Bu farklılık, mukavemet, ısı iletimi, gözeneklilik, ağırlık, yüzey sertliği, suya veya diğer dış etkilere karşı direnç gösterme gibi çok çeşitli yönlerden olabilmektedir. Tabakalı kompozitlerde genelde kompoziti oluşturan farklı özelliklere sahip tabakalardan her biri, kompoziti iki yönde katetmektedir. Bu tabakalar, herhangi bir teknikle veya yapıştırıcıyla bir araya getirilmektedir (Ersoy, 2001).

1.3.1.4. Doldurulmuş kompozitler

Bu kompozitler, 3 boyutlu devamlı bir matris malzemesinin tekrar 3 boyutlu bir dolgu malzemesiyle doldurulması ile meydana gelen malzemelerdir. Matris farklı geometrik şekillere sahiptir. Düzgün katmanlar ve gözenekli yapılar arasında metalik, organik veya seramik esaslı dolgu malzemeleri yerleştirilebilir (Şen ve ark., 2010).

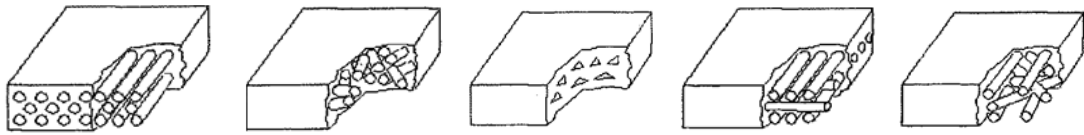
1.3.2. Kompozitlerin matris malzemesine göre sınıflandırılması

Kompozit malzemeler, kullanılan matris malzemesinin türüne göre dört ana sınıftan oluşmaktadır.

- a) Metal Matrisli Kompozit Malzemeler
- b) Polimer Matrisli Kompozit Malzemeler
- c) Seramik Matrisli Kompozit Malzemeler
- d) Karbon -Karbon Kompozit Malzemeler

1.4. Elyaf Takviyeli Kompozit Malzemeler

Elyaf takviyeli kompozit malzemeler; yumuşak ve sünekmatrix içerisine dayanıklı, sert ve elastikliği yüksek elyaflar takviye edildiğinde yorulma dayanımı, çekme dayanımı ve özgül dayanım iyileştirilmiş olur. Matris malzemesi, kuvveti elyaflara ileterek tokluk ve yumuşaklık niteliği sağlarken, elyaf uygulanan yükün birçoğunu kendisiyle taşımaktadır. Çökeltme yöntemiyle sertliği fazlalaştırılmış kompozitlerin tersine kompozit malzemesinin dayanımı hem oda şartlarında hem de yüksek sıcaklıklarda artırılabilir. Bunun dışında, takviye edilmiş kompozitlerde çoğu zaman farklı takviye elemanlarından da yararlanılmaktadır. Elyaf, şerit veya örme fitil halinde bulunabilmekle beraber tabakalar şeklinde, yönlü elyaflar şeklinde de olabilmektedir. Çoğu zaman elyaf yönlendirildiği için mekanik nitelikleri anizotropiktir. Sürekli elyaflar yönlendirilme nitelikleri gereği diğer takviye elemanlarına istinaden daha üstün niteliklere sahip yapıdadırlar. Farklı elyaf şekilli kompozitlere ait görüntü Şekil 1.3'te gösterilmiştir. Elyaf; tek yönlü ve sürekli elyaflar, rastgele düzlemsel yönlendirilmiş elyaflar, parçacık şekilli, kesikli elyaflar, ortogonal elyaflar şeklinde takviye edilebilir (Şahin, 2006).



a) Tek yönlü ve Sürekli elyaflar b) Rastgele yönlü elyaflar c) Parçacık şekilli elyaflar d) Kesikli elyaflar e) Ortogonal elyaflar

Şekil 1.3. Farklı şekilli elyaf takviyeli kompozitler (Şahin, 2006).

1.5. Kompozit Malzemelerde Kullanılan Elyaf ve Özellikleri

Matris malzemesi içinde bulunan elyaf takviyeli kompozit malzemeler, diğer malzemelere göre çok daha iyi mekanik özelliklere sahiptirler. Düşük yoğunluklarıyla beraber sertliğe ve yüksek elastitemodülüne sahip olan elyaflar kimyasal korozyona da dayanıklıdırlar. Günümüzde, en yaygın kullanılan takviye elemanları sürekli elyaflardır. Bu elyaflar nitelikçe modern kompozitlerin oluşumunda önemli bir yere sahiptirler. Cam elyaflar kullanılan en eski takviye elemanlarıdır. Son zamanlarda geliştirilen karbon, bor ve aramid elyaflarda yaygın kullanılmaktadır. İnce çaplı olarak elyafların

üretilmeleri ile büyük kütleli türler oranla yapısal hata potansiyeli en aza düşürülmüştür. Bu sebeple yüksek mekanik özelliklere sahip olurlar. Bunun dışında, üstün mikro yapısal nitelikler, tane boyutlarının ufak oluşu ve küçük çap olarak imal edilmeleri, boy/çap oranının artmasıyla matris malzeme yönünden elyaflara aktarılan yük potansiyelinin artması, elastite modülünün yüksek olması üstün performanslı mühendislik malzemesi olarak tanımlanmasını sağlamıştır (Soyman ve Vatangül, 2008).

1.5.1. Cam elyaflar

Cam elyaflar, basit bir cam şişeden yüksek saflıktaki kuartz camına kadar birçok türden imalâtı gerçekleştirilebilir. Cam, amorf olan bir malzemedir. Bir silisyum atomu ve dört oksijen atomu ile çevrilmiştir. Ayrıca üç boyutlu moleküler yapıya sahiptir. Hafif bir malzeme olan ve metalik olmayan silisyum, doğada çoğu zaman oksijenle beraber silisyum dioksit (SiO_2) şeklinde bulunmaktadır (Soyman ve Vatangül, 2008). Cam üretimi için silis kumu, ilave malzemeleriyle beraber kuru halde bulunurken yaklaşık 1260 °C 'ye kadar ısıtılır ve soğutmaya bırakıldığında yapısı sertleşerek meydana gelmiş olur. Cam elyafların birkaç özelliği aşağıda yazıldığı gibi sıralanabilir:

- ✓ Yüksek çekme mukavemetlerine sahiptirler, mukavemeti birim ağırlık başına çeliğe göre yüksektir.
- ✓ Düşük ısı dirence sahiptirler. Yanıcı değildirler, fakat aşırı sıcaklıkta yumuşarlar.
- ✓ Kimyasal malzemelere karşı direnç gösterirler.
- ✓ Nem emme nitelikleri yoktur, fakat cam elyaflı kompozit malzemelerde matris ve cam elyaf arasında nemin tesiriyle çözülme meydana gelebilir. Özel elyaf kaplama sistemleriyle bu etken ortadan kaldırılabilir
- ✓ Elektrik iletme özellikleri yoktur. Bu özelliğinden ötürü elektriksel yalıtımın önem kazandığı yerlerde cam elyaflı kompozitlerin tercih edilmesi ve kullanılması da artmaktadır (Soyman ve Vatangül, 2008).

Cam elyaf üretiminde silis kumuna farklı katkı ürünleri ilave edildiğinde oluşan yapı, malzemelerin tesiri ile farklı niteliklere sahip olur. Dört çeşit türde cam elyaf bulunmaktadır. A (Alkali) camı; yüksek ölçüde içinde alkali bulunduran bir camdır. Bu sebeple elektriksel yalıtkan niteliği kötü durumdadır. Kimyasal direnci çok olan, en kapsamlı cam türüdür. C (Korozyon) camı; kimyasal çözeltilere direnci oldukça yüksektir. E (Elektrik) camı; düşük alkali oranı sebebiyle elektriksel yalıtkanlığı başka

cam türlerine istinaden çok iyi konumdadır. Çok yüksek mukavemete sahiptir. Suya karşı direnci de oldukça iyidir. Nemli alanlar için geliştirilen kompozitlerde çoğu zaman E camı kullanılır. S (Mukavemet) camı; yüksek mukavemete sahip bir camdır. Çekme mukavemeti E camına oranla %33 daha yüksektir. Bunun dışında yüksek sıcaklıklarda çok iyi yorulma direncine sahiptirler. Bu nitelikleri sebebiyle havacılık ile uzay endüstrisinde tercih edilme sebebidir. Cam elyaflar daima plastik veya epoksi reçineler ile beraber kullanılırlar (Soyman ve Vatangül, 2008).

1.5.2. Bor elyaflar

Bor elyaflar kendi içlerinde kompozit yapıya sahiptirler. Çekirdek olarak isimlendirilen ince bir flâma üzerine bor kaplanarak elde edilirler. Çekirdek çoğunlukla tungstendir (Schwartz, 1984). Bor elyaflar yüksek elastiklik modülüne ve çekme mukavemetine sahiptirler. Bor elyaflar dayanımlarını 640 °C sıcaklığa kadar muhafaza edebilirler.

1.5.3. Silisyum karbür elyaflar

Üretimleri, silisyum karbürün tungsten çekirdek üzerine kaplanması ile oluşmaktadır. 0,1 mm ile 0,14 mm çaplarında üretilmektedirler. Bor elyafların yüksek sıcaklıktaki özelliklerinden daha iyidir. Silisyum karbür elyaf 1370 °C'de mukavemet özelliğinin yalnızca %30'unu kaybeder (Anonim, 1984).

1.5.4. Grafit (Karbon) elyaflar

Grafit elyafların en önemli özellikleri düşük yoğunlukla birlikte yüksek tokluk ve mukavemet değerleridir. Grafit elyafların, sürtünme mukavemetleri çok yüksektir. Ayrıca nemden etkilenmezler. Yorulma ve aşınma mukavemetleri oldukça iyidir. Bu sebeple sivil ve askeri uçak yapılarında geniş bir kullanıma sahiptirler. Grafit elyaflar farklı plastik matrislerle ve epoksi reçinelerle tercih edilirler. Bununla birlikte karbon elyaflar magnezyum, alüminyum gibi metal matrislerle de kullanılırlar (Rouchan, 1987).

1.5.5. Aramid elyaflar

Aramid elyaflar, düşük basma mukavemetleri sebebiyle, uçak yapılarında, karbon elyaflarla beraber, kumanda yüzeylerinde hibrid kompozit olarak kullanılmaktadırlar. Aramid elyafların elektriksel iletkenliği yoktur. Basma mukavemetleri iyi değildir (Chawla, 1987).

1.6. Delik Delme İşlemi

Talaşlı İmalat işlemlerinde delik delme işlemi en yaygın kullanılan yöntemlerden biridir ve talaş kaldırma işlemlerinde yaklaşık % 33'lük paya sahiptir (Chen ve Tsao 1999; Zhao, 1994). Bunun yanında, delik delme işlemi harcanan zamanın %25'ini kapsamaktadır (Tonshoff ve ark., 1994). Genellikle, delik delme işlemi, talaş kaldırma işlemlerinin son basamağıdır. Ekonomiklik açısından bakıldığında, mekanik üretimde büyük önem arz etmektedir. Frezeleme ve tornalama işlemleri ile kıyaslandırıldığında, dinamik ve kinematik yapısının benzer olup kesme anında kesme sıcaklığı ve talaş akışının dağılımı aynı şekilde gerçekleşir. Fakat talaş oluşumunun delme işleminde kapalı alanda gerçekleşmesi, talaş kontrolünü zor duruma getirmektedir. Talaş akışını belirleyen en önemli parametre, matkap üzerinde meydana gelen talaş kalınlığıdır. Matkap ile iş parçası malzemesi arasında ortaya çıkan sürtünmeye bağlı olarak yüzeyde oluşan sıcaklık delik delme işleminde büyük probleme neden olmaktadır. Bu sebepten ötürü, matkap malzemesi ve geometrisinin geliştirilmesi hakkında çalışmalar gerçekleştirilmektedir (Tonshoff ve ark., 1994; Kıvak, 2012). Matkap ile delme işlemi, radyal ağzın parçaya teması ile başlar ve ana kesme ağzlarının aktif kesme işlemine katılması ile devam eder. Helisel kanallar sayesinde meydana gelen talaşlar tahliye edilir. Matkabın dönme ve ilerleme hareketi ile radyal ağız, iş parçasını ezerek kesicinin ağızlamasını sağlar. Böylece matkabın delme eksenine paralel şekilde ilerlemesini sağlar. Matkabın ilerleme hareketiyle kesici ağız, helis bir yüzey meydana getirerek, iş parçasının kesilmesini sağlar. Kesme ağzlarının etki yönü helisel yüzey süresince hareket eden takımında devamlı değiştiğinden, matkabın etkili kesme açıları da değişim göstermektedir (Akkurt, 1998). Matkap malzemeleri ve kesme parametreleri matkap performansı ve delik kalitesinin belirlenmesinde çok önemlidir. Delme işlemi sırasında yüzey pürüzlülüğü ile beraber çapak oluşumu, dairesellik, aksenal kaçıklık ve ölçü tamlığı gibi faktörler de ortaya çıkmaktadır. Bu faktörler ilerleme, kesme hızı, iş parçası

malzemesi, matkap malzemesi ve geometrisi gibi parametrelere bağlıdır (Kılıçkap ve Hüseyinoğlu, 2010).

1.7. Kompozitlerin Delinmesinde Kullanılan Kesici Takımlar

Talaş kaldırma işleminde kesici takımlar malzemelere şekil verme, şekil değiştirme, kesme ve istenilen toleransta ölçülendirme işlemi sırasında farklı zorlamalara maruz kalmaktadır. Ekonomiklik ile beraber farklı makine ve makine parçalarının imalatını gerçekleştirmek için kullanılmakta olan kesici takımın, talaş kaldırma sırasında meydana gelen yüksek zorlamaları karşılaması gerekmektedir. Talaş kaldırma yöntemlerinin farklılık göstermesi yanında kesici takımın kullanılmasında aşırı artan ihtiyaçlar sebebiyle teknolojik rekabet oluşmuş bu da metalik olmayan bir çok takım malzemesinin geliştirilmesine olanak sağlamıştır. Bu malzemelerle kesme işlemi ve takım geliştirilmesi farklı şartlarda yapılan farklı uygulamalar ile test edilerek elde edilmektedir (Şahin ve Murphy, 1998).

Bir kesici takımın, kesme işlemi boyunca yüksek sıcaklıklarda kesme yeteneğini koruması için yüksek sertliğe ihtiyaç duymaktadır. Uçta meydana gelen sıcaklık için kesici sertliği yeterli değil ise o vakit takım hızlıca bozulur ve kullanılmaz bir hâl alır. Takım devamlı dönme çevriminden meydana gelen ısıtma ve soğutma etkisini bertaraf etmek için yeterli ısıl darbe direncine haiz olması gerekir. Talaş kaldırma boyunca meydana gelen kuvvetler, sürtünme, basınç, aşınma, ısı oluşumu gibi olaylar ve ekonomiklik dikkate alındığında, çoğunlukla bir kesici takımda olması gereken özellikler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- ✓ Abrasyon direnci ve yüksek sertlik,
- ✓ Eğilme mukavemeti ve yüksek basma,
- ✓ Kimyasal kararlılığa sahip ve yüksek sıcaklıkta aşınmaya karşı dayanıklı olması,
- ✓ Isı birikimini önlemek için yüksek ısı iletim yeteneğine sahip olması,
- ✓ Darbe etkisine karşı yeterli derecede tok olmalıdır (Şahin ve Murphy, 1998).
- ✓ Takım yalnızca oda sıcaklığına değil, çalışma sıcaklığında da iş parçasının en sert bileşeninden daha sert olması gerekmektedir (Özdemir ve ark., 2000).

Kesici takımlar çeşitli şartlarda farklı sonuçlar verecek şekilde kullanılabilir. Yaygın kullanılan takım malzemeleri aşağıda ele alınmıştır.

1.7.1. Karbonlu ve alaşımlı takım çelikleri

En eski tip çelikler, kesici takım malzemesi olarak kullanılan karbon çeliklerdir. İçerdikleri karbon oranı % 0.6-1.4 arasında farklılık göstermektedir. Karbon çelikleri yalnızca ahşap gibi yumuşak malzemelerin işlenmesi için uygundur. Öte yandan, yalnızca düşük üretim hızlarında kullanılırlar. Ucuz olması ve kolay işlenmesi karbon çeliklerinin en önemli avantajlarıdır (Schey, 1987).

1.7.2. Yüksek hız çelikleri (HSS)

Taylor tarafından geliştirilmiş olan HSS günümüzde en yaygın kullanılan takım malzemesidir. 20. yüzyıl başlarından beri bilinen ve kullanılan bu takım malzemesi grubu halen, gerek maliyeti gerek şekillendirilebilirliği bakımından kullanılmaktadır. Bu takımlar tek yada çok kesici ağızlı takımlar olarak endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır. Üretimlerinin göreceli olarak kolaylığı ve istenilen forma bilenerkek kullanımları ekonomiklik sağlamaktadır (Trent, 1997; Edwards ve Endean, 1990).

1.7.3. Sert alaşımlar (Stellit)

Sert alaşımlar, krom, tungsten ve kobalt alaşımı olup ticari olarak “stelit” olarak adlandırılır ve döküm veya kaynak ile imal edilirler. Ancak hız çeliklerine göre kesme hızları çok yüksek olmadığından 800 °C’ ye kadar sıcaklıklarda çalışabilmektedir. Kesme işlemlerinde kesici takım olarak pek fazla kullanılmamakla beraber bu takımlar kaplanarak kullanılabilirlerdir. Ayrıca, pres takımı olarak da kullanılmaktadırlar (Şahin ve Murphy, 1998).

1.7.4. Sert maden uçlu kesiciler

Sinter karbür adı ile anılan bu gruptaki kesici takım malzemeleri, WC, TiC, TaC, NbC gibi karbür bileşiklerinin kobalt ile sinterlenmesiyle elde edilmektedir. Sert metaller, dayanımlı, sert ve aşınma dayanımı ve tokluğu mükemmel olan takım malzemeleridir (Şahin ve Murphy, 1998).

1.7.5. Sermetler

Sermetler esas olarak metalik bağ ile bağlanmış seramiklerdir. Bu gruptaki kesici takım malzemelerinde % 8-25, % 115-8 Mo₂C, % 60-80 TiC bulunmaktadır. Ayrıca WC, Co ve TiN içerebilir. Sermetler, sert metallere göre daha gevrek yapıdadır. Darbeli işlemlerde kullanılması uygun sonuçlar vermemektedir. Bundan dolayı metal matrisli kompozit malzemelerin talaşlı şekillendirilmelerine uygun değildirler (Şahin ve Murphy, 1998; Özdemir ve ark., 2000).

1.7.6. Seramikler

Takım malzemesi olarak kullanılan seramikler, ortalama birkaç mikron boyutundaki çok kristal taneli yoğun korindon yapılu alumina esaslı malzemelerdir. Seramik takım plaketer sıcak yada soğuk presleme ile imal edilirler. Bu takımlar, sert metallere göre daha yüksek sıcaklıklara dayanım göstermektedir. Kesici takım malzemesi olarak seramikler oksit, siyah seramik; silisyum nitrürlü seramikler ve wiskerlerle güçlendirilmiş seramikler olmak üzere farklı alt gruplarda toplanmaktadır (Avner, 1974; Schey, 1987; Şahin ve Murphy, 1998; Kıyak ve ark., 2002).

1.7.7. Kübik bor nitrür

Kesici takım malzemesi olarak kullanılan kübik bor nitrür doğal olarak bulunmaz, hegzagonal bor nitrürden; 1500 °C sıcaklık ve 80 bar basınçta elde edilmektedir. Elmaştan sonra bilinen en sert malzemedir. Bu sertlik değeri kullanımda sıcaklık artışı ile azalmaktadır. Metallerin talaşlı şekillendirilmesinde özellikle yüksek sıcaklıklarda elmasa göre daha kararlıdır. Özellikle, elmas takımların kullanımını zorlaştıran hızlı aşınma olmaksızın yüksek hızlarda sert dökme demir ve sertleştirilmiş çeliğin kesimi için kullanılmaktadır. Kübik bor nitrür kesici takımlar, sert metallere göre çok daha yüksek kesme hızlarında kullanılabilir (Şahin ve Murphy, 1998; Özdemir ve ark., 2000)

1.7.8. Elmas

Elmas, karbonun tetrahedral formudur. Elmas hem doğal hem yapay olarak bulunabilen ve bilinen en sert malzemedir. Bu özelliklerinden dolayı elmas, takım

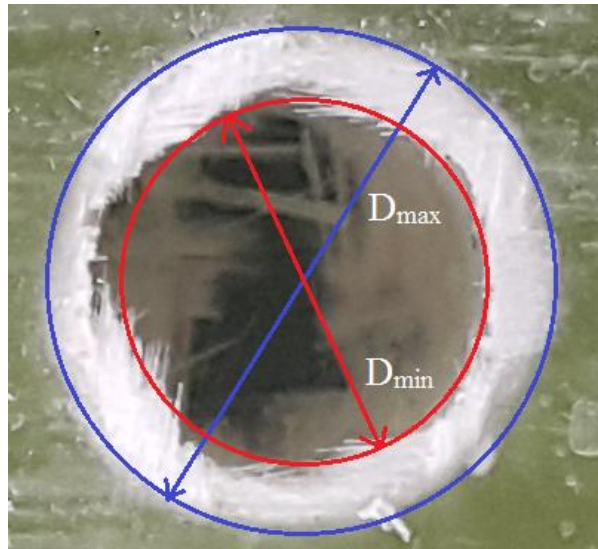
malzemesi olarak kullanılmaktadır. Fakat endüstriyel alanda kullanılan doğal tek kristal elmasın küçük miktarları bile oldukça pahalıdır. Ayrıca elmas çok gevrek ve belirli kristalografik düzlemler boyunca kolay ayrılır. Elmas takımlar, yüksek silisyum alüminyum alaşımların, bakır ve alaşımlarının, sinterlenmiş tungsten karbürler, cam, cam-elyaf/plastik ve karbon/plastik kompozitler ve yüksek alüminyum oksitli seramiklerin işlenmesinde kullanılmaktadır (Şahin ve Murphy, 1998).

1.8. Deformasyon ve Deformasyon Faktörünün Hesabı

Elyaf takviyeli kompozitlerin delinmesinde oluşan hasarlardan biri deformasyondur. Deformasyon, elyaf takviyeli kompozitlerin delinmesinde iş parçasının delik giriş ve çıkışında görülen bozulmalardır. Delik çevresinde meydana gelen deformasyon faktörünü hesaplamak için, deformasyon alanında maksimum çapın (D_{maks}) tespit edilmesi gerekmektedir. Deformasyon faktörünün değerini bulabilmek için aşağıdaki formül kullanılmaktadır (Davım ve ark., 2004 a; Arul ve ark., 2006).

$$Fd = \frac{D_{max}}{D_{min}} \quad (1.1)$$

Burada, D_{maks} deformasyon alanındaki maksimum çapı ve D_{min} ise matkap çapını ifade etmektedir (Şekil 1.4).



Şekil 1.4. Delik çevresinde oluşan deformasyon görüntüsü

1.9. Talaşlı İmalatta Kullanılan Soğutucular

Talaşlı imalatta soğutucu akışkan kullanılmasının nedeni kesme bölgesinde oluşan sıcaklığı engellemektir. Soğutucu akışkanların kimyasal ve fiziksel nitelikleri, imalat işlemi esnasında oluşan ısıl veya mekanik hasarların engellenmesini veya aza indirilmesini hedeflemektedir. Soğutucu akışkanlar, doğru uygulandıkları takdirde, iş parçasının boyutlarında ve şeklinde yüksek hassasiyet ve daha kaliteli yüzey sağlarken, kesici takımların ömrünü artırmaktadır. Genel olarak Azot, Oksijen, Argon, Hidrojen ve Helyum soğutucu akışkan olarak ifade edilebilirler (Ghosh, 2006). Zehirli kimyasal maddeler içeren konvansiyonel soğutma sıvıları, hem çevreye hem de operatöre zarar vermektedir. Öte yandan bu sıvıların ısı transfer kapasitesi bazı hallerde işleme için yeterli olmamaktadır (Jeon ve ark., 2013)

1.9.1. Karbondioksit (CO₂)

Soğutucu akışkan olarak Karbondioksit (CO₂) kullanımı, çevreye zararının oldukça az olması nedeniyle popülerliği artmaktadır. Ozon tabakasına tesiri oldukça az olan bu gaz, küresel ısınmaya da etkisi minimum seviyelerdedir. Diğer yandan insan sağlığı açısından bakıldığında kokusuz, zehirsiz ve yanmaz gaz olması oldukça önemlidir. Karbondioksit (CO₂) gazının termodinamik özelliklerinden ötürü klima ve ticari soğutma sektöründe hızla yaygın hale geldiği söylenebilir (Çerkezoğlu, 2010).

1.9.2. Azot (N)

Atmosferin % 78'ini meydana getiren azot iki temel özelliği sayesinde, pek çok endüstriyel alanda yaygın olarak tercih edilen bir gazdır. Azot çoğu malzemeye karşı inert olmakla beraber, sıvı haldeyken çok soğuk olabilmektedir. Bu nitelikler azotu emniyetli ve vazgeçilmez bir soğutucu olmasını sağlar. Azot, pek çok düşük ısı uygulamasında kullanılan bir gazdır. Azot, destilasyon yöntemiyle büyük miktarlarda sıvılaştırılmış havadan elde edilir. Canlı doku ile temas etmesi anında ani donmaya sebep olabilmektedir. Ayrıca suyun donma noktasının çok altındaki sıcaklıklarda kalabilme özelliğinden dolayı (77 K, -196°C veya -320°F), azotun çok farklı uygulamalarda kullanımına olanak sağlar (Alpsoy, 2009).

1.9.3. Helyum (H)

İlk defa Helyum, güneş etrafındaki atmosferde keşfedilmiştir. Havada, helyum çok az miktarda bulunmaktadır. Çekim kuvveti helyum atomları arasında zayıftır. -268,9 °C'ye kadar soğutarak sıvılaştırmak mümkündür. Bu dereceden düşük, başka hiçbir elementin kaynama noktası bulunmamaktadır. Helyum, 26 atmosfer basınç altında -272,2°C' de katı hale gelen en hafif gazdır. Kaynama noktası düşük olan helyum, en düşük sıcaklıkta soğutma amacıyla kullanılmaktadır (Alpsoy, 2009).

1.9.4. Argon (Ar)

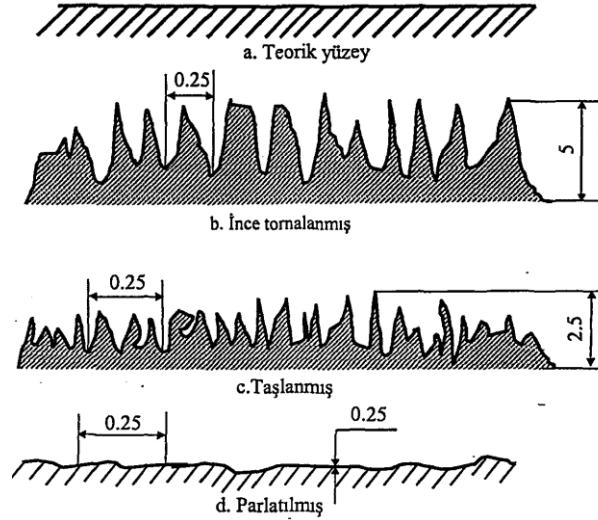
Periyodik tablonun 0 (soygazlar) grubunda yer alan bir elementtir. Yeryüzünde en çok bulunan ve sanayide en fazla tercih edilen soygazdır. Argon, renksiz kokusuz, tepkimeye girmeyen ve tatsız bir gazdır (Davim ve Reis, 2005).

1.9.5. Oksijen (O)

Periyodik tablonun 8A grubunda yer alan, ametal özelliğe sahip kimyasal bir elementtir. Renksiz, tatsız ve kokusuz bir gaz olmakla beraber, oksijen yer kabuğunda en çok bulunan elementtir. Oksijen yer atmosferinin ağırlıkça % 23'ünü, yer kabuğunun % 46,6'sını ve deniz suyunun % 85,8'ini oluşturmaktadır (Azmi ve ark.,2012).

1.10. Yüzey Kalitesi ve Yüzey Pürüzlülüğü

Yüzey kalitesi, parça yüzeyinde genellikle kesici takımın bıraktığı izlerden ve baskılardan meydana gelen düzgünsüzlük olarak ifade edilmektedir. Parçanın yüzey kalitesini gösteren düzgünsüzlük iki türdür. Birincisi çok küçük yüzeysel hatalardan meydana gelen ve yüzey pürüzlülüğü denilen mikro geometrik düzgünsüzlük, ikincisi parçanın ideal şeklinden sapmalarını belirten ve form düzgünsüzlüğü denilen makro geometrik bozukluktur. Tamamen giderilemeyecek şekilde olan ve ekonomik bakımdan uygun görülen her iki yüzey düzgünsüzlüğü parçanın fonksiyonuna göre belirli sınırlar içerisinde tutulması gerekir. Bu sınırlar fonksiyonel ve ekonomik faktörler göz önüne alınarak tayin edilir (Akkurt, 1985).



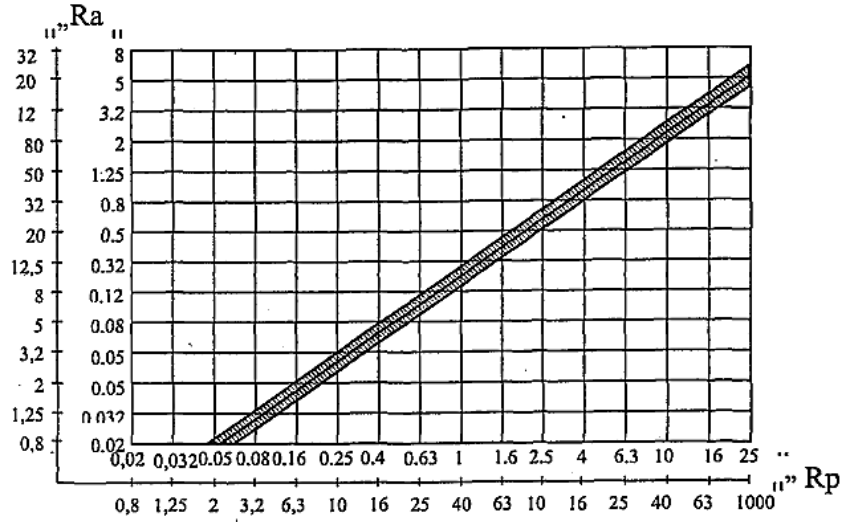
Şekil 1.5. Yüzey pürüzlülüğü ile ilgili örnekler (Akkurt,1985)

Yüzey pürüzlülüğü Şekil 1.5’de görüldüğü gibi bir takım çıkıntı ve girintilerden meydana gelmiştir. Ölçme tekniğinin gelişmesi ile bu düzensizlik kolayca ölçülebilir. Ayrıca bu yöntemeye uygun olarak yüzey pürüzlülüğünü somut bir şekilde ifade eden ve uluslararası standartlarda kabul edilen bir sistem kurulmuştur. Bu sisteme göre pürüzler, yüzeye dik olan kesitlere göre tespit edilir. Bu kesitte numune uzunluğu boyunca pürüzlerin şeklini gösteren profilin ortalama çizgisine göre ortalama sapmaları tayin edilir. Profil ile ortalama çizginin üstünde ve altında kalan alanların toplamı birbirine eşit olmak üzere bu çizginin yeri tespit edilir. Yüzey pürüzlülüğü profilin aritmetik olarak ortalama yüksekliğidir ve Ra ile gösterilir (Akkurt, 1985). Böylece referans olarak profilin ortalama çizgisi alınır, yüzey pürüzlülüğü;

$$Ra = \frac{1}{l} \int_0^l y dx \quad (1.2)$$

$$Ra = \frac{|y_0| + \dots + |y_n|}{n} \quad (1.3)$$

Bağıntısı ile ifade edilir. Burada y_0, \dots, y_n geometrik ortalama için pürüz yükseklikleri ve numune uzunluğuna tekabül eden pürüz sayısıdır (Şekil 1.7).



Şekil 1.6. Ra ile Rp arasındaki ilişki (Akkurt,1985)

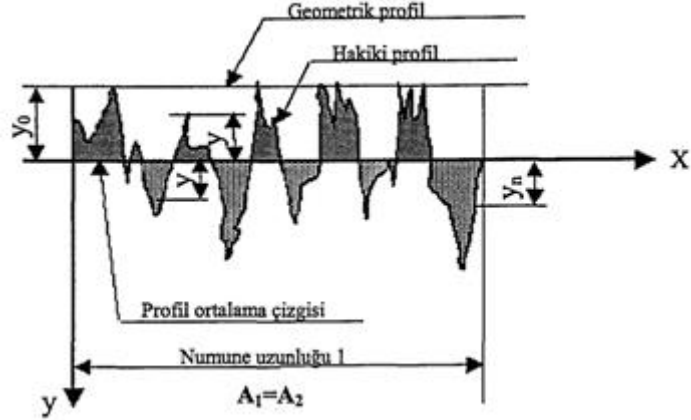
Yüzey pürüzlülüğünün birimi mikron (10^{-3} mm) veya mikroinç (10^{-6}) dir. Teorik bakımdan yüzey pürüzlülüğünü ifade etme imkanı sonsuz olmasına rağmen pratik nedenlere dayanarak, tercih edilen diziler veya yüzey pürüzlülüğü temsili sayıları tespit edilmiştir. Müşterek çarpanı (1.25) olup R10 serisinden oluşan ve tercih esnasında gerçekleşen yüzey pürüzlülüğü, işleme usulüne de bağlıdır. Ra'nın yanı sıra, en yüksek çıkıntı ile en düşük çıkıntı arasındaki uzaklığı belirten Rt değerleri de pürüzlülük kontrolünde kullanılmaktadır (Şekil 1.6). Ancak maksimum pürüzlülüğü ifade eden Rt değeri ölçülen yere göre değiştiğinden bu yöntem yetersizdir. Bu nedenle yüzeyin maksimum pürüzlülüğü, ezilme yüksekliği denilen Rp ile ifade edilmektedir (Akkurt, 1985) Burada referans (ölçme) profili olarak en yüksek çıkıntıya teğet olan çizgi alınır;

$$Rp = \frac{1}{1} \int_0^1 y_1 x dx \quad (1.4)$$

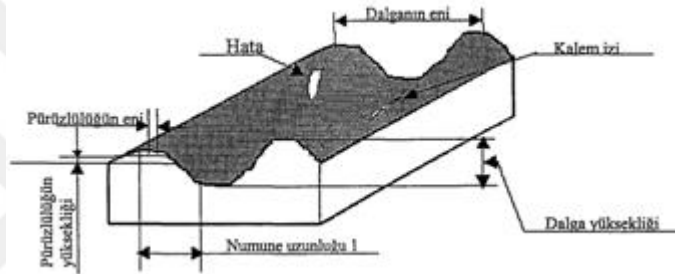
$$Rp = \frac{y_0 + \dots + y_n}{n} \quad (1.5)$$

Şeklinde ifade edilirler. Ra ile Rp arasındaki belirli bir bağlantı olmamakla birlikte Şekil 1.5' de istatistiki değerlere dayanarak sayısal bağıntılar vardır (Akkurt, 1985). Bu bağıntı ortalama değer olarak aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$Ra = (0,2 \dots \dots \dots 0,25) \times Rp; \quad Rp = 0,6 \times Rt \quad (1.6)$$



Şekil 1.7. Yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi (Akkurt,1985)



Şekil 1.8. Yüzey kalitesini tayin eden faktörler (Akkurt, 1985)

1.11. Bulanık Mantık (Fuzzy Logic)

Bulanık Mantık diğer ismiyle “*Fuzzy Logic*” kuramı 1965 yılında ilk kez Lotfi Zadeh tarafından ifade edilmiştir. Bir eleman kümeler teorisinde ya bir kümeye aittir yada değildir. Ancak bulanık kümelerde bir eleman birden çok kümeye ait olabilmektedir. Kesinlik kavramı bulanık kümelerde mevcut değildir (Dağdelen, 1996). Bulanık mantık (Fuzzy) karar verme mekanizması olarak tanımlanırken, uzman bir kişi tarafından sözel ifadelerin kesin olmayan sınırlar içindeki davranışını matematiksel olarak modellenmesini sağlar. Modelleme kesin olmayan bulanık kümelerden meydana geldiğinden *Bulanık* ya da *Fuzzy* olarak açıklanabilir. Bulanık mantık, uzman kişinin kesin sınırlarla açıklayamadığı fakat bölgesel olarak yaklaşık çizgilerinin belli olduğu durumlarda mantıklı sonuçlara ulaşılmaktadır. Bulanık mantığın, hesaplama tekniği ile bu tür problemler büyük ölçüde çözülebilmektedir. Bu sebeple belli geleneksel hesaplama yöntemlerine seçenek olarak oluşturulan bu metot, doğadaki işleyişi taklit ederek çözüm geliştirir.

Günümüzün karmaşık sorunların çözümünde bulanık mantık kuramının uygulamaları, yararlı bir araç haline gelmiştir. Tarihte, ilk ortaya çıktığındanbu yana, bilim adamları, matematikçiler ve mühendisler tarafından birbirinden özgür birçok çalışmanın konusu olmuştur (Yılmaz, 2006).

1.12. Bulanık Mantığın Tarihçesi

Aristoteles'in ve öğrencilerinin katkısı ile matematiğin doğruluğundaki ve bütünlüğündeki başarı ortaya çıkmıştır. Onların mantık teorisini meydana getirme çabalarıyla matematik bilimi gelişim göstermiş ve "Düşüncenin Yasaları" meydana gelmiştir. Bu yasalardan biri, her önermenin ya doğru ya da yanlış olması gerektiğini ifade etmektedir. Bu anlayışa geleneksel anlayış ya da Aristo Mantığı denilmektedir (Kıyak, 2003). Çağımızda matematik ve bilimdeki farklı fikirler belirsizlik kavramını da etkisi altına almıştır (Klir ve Yuan, 1995). 1900'lerin başında, geleneksel anlayıştan ayrı olarak Jan Lukasiewicz'in 3. Bir değer olan "olası" kavramını ileri sürmesi, 1920'ler ve 1930'larda çok değerli mantık sisteminin gelişmesine sebep olmuştur. 1930'larda Max Planck tarafından belirsizliği ifade eden ilk kavramlar geliştirilmiş ve 1965'de Azeri kökenli sistem bilimci Zadeh tarafından yayımlanan makale ile çağdaş anlamda belirsizlik kavramı açıklığa kavuşturulmuştur (Şen, 2002; Kıyak, 2003; Yıldırım, 1998).

1.13. Bulanık Mantığın Avantaj ve Dezavantajları

Bulanık Mantığın sağladığı avantajlar:

- Uygulamada kesin olarak matematiksel bir modele ihtiyaç duymaz.
- İnsanın düşünce yapısına yakındır.
- Yazılımın basit olması sebebiyle, sistem daha ekonomiktir.
- Üyelik değerlerinin kullanımından dolayı, diğer kontrol yöntemlerine göre daha esnektir.
- Bulanık Mantık kavramını anlamak zor değildir.
- Kesinlik ifade etmeyen bilgilerin kullanılmasında problem çıkmaz.
- Doğrusal olmayan fonksiyonların modellenmesine izin verir.
- Geleneksel kontrol yöntemleriyle uyum halindedir (Çiftçi, 2002).

Bulanık mantık, belirsiz ifadelerle yapılan, belirsiz işlemler anlamına gelmemektedir. Modelleme sırasında kuralların ve değişkenlerin esnek bir biçimde

seçilmesidir. Bu esneklik katıyen rastgelelik ya da belirsizlik olarak ifade edilmez. Nasıl ki havanın bir lastik içinde var olduğu duruma göre şeklini değiştirirken, bütünlüğünü ve yapısını muhafaza edebiliyorsa, bir bulanık modelde değişen şartlara değişen cevaplar verir ve özündeki yapıyı korur (Kıyak, 2003).

Bulanık Mantığın Dezavantajları;

- Uygulamada kullanılan kurallar tecrübeye çok bağlıdır.
- Üyelik fonksiyonlarının belirlenmesinde belirli bir teknik bulunmamaktadır. En uygun fonksiyon deneme ile ortaya çıkar. Bu da çokça uzun bir zaman alabilir.
- Denetlenen sistemin bir kararlılık analizi yapılamaz ve sistemin nasıl cevap vereceği önceden tahmin edilemez. Yapılacak tek seçenek benzetim çalışmasıdır (Kaynak ve Armağan 1993).

1.14. Bulanık Mantığın Kullanım Alanları ve Yapılan Bazı Çalışmalar

Bulanık mantığın kullanım alanlarından bazıları: Trafik Sinyal Optimizasyonu (Kavşak ve Ana arterlerde), Görüntü işleme, Proses kontrol, Robotik, Ev elektroniği, Veri tabanı sorgulama, Arıza denetimidir. Buna ek olarak Bulanık Mantığın en geniş kullanım alanlarının başında ise şu konular gelmektedir:

Yapay zeka karar analizi, sistem analizi, nümerik analiz, veri işleme, genetik algoritmalar, mühendislik, ekonomi ve robotiktir.

- İlk kez Bulanık Mantık 1973 yılında, profesör Ebrahim H. Mamdani tarafından Londra'ki Queen Mary College'da bir buhar makinasında hayata geçirildi.
- Ticari olarak ise 1980 yılında, Danimarka'da bir çimento fabrikasının fırınına kontrol etmek için uygulandı. Bulanık mantık ile hazırlanan bir sistem, bilgisayar desteğiyle, sensörlerden ısı ve maddelere ait bilgileri alarak ve "feed-back" (geri besleme) yöntemiyle parametreleri kontrol altına alarak, bu ayarlama işini çok hassas ölçümlerle gerçekleştirmiş ve büyük oranda enerji tasarrufu sağlamıştır.
- Bulanık mantık uygulanarak üretimi yapılan fotoğraf makineleri, otomatik odaklama yapanlardan bile daha net bir görüntü sağlamaktadır.
- Fotokopi makineleri bulanık mantık ile çok daha kaliteli kopyalar vermektedir. Odanın sıcaklığı, nemi ve orijinal kağıttaki karakter

yoğunluğuna göre farklılık gösteren resim kalitesi, bu  temel parametre hesaplanarak mükemmele yakın bir duruma getirilmektedir.

- Japon Omron Grubu, büyük firmalara sağlık hizmeti sunan bir sisteme ait beş tıp veri tabanını, bulanık mantık teorileriyle kontrol etmektedir. Bu sistemde, 10.000 kadar hastanın sağlık durumlarını öğrenmek ve hastalıklardan korunmalarına, sağlıklı kalmalarına ve stresten kurtulmalarına yardımcı olmak için kişiye özel planlar çizebilen yaklaşık 500 kural uygulamaktadır.
- Pilav pişiirme aletlerinden asansörlere, arabaların motor ve süspansiyon sistemlerinden nükleer reaktörlerdeki soğutma ünitelerine, klimalardan elektrikli süpürgelere kadar bulanık mantığın kullanıldığı pekçok alan bulunmaktadır.

Bulanık mantığın gelecek yıllardaki uygulama alanları, daha da yaygınlaşacak gibi görünmektedir. şeker hastalarının vücutlarındaki insln miktarını ayarlayacak yapay bir pankreas görevini üstlenecek minik yapıların elde edilmesinde, kalp pillerinin üretiminde, oda içindeki ışık miktarının ayarlanmasında, suların klorlanmasında ve bilgisayar sistemlerinin soğutulmasında bulanık mantık sisteminin kullanılması beklenilmektedir (Sugeno, 1985).

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Palanikumar ve ark. (2008) yaptıkları çalışmada, CETP kompozitlerin delinmesinde düşük yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması elde edilmesi için gerekli olan delme parametrelerini araştırmışlardır. Deneyler sonunda minimum takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü için, kesme hızının 75 ve 175 m/dak ve ilerleme oranını ise 0.10 ve 0.50 mm/dev olarak tespit etmişlerdir.

Davim ve ark. (2009) karbon elyaf takviyeli kompozitlerin delinmesinde oluşan deformasyon ve tabaka ayrılmasını dijital resim analiz yoluyla araştırmışlardır. Bu malzemelerin delinmesinde kesme parametresi olarak 50, 60 ve 70 m/dak kesme hızı, 0.25, 0.30 ve 0.35 mm/dev ilerleme oranlarını seçmişlerdir. Delme parametrelerinin oluşan hasar üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Davim ve ark. (2008) CETP kompozitlerin delinmesi sırasında kesici takım geometrisinin deformasyon faktörü üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Deneysel çalışmada kesme hızı, ilerleme miktarı ve kesici takım geometrisinin deformasyon faktörü ve takım aşınması üzerine etkilerini incelenmiştir. Kesme hızları 55, 71, 86 m/dak ve ilerleme 0.05, 0.10, 0.15 ve 0.20 mm/dev olarak kullanılmıştır. Kesme parametrelerine bağlı olarak kesici takımların oluşturduğu hasar görüntülenmiş ve karşılaştırılmıştır. İlerleme ve kesme hızının artması ile deformasyonun arttığını tespit etmişlerdir.

Davim ve ark. (2007) KETP malzemenin 112 m/dak ve 120 m/dak gibi yüksek hızlarda delinmesinde kesme parametrelerinin deformasyona ve yüzey pürüzlülüğüne etkilerini incelemişlerdir. Deliğin giriş kısmında oluşan deformasyonun çıkış kısmında oluşan deformasyondan daha az olduğunu belirlemişlerdir. Deformasyonu etkileyen parametrelerin kesme hızı, ilerleme ve uç açısı olduğunu ifade etmişlerdir. Düşük kesme hızlarında deformasyonun arttığını belirtmişlerdir. Ayrıca, deformasyonu azaltmak için ilerleme ve matkap uç açısının düşük seçilmesini önermişlerdir.

Davim ve ark. (2004 a) CETP kompozit malzemelerin delinmesi üzerine yaptıkları çalışmada kesme hızı ve ilerlemenin kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğüne olan etkilerini araştırmışlardır. Yüksek hız ve ilerleme değerlerinde deformasyon faktörünün arttığını gözlemlemişlerdir. Kesme hızı ve ilerlemenin azalması ile yüzey pürüzlülüğünün arttığı sonucuna ulaşmışlardır.

Krishnamoorthy ve ark. (2011) KETP malzemelerin havacılık sanayisinde, ulaşım ve spor alanlarında önemli kullanım yerlerine sahip olmasını değerlendirmişler.

Endüstride en yaygın kullanılan talaşlı işleme yönteminin delik delme olduğunu ve KETP kompozitlerin delinmesinde malzemede oluşan hasarı incelemişler. Bu malzemelerin delinmesinde, delik giriş ve çıkışındaki oluşan deformasyonun önemli bir hasar olduğunu belirtmişlerdir. Yüksek kesme hızı ve düşük ilerleme değerlerinde yapılan delme işlemlerinde, delik giriş ve çıkışındaki deformasyonun ve delinmiş yüzey pürüzlülük değerinin azaldığı sonucuna ulaşmışlardır.

Shyha (2009) çalışmalarında tungsten karbür (WC) matkap kullanarak 3 mm kalınlığındaki KETP kompozitlere 1,5 mm çapında delikler açmışlardır. Delme parametrelerinin kesme kuvveti ve gücü, delik giriş ve çıkışında oluşan deformasyon ve delik çapındaki sapma üzerine etkilerini araştırmışlardır.

Faraz ve ark. (2009) karbür takımlarla KETP malzemelerinin farklı kesme parametrelerinde delinmesini ve takım aşınmasını araştırmışlardır. Delme esnasında takımda oluşan aşınmanın kesici kenar boyunca olduğunu görmüşler.

Santhanakrishnan ve ark. (2007) KETP kompozitlerin işlenmesi ile ilgili bir çalışma yürütmüşlerdir. 50 m/dak ve 60 m/dak olmak üzere küçük kesme hızlarında yüksek yüzey pürüzlülük değerleri elde ederlerken 90 m/dak ve 100 m/dak gibi büyük kesme hızlarında ise yüzey pürüzlülük değerlerinin düştüğünü ifade etmişlerdir.

Lin ve Chen (1996) cam elyaf takviyeli hasır örgülü kompozitlerin, yüksek kesme hızlarında işlenmesi ile ilgili gerçekleştirmiş oldukları deneylerde, kesme hızının 50 m/dak dan 100 m/dak ya yükseltilmesi ile kesici takımda oluşan aşınmanın da arttığını tespit etmişlerdir.

Mohan ve ark. (2007) CETP kompozitlerin delinmesi adlı çalışmalarında, malzeme kalınlığı ile kesme hızının iş parçası giriş ve çıkışında oluşan deformasyonunu etkilediğini belirlemişlerdir.

Abrao ve ark. (2008) çalışmalarında cam elyaf takviyeli kompozit malzemelerin delinmesinde, delme parametrelerinin, matkap uç geometrisi ve takım malzemesinin ilerleme kuvveti ve deformasyon üzerindeki etkilerini incelemişlerdir.

Hocheng ve Tsao (2006) KET kompozitlerin delinmesinde, matkap uç geometrisinin ilerleme kuvveti ve deformasyon üzerindeki etkisini araştırmışlardır.

Davim ve ark. (2004b) farklı geometriye sahip WC matkaplar ile cam elyaf takviyeli kompozitlerin farklı delme parametrelerinde delinmesinde, delme parametrelerinin ilerleme kuvveti ve deformasyon üzerine etkilerini araştırmışlardır.

Davim ve Reis (2003) KET kompozitlerin delinmesinde, kesici takım malzemesi ve takım uç geometrisinin deformasyon üzerine tesirini incelemişler.

Chen (1997) KETP kompozitlerin farklı takım uç geometrisi ve helis açısına sahip HSS takımlarla delinmesinde, takım geometrisinin kesme kuvveti ve momenti üzerine etkilerini araştırmıştır. Matkap uç açısının artmasıyla ilerleme kuvvetinde artış olduğunu fakat kesme momentinin azaldığını belirtmişlerdir. Ayrıca takım uç açısının ve helis açısının artması ile ilerleme kuvvetinin ve momentin arttığını ifade etmiştir.

Enemuoh ve ark. (2001) 75° - 160° uç açılı matkaplarla karbon elyaf epoksi malzemelerin delinmesinde meydana gelen deformasyonu ve yüzey pürüzlülüklerini araştırmışlardır. 75° uç açılı matkaplarla yapılan deneylerde minimum deformasyon ve yüzey pürüzlülüğü elde etmişlerdir.

Işık (2013) CETP kompozitlerin delinmesinde, farklı kesme hızı ve ilerleme oranının delik civarında oluşan deformasyon faktörü üzerine etkilerini deneysel olarak araştırmışlardır. Delik girişinde oluşan deformasyon faktörüne, etki eden kesme parametrelerini ve takım geometrilerini incelemiştir. Deneyler sonucunda, ilerlemenin ve kesme hızının artması ile deformasyon faktörünün azaldığını belirtmiştir.

Ünüvar ve ark. (2015) nano parçacık takviyeli ve takviyesiz CETP kompozitlerin delinmesinde, kesme parametrelerinin ve takım uç geometrisinin ilerleme kuvveti ve deformasyona etkilerini deneysel olarak araştırmışlardır.

Işık ve Gültekin (2015) KETP kompozit malzemeyi çift atlamalı (twill) şeklinde hasır yapısına sahip plaka biçiminde üretmişler. Bu plakalarda 0.2, 0.3 ve 0.4 mm/dev ilerleme hızlarında ve 50, 70 ve 90 m/dak kesme hızlarında, delme işlemi uygulanmış ve delik içi yüzey pürüzlülüğünü ölçmüşlerdir. Elde edilen sonuçlara göre plakalarda kesme hızı arttıkça yüzey pürüzlülüğün azalmakta olduğunu, ilerleme arttıkça yüzey pürüzlülüğün arttığını ifade etmişlerdir.

Karpat ve Bahtiyar (2015) çok kristalli elmas yapılı malzemeden iki farklı geometriye sahip matkaplarla KETP malzeme üzerinde delik açma deneyleri gerçekleştirmişlerdir. Delme parametrelerinin ve matkap ucu geometrisinin deformasyon faktörü ve takım aşınmasına olan etkilerini araştırmışlardır. İlerlemenin artırılması ve bununla beraber devir sayısının düşürülmesi ile takım ömrünün artırılabilceğini savunmuşlar.

Köklü ve ark. (2015) fonksiyonel derecelendirilmiş kompozit malzemelerin delme performanslarının incelenmesi için farklı devir sayıları ve ilerleme oranlarını tercih ederek deneyler gerçekleştirmişler. Kesme hızı ve ilerlemenin tork, ilerleme kuvveti ve hasar faktörüne etkisini değerlendirmişler.

Davim ile ark. (2007), kompozit plakaların delinmesi işlemi sırasında oluşan deformasyon üzerine etki eden parametreleri araştırmışlardır. Deneyle, 5 mm çapında WC karbür matkaplar kullanılarak gerçekleştirmişlerdir. Yüksek kesme hızı ve ilerleme değerlerinde deformasyon faktörünün büyük olduğunu belirlemişlerdir.

Tsao (2007), karbon elyaf kompozit malzemesinin delinmesi sırasında ortaya çıkan yüzey hasarı üzerine etki eden parametreleri araştırmıştır.

Canpolat (2008) CETP kompozit malzemelerin delinebilirliğini, HSS, TiN ve karbür matkap kullanarak incelemiştir. Çalışmalar sonucunda, ilerleme değerinin artması ile, yüzey pürüzlülüğünde artış olduğu gözlemlenmiş ve en iyi yüzey kalitesinin karbür matkaplarla elde edildiğini ifade etmişlerdir.

Ekici (2009), CETP kompozit tabakaların delinmesi sırasında meydana gelen yüzey hasarını incelemiştir. Çalışmalarında 2, 3 ve 4 ağızlı ve 60°, 90° ve 120° uç açılına sahip HSS matkap kullanmış. Artan kesme hızı ile yüzey hasarlarında azalma olduğunu artan ilerlemede ise yüzey hasarlarında artış olduğunu ifade etmiştir.

Camuşcu ve ark. (2010) elyaf takviyeli kompozit malzemelerin karbür kesiciler ile delinebilirliğini deneysel olarak araştırmıştır. Deneyle sonucunda, ilerleme oranının kesici takım aşınmasına ve kompozitte elyaf kopmasına neden olduğu belirtilmiştir. Düşük ilerleme oranlarında yapılan delme işleminde daha fazla delik delme yapılabileceğini ve kesme hızındaki artışla da daha fazla delik delinebileceğini ifade etmişlerdir.

Işık ve Altan (2010) KETP kompozit malzemelerin delinmesinde, delik giriş ve çıkışında meydana gelen yüzey hasarlarını incelemiştir. Yüksek kesme hızı ve ilerleme değerlerinde deformasyon faktöründe artış olduğu, ayrıca kesici takım uç açısının artması ile de deformasyon faktöründe artış meydana geldiğini belirtmişlerdir.

Kılıçkap (2010), CETP kompozit malzemelerin delinmesi işlemi sırasında oluşan deformasyonu incelemiştir. Deformasyon üzerinde kesme hızı ile ilerleme değerlerinin etkili olduğu ve bu değerlerin artması ile deformasyonda artış meydana geldiğini ifade etmiştir. Ayrıca deformasyon faktörü üzerine takım uç geometrilerinin de etkili olduğu belirtmiştir.

Kılıçkap ve Çelik (2012) G10 EPGC 201 kompozit malzemesinin delinmesi sırasında meydana gelen deformasyonu incelemiştir. Onlar ilerleme, kesme hızı ve matkap uç açısının delik giriş ve çıkışında oluşan deformasyonu büyük ölçüde etkilediğini belirtmişlerdir. Deformasyona en fazla tesir eden parametrenin ilerleme olduğunu ifade etmişlerdir.

Koyunbakan ve ark. (2015), CETP kompozit malzemesinin delinmesi sırasında oluşan ilerleme kuvvetinin tahmin edilebilmesi için matkap geometrisi ve kesme parametrelerine dayalı bir model olan, adaptif ağ tabanlı bulanık mantık çıkarım sistemini (ANFIS) sunmuşlardır. İlerleme kuvveti üzerinde en etkin parametrenin matkap geometrisi olduğunu belirtmişlerdir.

Karnik ve ark. (2008), yapay sinir ağları (ANN) yöntemini kullanarak karbon elyaf takviyeli kompozit malzemelerin delinebilirliğini araştırmışlardır. Devir sayısındaki artış ile deformasyonun azaldığını ve daha büyük uç açılı matkap kullanıldığı zaman ise yüzey hasarında artış meydana geldiğini belirtmişlerdir.

Giasin ve ark. (2015) GLARE 2B 11 / 10-0.4 elyaf metal laminatlarda kriyojenik sıvı azot ve minimum miktarda yağlama (MQL) soğutma maddesinin delinmiş delik kalitesi üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Delik kalitesi üst ve alt alüminyum levhaların delik kenarı üzerindeki çapak oluşumunu inceleyerek ve nominal delik büyüklüğü ve daireselliğin sapmasını inceleyerek değerlendirilmesini yapmışlar. Çalışmalar sonucunda, benzer derecedeki GLARE laminatları ile ilgili önceki bir araştırmadan elde edilen kuru (yağlanmamış) delme çalışmaları ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, kriyojenik ve minimum miktarda yağlama soğutma sıvılarının kullanılmasıyla, çapak oluşumunun önemli ölçüde azaltılabileceğini ifade etmişlerdir.

Kuzu ve ark. (2016) delik delme işlemi esnasında farklı soğutma koşullarının iş parçası ve takım sıcaklıklarına olan etkisini incelemişlerdir. Delik delme işlemlerini, 6 bar basınçlı hava, kuru, sulu, karbondioksit gazı ve MQL kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Tercih edilen soğutucu akışkanları, matkabın içerisinden geçirerek hem takım hem de iş parçasını delme işlemi esnasında soğutmuşlardır. Kesme sıvısının kullanıldığı sulu kesme ve MQL şartlarında talaş sıkışmasından ötürü dönme momenti (tork) ve sıcaklıkların hızlı bir biçimde yükseldiğini belirtmişlerdir. Sadece karbondioksit gazı, soğutucu akışkan olarak kullanıldığında ise delik delme işlemi daha kararlı hale gelmiştir. Sıcaklıkların ise, talaş sıkışmasının gerçekleştiği kısımda daha düşük seviyelerde olduğunu ifade etmişlerdir.

Yaşar ve ark. (2016) KETP kompozit malzemesinin farklı geometriye sahip WC matkaplarla kuru kesme koşullarında (sabit ve farklı ilerleme) ve MQL yöntemiyle uygulanan delme işlemleri sırasında meydana gelen itme kuvveti (F_z) ve deformasyon faktörü (F_d) üzerine delme parametrelerinin etkilerini araştırmışlardır. Delme deneylerini, farklı takım uç açılarıyla (120° , 130° ve 140°) ve kesme parametreleriyle (kesme hızı, ilerleme miktarı) yapmışlardır. Delik çıkışında, MQL uygulanarak ve

ilerleme miktarının % 50 aşıya çekilmesi ile gerçekleştirilen delme işlemlerinde, ulaşılan verilerin, sabit ilerlemede ulaşılan verilere göre sırasıyla; Fz için % 14 ve % 18, Fd için % 8 ve % 4 daha az olduğunu belirtmişler. Delme parametrelerinin Fz ve Fd üzerindeki etkilerini % 95 güven düzeyinde yapılan varyans analiz yöntemiyle belirtmişlerdir. En etkin parametrenin ise ilerleme miktarı olduğunu ifade etmişlerdir.

Xia ve ark. (2016) kriyojenik soğutmanın delme performansına etkilerini araştırarak kapsamlı ve sistematik bir çalışma sunmuşlardır. KETP kompozit malzemelerin delinmesinde matkap uç geometrisini ve delme parametrelerinin takım aşınması, kesme momenti, deformasyon ve yüzey kalitesi üzerine kriyojenik soğutmanın etkisini araştırmışlardır. Kriyojenik soğutmanın takım aşınmasını önemli derecede azalttığını belirlemişlerdir. Ayrıca kriyojenik delme işleminde ilerleme kuvvetini ve deformasyonu artırdığını gözlemlemişlerdir.

Wang ve ark. (2016) Kevlar 49 ETP kompozitlerin kriyojenik şartlarda frezelenme performansını incelemişler. Soğuk frezelemede oluşan kesme kuvvetinin kuru şartlardakine göre daha yüksek olduğunu ifade etmişlerdir. Kriyojenik frezelemede kuru şartlara göre daha kaliteli yüzey elde etmişlerdir.

Yashiro ve ark (2013), karbon elyaf takviyeli plastiklerin (KETP) frezelenmesi sırasında iş parçası ve kesici takımında oluşan sıcaklıkları tespit etmek için birtakım deneyler gerçekleştirmişlerdir.

Ishida ve arkadaşları (2014), KETP'in frezelenmesi sırasında işleme kalitesini iyileştirmek, oluşan ısıyı ve deformasyonu önlemek için kriyojenik soğutma yöntemini uygulamışlardır.

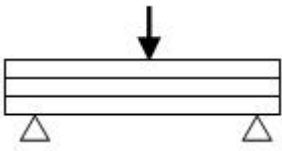
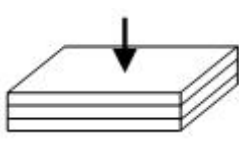
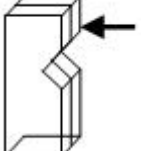


Bhudwannachai (2014),KETP'in delinmesinde kriyojenik takım soğutmanın delme performansına tesirini incelemişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Deneylerde Kullanılan Kompozit Malzeme

Cam elyaf takviyeli plastik (CETP) kompozitlerin delinmesinde oluşan deformasyon, sıcaklık ve yüzey pürüzlüğü üzerine iş mili devri, ilerleme oranı ve soğutma şartlarının etkisinin araştırıldığı bu deneysel çalışmada; deney malzemesi olarak elyaflar arası açısı 90° , örgü yoğunluğu 1.9 g/cm^3 olan hasır biçiminde 18 katmandan oluşan CETP kompozit (EP GC 203) seçilmiştir. Bu malzemenin TS-EN 60893 standartlarına göre mekanik özellikleri Tablo 3.1’de verilmiştir. Vakum infüzyon yöntemiyle üretilmiş olan bu numuneler $500 \times 500 \times 10 \text{ mm}$ boyutlarında İzoreel firmasından temin edildi. Daha sonra bu malzeme $40 \times 100 \times 10 \text{ mm}$ boyutlarında kesildi.

Tablo 3.1. EP GC 203 kompozitin mekanik özellikleri (İzoreel, 2017)

Özellikler (TS-EN60893)						
Eğilme Mukavemeti		Elastisite Modülü	Basma Mukavemeti	İzod Darbe Mukavemeti	Kesme Mukavemeti	Çekme Mukavemeti
Oda Sıc.	Yüksek Sıc.					
Mpa	Mpa	Mpa	Mpa	kJ/m^2	Mpa	Mpa
450	300	20.000	550	65	55	320
						

3.2. Deney Parametrelerinin Belirlenmesi

Deneylerde uygulanan kesme parametreleri daha önce gerçekleştirilmiş çalışmalar ve ön deneyler göz önüne alınarak belirlenmiştir. Cam elyaf takviyeli kompozit malzemenin delinmesi için önerilen kesme hızları $50 \sim 200 \text{ m/dak}$ arasındadır (Davim ve ark.,2007). Ancak bazı araştırmacılar, daha küçük ve daha yüksek hızlarda da çalışmışlardır. Bu nedenle kesme parametreleri 1000 , 2000 ve 3000 dev/dak iş mili devri ve 0.05 , 0.1 ve 0.15 mm/dev ilerleme değerleri seçilmiştir.

Tablo 3.2. Deneylerde kullanılan parametreler

<i>Deney No.</i>	<i>İş Mili Devri n, (dev/dak)</i>	<i>İlerleme Oranı f, (mm/dev)</i>	<i>Delme Ortamı</i>
1	1000	0.05	Kuru
2	1000	0.1	Kuru
3	1000	0.15	Kuru
4	2000	0.05	Kuru
5	2000	0.1	Kuru
6	2000	0.15	Kuru
7	3000	0.05	Kuru
8	3000	0.1	Kuru
9	3000	0.15	Kuru
10	1000	0.05	Basınçlı Hava
11	1000	0.1	Basınçlı Hava
12	1000	0.15	Basınçlı Hava
13	2000	0.05	Basınçlı Hava
14	2000	0.1	Basınçlı Hava
15	2000	0.15	Basınçlı Hava
16	3000	0.05	Basınçlı Hava
17	3000	0.1	Basınçlı Hava
18	3000	0.15	Basınçlı Hava
19	1000	0.05	CO ₂
20	1000	0.1	CO ₂
21	1000	0.15	CO ₂
22	2000	0.05	CO ₂
23	2000	0.1	CO ₂
24	2000	0.15	CO ₂
25	3000	0.05	CO ₂
26	3000	0.1	CO ₂
27	3000	0.15	CO ₂

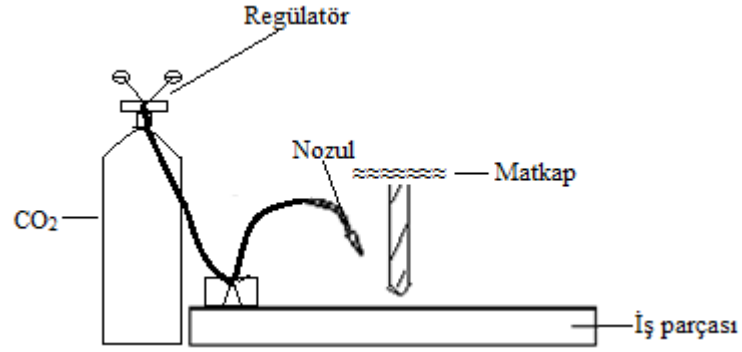
3.3. Deneylerde Kullanılan Kesici Takım

Cam elyaf; sert, aşındırıcı ve düşük termal iletkenlik katsayısına sahip olduğu için cam elyaf takviyeli kompozit malzemenin delinmesinde yüksek takım aşınması ile karşılaşmaktadır (Gaitonde ve ark., 2009). Bu nedenle deney sonuçlarının takım aşınmasından etkilenmemesi için her parametrede yeni bir takım kullanılmıştır. Deneylerde Nachreiner marka (DIN81897) 7 mm çapında 118° uç açısına sahip sert karbür (WC) kullanılmıştır.

3.4. Deneylerde Kullanılan Soğutucular

Kompozit malzemenin delinmesinde soğutma ortamının kesme kuvveti, kesme sıcaklığı, deformasyon faktörü ve yüzey pürüzlülüğü üzerine etkilerini belirlemek için delme işlemleri kuru, basınçlı hava (6 bar) ve CO₂ gazı kullanarak gerçekleştirildi.

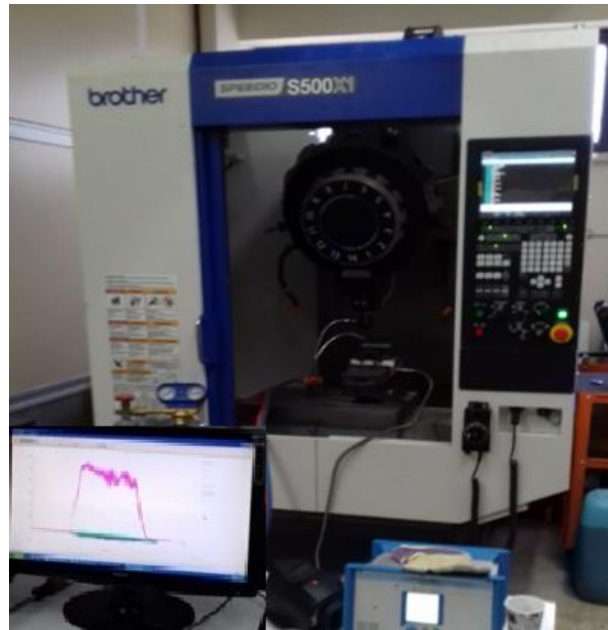
Basınçlı hava ve CO₂ gazının kesme bölgesine gönderilmesi için nozullar Şekil 3.1.'de gösterildiği gibi kesme noktasından 15 mm mesafede olacak şekilde yerleştirildi.



Şekil 3.1. Nozulun iş parçası üzerindeki konumu

3.5. Deneyde Kullanılan Tezgâh

EP GC 203 kompozit malzemenin delinmesinde, Dicle Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Talaşlı İmalat Laboratuvarında bulunan Brother marka S500X1 model CNC işleme merkezi kullanılmıştır (Şekil 3.2). Bu tezgah 500mmx400mm işleme kapasitesine sahip olup iş mili maksimum 10000 dev/dak dönme devrine ve 9.5 kVA gücüne sahiptir.



Şekil 3.2. CNC işleme merkezi

3.6. Kesme Kuvvetlerinin Ölçümü

EP GC 203 kompozit malzemenin delinmesinde, delme kuvvetlerini belirlemek için Dicle Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Talaşlı İmalat Laboratuvarında bulunan –5 ile 10 KN ölçme kapasitesine sahip Kistler marka 9257B model üç bileşenli kuvvet ölçme cihazı (Dinamometre) kullanılmıştır (Şekil 3.3). Dinamometreye ait teknik özellikler Tablo 3.3’te verilmiştir.

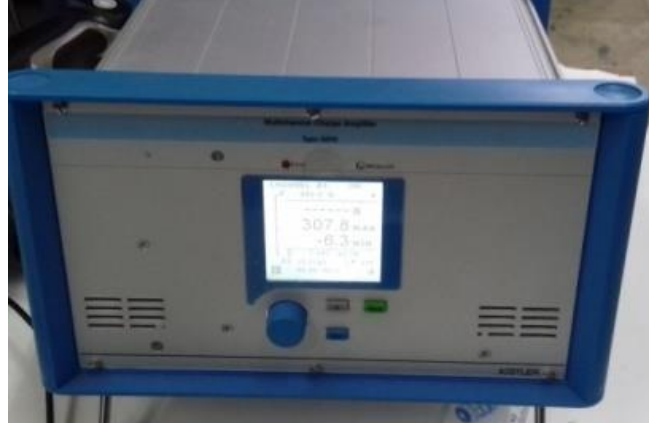
Dinamometreden gelen sinyaller Kistler 5070-A çok kanallı amplifier (Şekil 3.4) kullanılarak bilgisayara aktarılmıştır. Daha sonra verilerin değerlendirilmesi ve gerekli grafiklerin elde edilmesi için Windows işletim sistemi ile uyumlu Kistler Dynoware 2825A yazılımından yararlanılmıştır. İş parçasının dinamometreye bağlantısı Şekil 3.5’te gösterilmiştir.

Tablo 3.3. Deneyleerde kullanılan dinamometrenin teknik özellikleri

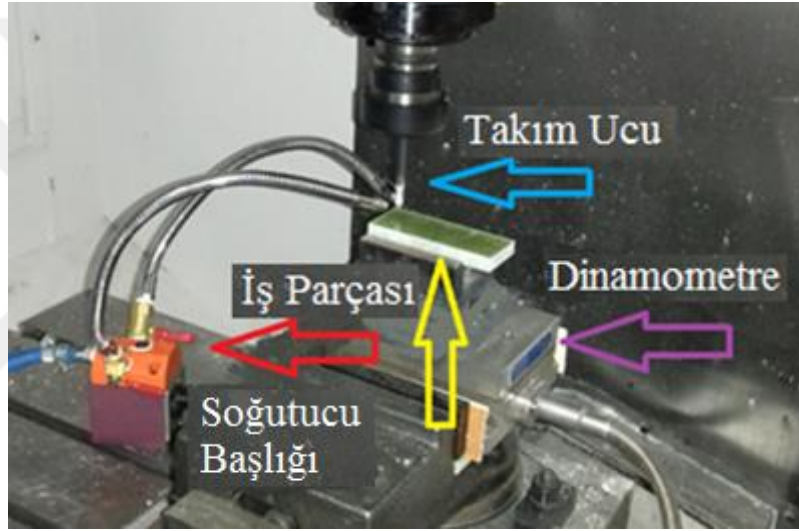
Özellikler	Ölçüm Birimi	Type 9257B
Ölçüm Aralığı(Fx)	kN	-5.00, 10.0
Ölçüm Aralığı(Fy)	kN	-5.00, 10.0
Ölçüm Aralığı(Fz)	kN	-5.00, 10.0
Eksen Sayısı	-	3
Ölçüm Modu	-	Drekt
İşlem Sıcaklık Aralığı	°C	0...70
Uzunluk	Mm	170
Genişlik	Mm	100
Ağırlık	Mm	60
Koruma Derecesi	IP	67
Değiştirilebilir Kablo	-	Var
Bağlantı Kablosu	-	Fİş



Şekil 3.3. Kistler 9257B piezo-elektrik dinamometre



Şekil 3.4. Kistler 5070-A çok kanallı amplifier



Şekil 3.5. İş parçasının dinamometreye bağlantı şekli

3.7. Yüzey Pürüzlülüğünün Ölçümü

Delinen iş parçalarının yüzey pürüzlülüğünü ölçmek için, Time marka TR200 model dijital göstergeli mekanik iğneli bir yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.6). Bu cihazın ölçme aralığı Ra: 0.01-40 μm , Rq: 0.02-160 μm ve Ry: 0.3 ~160 μm arasındadır. Ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra), delik yüzeyinde 90° aralıklarla işleme yönünden ölçülmüş olup 4 ölçümün ortalaması alınarak bulunmuştur.



Şekil 3.6. Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı

3.8. Sıcaklık Ölçümü

EP GC 203 kompozit malzemenin delinmesinde, delme esnasında oluşan kesme sıcaklığı Testo 881-2 marka termal kamera kullanılarak tespit edilmiştir (Şekil 3.7). Bu termal kameranın özellikleri Tablo 3.4'te verilmiştir.



Şekil 3.7. Sıcaklık ölçümünde kullanılan termal kamera

Tablo 3.4. Termal kamera özellikleri

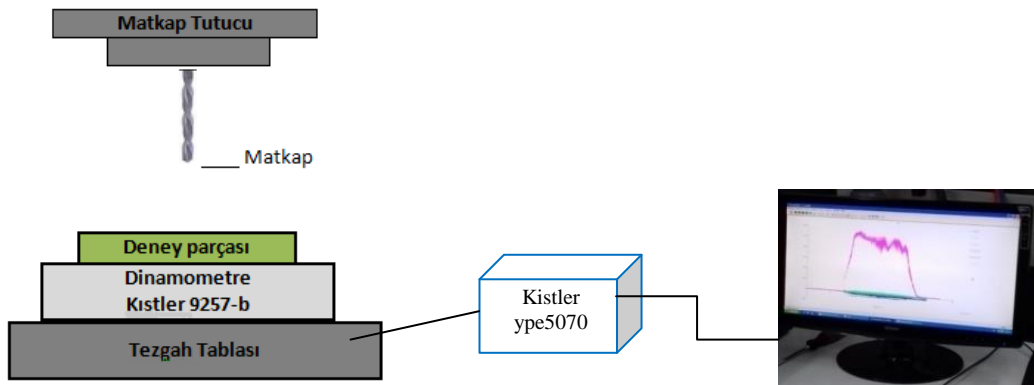
Özellik	Değeri
İnfrared çözünürlük	320 x 240 pixel
Odak	manuel ve motor odaklama
Görüntü yenileme oranı	8-15 Hz
Görüntü boyutu	640 x 480 piksel
Geometrik çözünürlük (IFOV)	standart lens 3.3 mrad
Min. odak mesafesi	0,1 m
Termal duyarlılık	< 80 mK 30 °C'de
Görüş alanı	32° x 23°
Ekran tipi	3.5" LCD ekran ile 320 x 240 piksel

3.9. Deformasyon Ölçümü

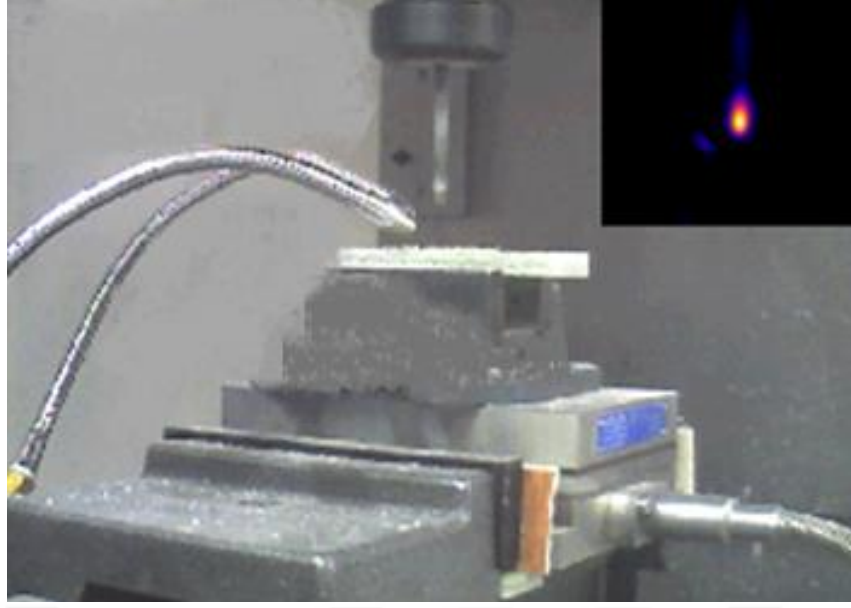
EP GC 203 cam elyaf takviyeli kompozit malzeme delindikten sonra, delik civarında oluşan deformasyonu ölçmek için optik bir mikroskop (Nikon Epiphot 200) kullanılmıştır. Deformasyon faktörünü bulmak için ilk önce delik civarındaki maksimum çap (D_{maks}) ölçüldü. Daha sonra eşitlik (1.1)'de deformasyon faktörü (F_d) hesaplandı.

3.10. Deneysel Çalışmaların Yapılışı

EP GC 203 kompozit malzemenin farklı matkaplarla delinmesinde, işleme kalitesi üzerine delme parametreleri ve soğutma şartlarının etkilerini belirlemek için bir dizi deney yapıldı. Kompozitlerin delinmesi kuru, basınçlı hava ve karbondioksit gazı kullanılarak yapıldı. Bu işlemler her bir parametre için ayrı ayrı yapılmıştır. Kesme kuvvetleri dinamometre yardımıyla çok kanallı yükselticiye (amplifier) iletilen sinyaller vasıtasıyla bilgisayara aktarılıp, dynoware programı kullanılarak elde edilmiştir. Şekil 3.8'de deney düzeneği şematik olarak gösterilmiştir ve delme işlemi sonrasında yüzey pürüzlülüğü ve deformasyon faktörü hesaplanmıştır. Termal kamera ile delme işlemi sırasında oluşan sıcaklık değerleri kaydedilerek delme sıcaklıkları ölçülmüş. Şekil 3.9'da termal kamera görüntüsü verilmiştir.



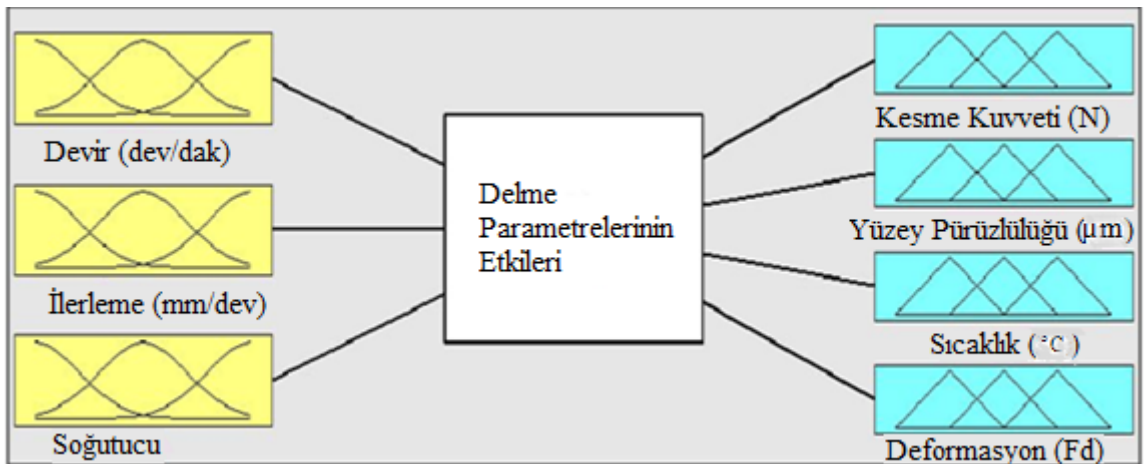
Şekil 3.8. Delme deney düzeneğinin şematik resmi



Şekil 3.9. CO₂ soğutma şartında 9 nolu deney sonucunda elde edilen termal kamera görüntüsü

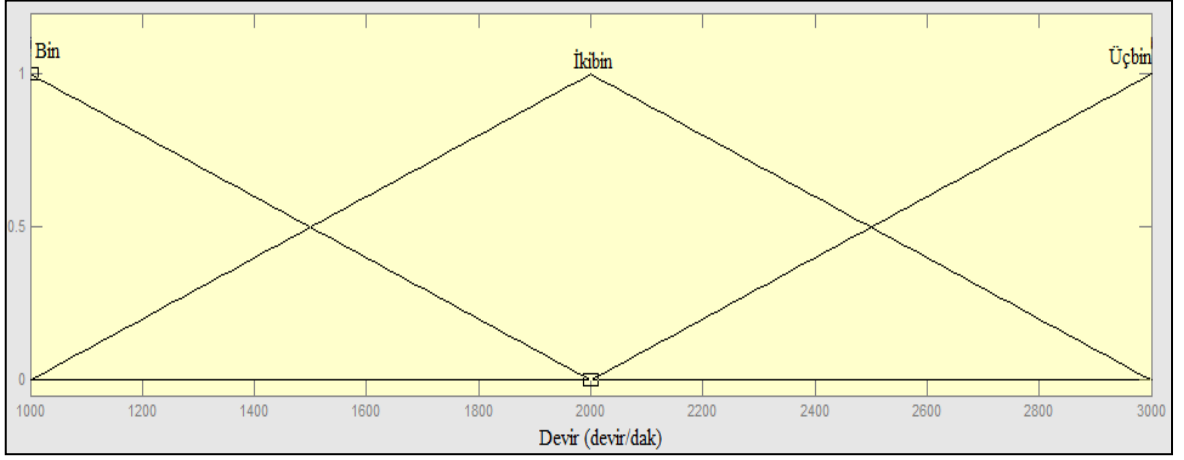
3.11. Bulanık Mantık Analizi

EP GC 203 CETP kompozit malzemenin WC matkapla delinmesinde elde edilen verilerin, bulanık mantık yöntemiyle irdelenmesi ve deney sonuçlarıyla karşılaştırılması gerçekleştirilmiştir. Ayrıca devir sayısı, ilerleme oranı ve soğutma şartları gibi parametrelerin kesme kuvveti, kesme sıcaklığı, yüzey pürüzlülüğü ve deformasyon faktörü arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Bulanık mantık giriş ve çıkış arasındaki ilişkiler Şekil 3.10-3.18’de gösterilmiştir.

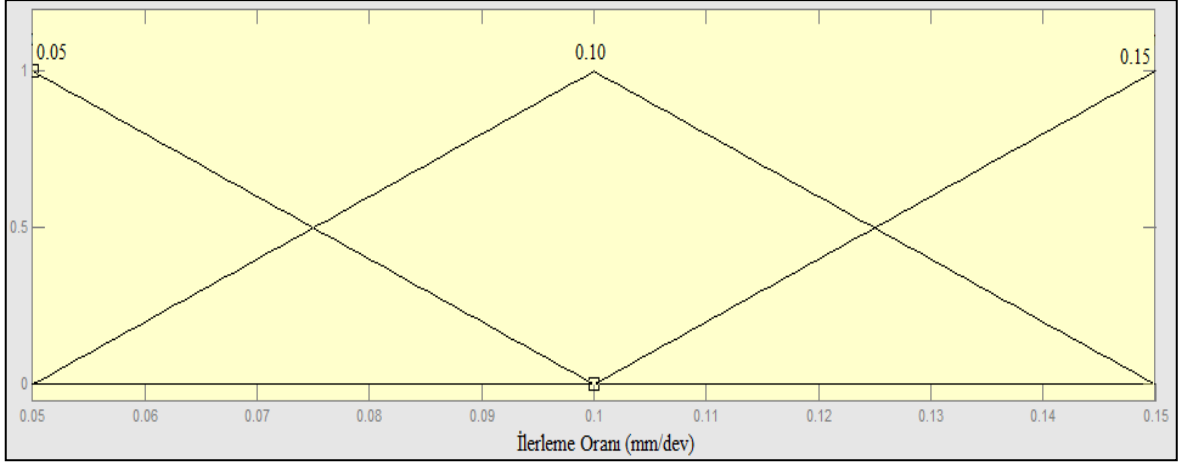


Şekil 3.10. Giriş ve Çıkış Üyelik Fonksiyonları

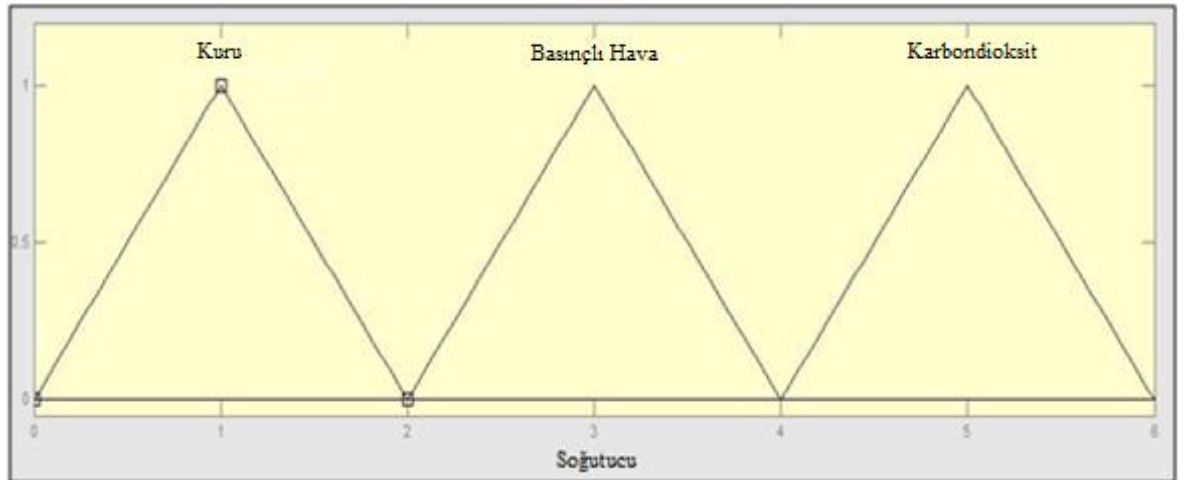
Giriş ve çıkış değerlerinin modellenecek problem kaynağındaki ağırlıklarına göre tüm değerlerin üyelik fonksiyonları belirlenmiştir.



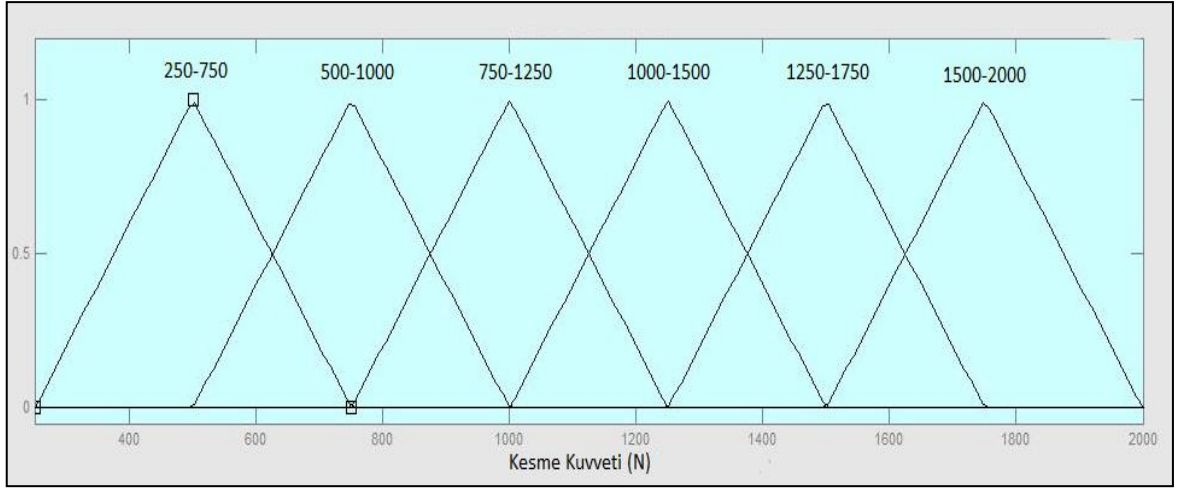
Şekil 3.11. Bulanık mantık giriş parametresi-devir



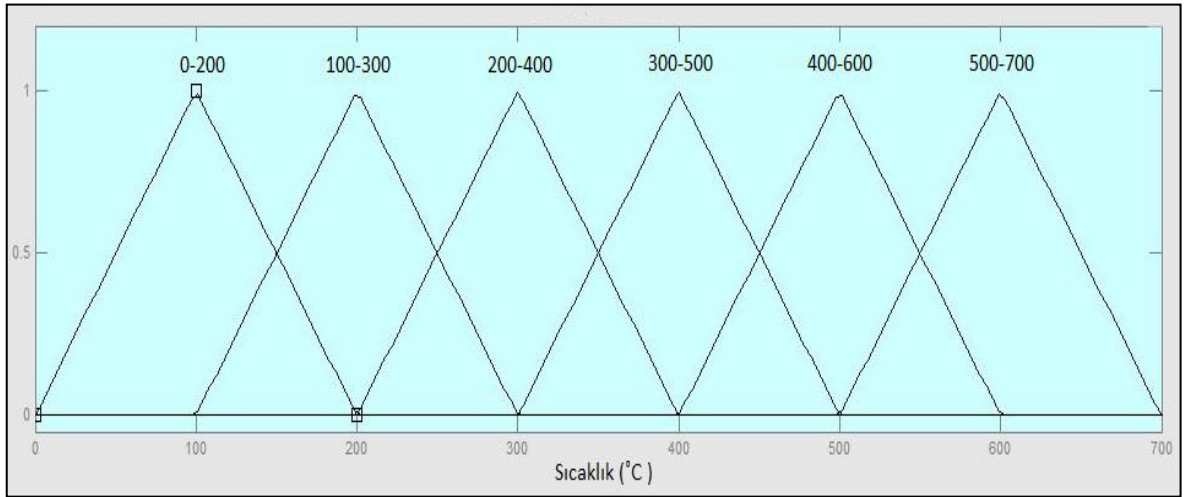
Şekil 3.12. Bulanık mantık giriş parametresi-ilerleme



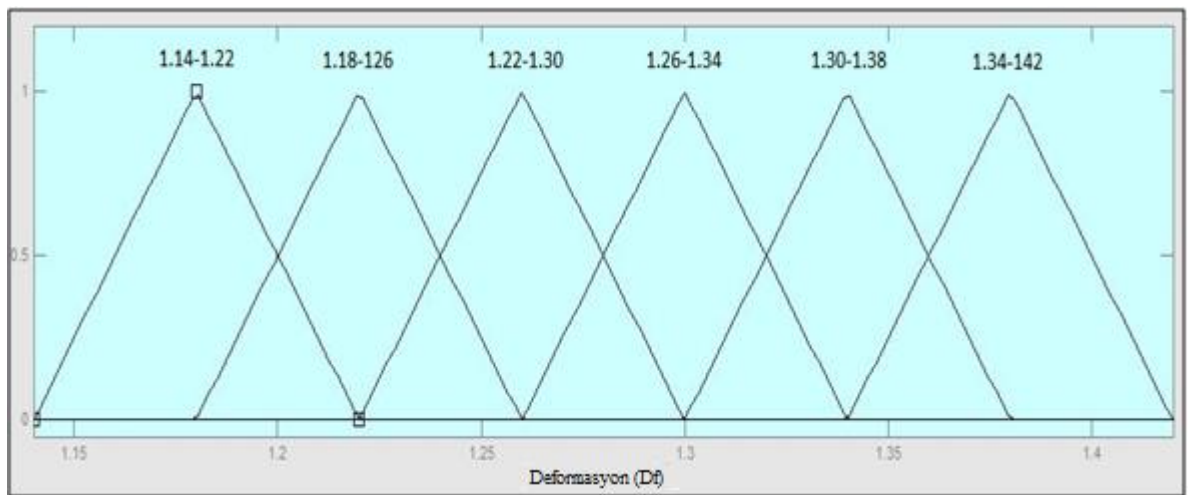
Şekil 3.13. Bulanık mantık giriş parametresi-soğutucular



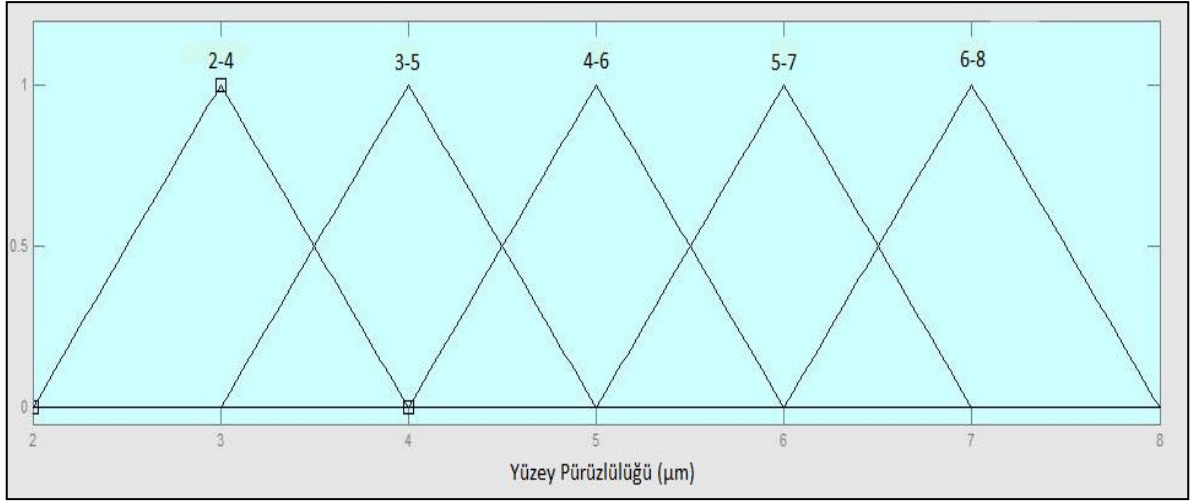
Şekil 3.14. Bulanık mantık çıkış parametresi-kesme kuvveti



Şekil 3.15. Bulanık mantık çıkış parametresi-sıcaklık



Şekil 3.16. Bulanık mantık çıkış parametresi-deformasyon faktörü



Şekil 3.17. Bulanık mantık çıkış parametresi-yüzey pürüzlülüğü

Üyelik fonksiyonlarının belirlenmesinin ardından her bir üyelik fonksiyonu arasındaki bağlantıyı belirlemek için kurallar yazılmıştır. Bu kurallar;

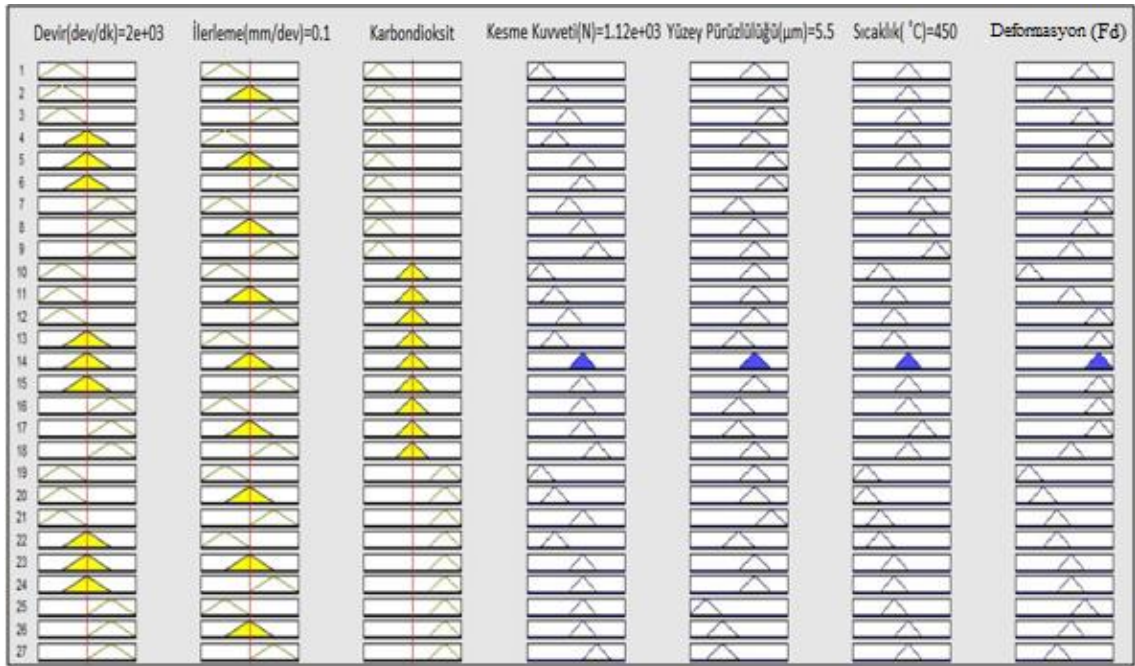
1. Eğer bin devirde ve 0.05 ilerlemede ve kuru ortam ise; kesme kuvveti (250-750)N, yüzey pürüzlülüğü (5-7) μm , sıcaklık (300-500) $^{\circ}\text{C}$, deformasyon (1.30-1.38)
2. Eğer bin devirde ve 0.10 ilerlemede ve kuru ortam ise; kesme kuvveti (500-1000)N, yüzey pürüzlülüğü (6-8) μm , sıcaklık (300-500) $^{\circ}\text{C}$, deformasyon (1.22-1.30)
3. Eğer bin devirde ve 0.15 ilerlemede ve kuru ortam ise; kesme kuvveti (750-1250)N, yüzey pürüzlülüğü (6-8) μm , sıcaklık (300-500) $^{\circ}\text{C}$, deformasyon (1.30-1.38)

.....

.....

25. Eğer üçbin devirde ve 0.05 ilerlemede ve karbondioksit ise; kesme kuvveti (250-750)N, yüzey pürüzlülüğü (5-7) μm , sıcaklık (300-500) $^{\circ}\text{C}$, deformasyon (1.30-1.38)
26. Eğer üçbin devirde ve 0.10 ilerlemede ve karbondioksit ise; kesme kuvveti (1000-1500)N, yüzey pürüzlülüğü (3-5) μm , sıcaklık (200-400) $^{\circ}\text{C}$, deformasyon (1.26-1.34)
27. Eğer üçbin devirde ve 0.15 ilerlemede ve karbondioksit ise; kesme kuvveti (1250-1750)N, yüzey pürüzlülüğü (4-6) μm , sıcaklık (200-400) $^{\circ}\text{C}$, deformasyon (1.26-1.34)

Bütün kurallar yazıldıktan sonra, bulanık mantık sisteminde sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 3.18. Giriş parametrelerine bağlı tahmini çıkış sonucu

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

EP GC 203 kompozit malzemenin WC matkaplarla delinmesinde iş mili devri, ilerleme oranı ve soğutma ortamı gibi parametrelerin kesme kuvveti, kesme sıcaklığı, deformasyon faktörü ve yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri araştırılmış olup elde edilen sonuçlar Tablo 4.1- 4.3'te verilmiştir.

Tablo 4.1. Kuru delme ortamında elde edilen değerler

Deney No.	İş Mili Devri, n (dev/dak)	İlerleme Oranı, f (mm/dev)	Kesme Kuvveti, F (N)	Kesme Sıcaklığı, T (°C)	Deformasyon Faktörü, Fd	Ort.Yüzey pürüzlülüğü, Ra (µm)
1	1000	0.05	496.89	386.4	1.27	6.37
2	1000	0.10	689.47	404.0	1.33	6.68
3	1000	0.15	941.64	409.0	1.39	6.72
4	2000	0.05	651.12	415.7	1.30	6.15
5	2000	0.10	1124.1	438.2	1.35	6.54
6	2000	0.15	1198.4	467.0	1.40	6.65
7	3000	0.05	845.53	490.3	1.33	5.13
8	3000	0.10	1237.1	502.8	1.41	5.69
9	3000	0.15	1333.7	563.1	1.44	6.02

Tablo 4.2. Basınçlı hava ile delme ortamında elde edilen değerler

Deney No.	İş Mili Devri, n (dev/dak)	İlerleme Oranı, f (mm/dev)	Kesme Kuvveti, F (N)	Kesme Sıcaklığı, T (°C)	Deformasyon Faktörü, Fd	Ort.Yüzey pürüzlülüğü Ra, (µm)
10	1000	0.05	485.2	238.6	1.20	5.59
11	1000	0.10	710.9	280.3	1.30	6.12
12	1000	0.15	1008.1	291.7	1.35	6.27
13	2000	0.05	646.0	334.6	1.28	5.45
14	2000	0.10	1120	411.4	1.33	5.95
15	2000	0.15	1217.2	416.1	1.35	6.25
16	3000	0.05	977.7	438.4	1.30	4.69
17	3000	0.10	1236.6	444.0	1.34	5.16
18	3000	0.15	1417.3	448.8	1.41	5.80

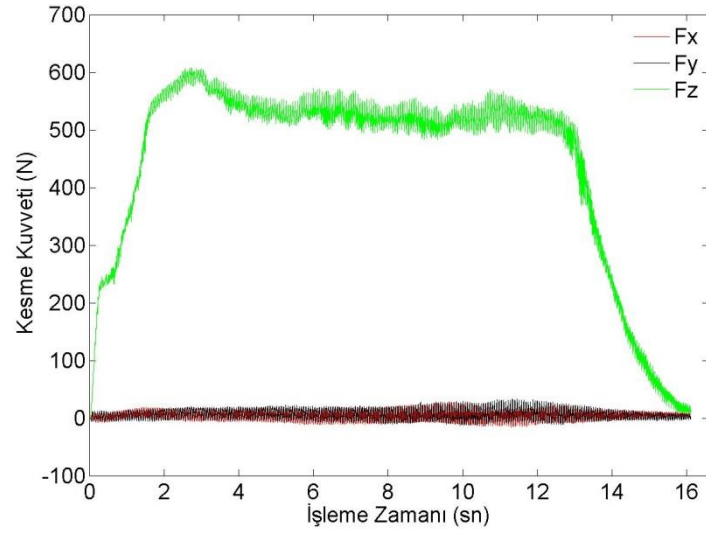
Tablo 4.3. CO₂ gazı ile delme ortamında elde edilen değerler

Deney No.	İş Mili Devri, n (dev/dak)	İlerleme Oranı, f (mm/dev)	Kesme Kuvveti, F (N)	Kesme Sıcaklığı, T (°C)	Deformasyon Faktörü, Fd	Ort.Yüzey pürüzlülüğü Ra, (µm)
19	1000	0.05	531.33	123.3	1.18	6.02
20	1000	0.10	726.8	147.8	1.21	6.41
21	1000	0.15	1093.12	175.7	1.25	6.62
22	2000	0.05	745.50	224.5	1.27	5.30
23	2000	0.10	1150.2	319.6	1.30	5.85
24	2000	0.15	1221.12	336.2	1.31	6.12
25	3000	0.05	1021.52	339.4	1.27	3.29
26	3000	0.10	1327.11	356.8	1.30	3.87
27	3000	0.15	1464.14	374.2	1.35	4.23

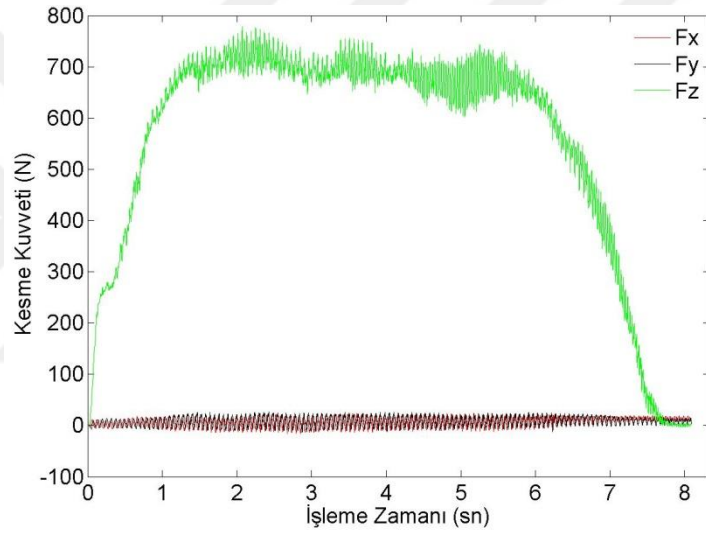
4.1. Delme Parametrelerinin Kesme Kuvveti Üzerine Etkisi

Talaşlı işlemede iş parçasını şekillendirebilmek için bir kuvvet gereklidir. Bu kuvvet talaşlı işleme sırasında iş parçasından talaş kaldırmak için gerekmektedir. Bu kuvvet kesme kuvveti olarak adlandırılmaktadır. Kesme kuvvetleri malzemenin bileşimine, sertliğine, mikroyapısına, kullanılan kesici takım malzemesi ve geometrisine, işleme parametrelerine, oluşan sıcaklığa ve tezgâhın rijitliği gibi parametrelere bağlıdır. Kesme kuvvetlerinin iş mili devri, ilerleme oranı ve kesme ortamı gibi işleme parametrelerden nasıl etkilendiğini anlamak önemlidir.

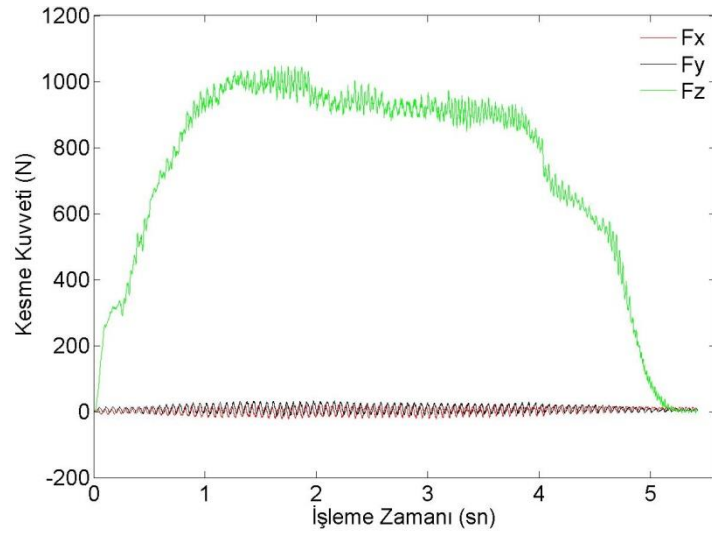
EP GC 203 kompozit malzemenin farklı iş mili devirlerinde ve ilerleme oranlarında kuru delme ortamında delinmesinde elde edilen kesme kuvveti diyagramları Şekil 4.1-4.9'da, basınçlı hava ortamında delinmesinde elde edilen kesme kuvveti diyagramları Şekil 4.10-4.18'de ve CO₂ gazı ortamında delinmesinde elde edilen kesme kuvveti diyagramları Şekil 4.19-4.27'de verilmiştir. Ayrıca tüm kesme ortamlarında ilerlemenin kesme kuvveti üzerine etkileri Şekil 4.28-4.30'da, iş mili devrinin kesme kuvveti üzerine etkileri Şekil 4.31-4.33'te ve kesme ortamının kesme kuvveti üzerine etkileri ise Şekil 4.34'te gösterilmiştir.



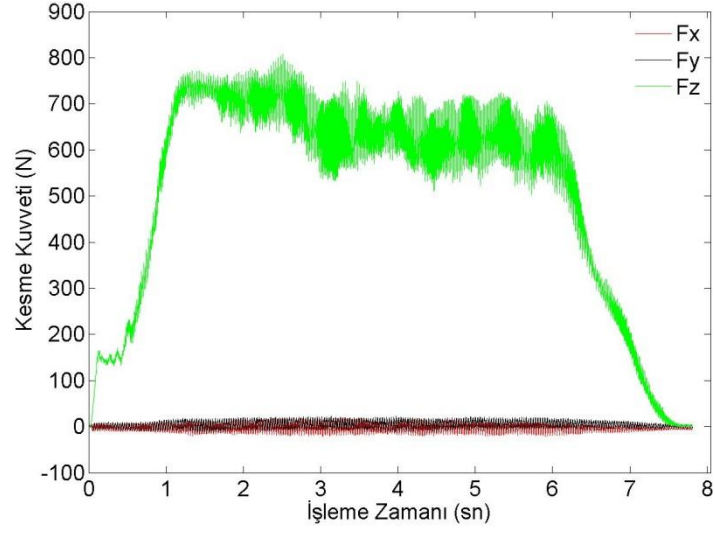
Şekil 4.1. 1 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(Kuru, $n=1000$ dev/dak, $f=0.05$ mm/dev)



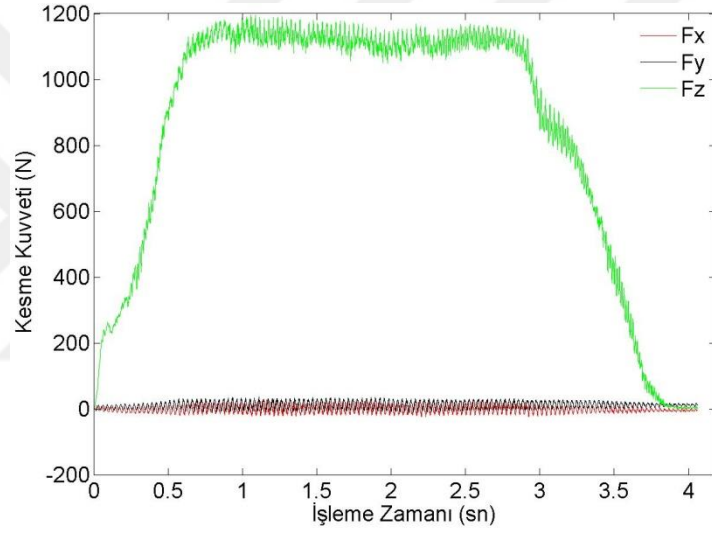
Şekil 4.2. 2 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(Kuru, $n=1000$ dev/dak, $f=0.10$ mm/dev)



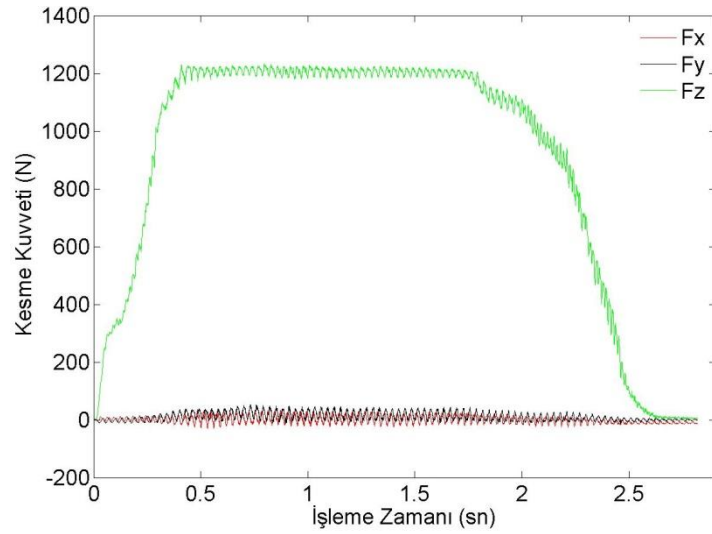
Şekil 4.3. 3 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(Kuru, $n=1000$ dev/dak, $f=0.15$ mm/dev)



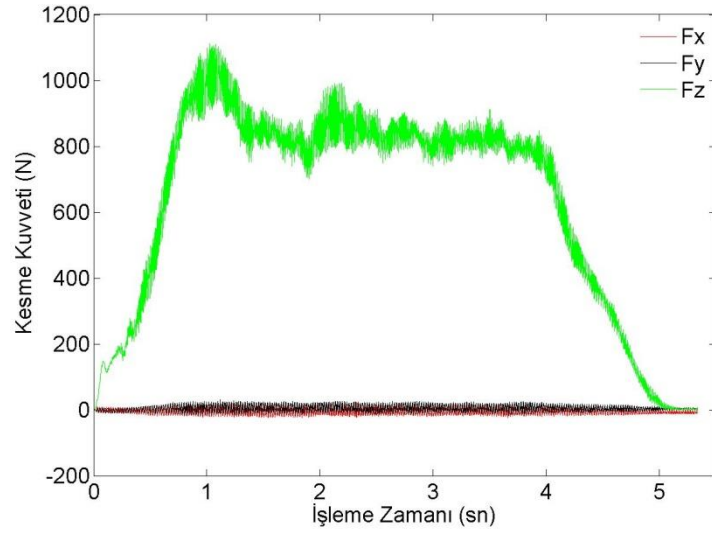
Şekil 4.4. 4 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(Kuru, $n=2000$ dev/dak, $f=0.05$ mm/dev)



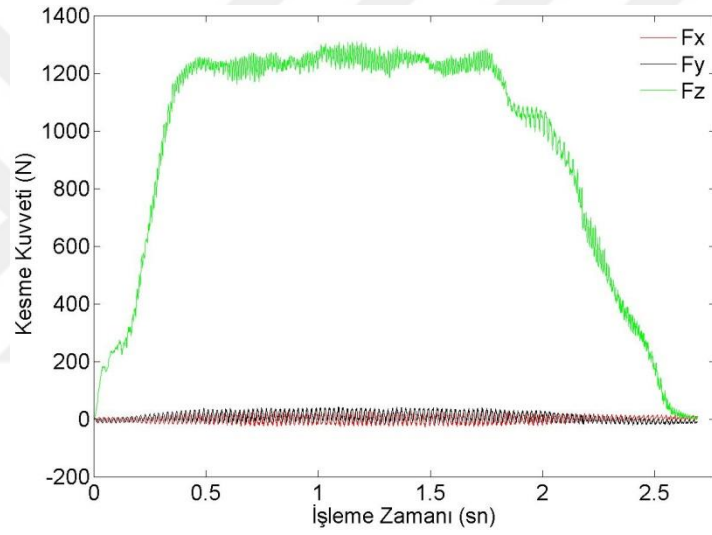
Şekil 4.5. 5 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(Kuru, $n=2000$ dev/dak, $f=0.10$ mm/dev)



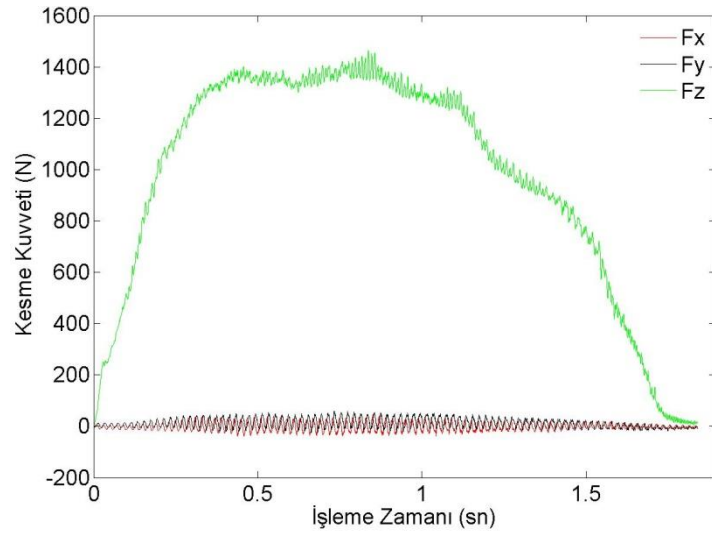
Şekil 4.6. 6 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(Kuru, $n=2000$ dev/dak, $f=0.15$ mm/dev)



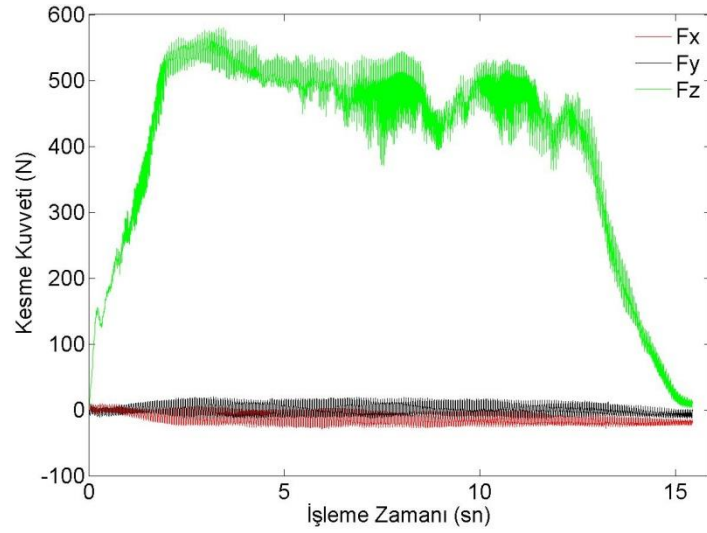
Şekil 4.7. 7 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(Kuru, $n=3000$ dev/dak, $f=0.05$ mm/dev)



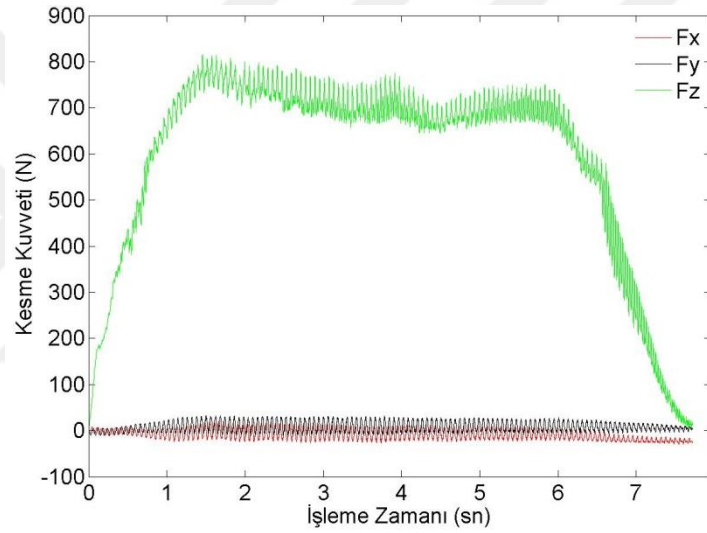
Şekil 4.8. 8 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(Kuru, $n=3000$ dev/dak, $f=0.10$ mm/dev)



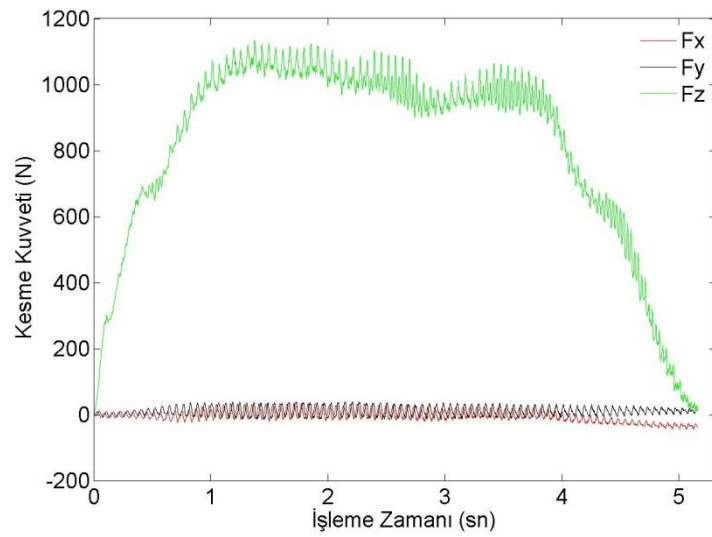
Şekil 4.9. 9 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(Kuru, $n=3000$ dev/dak, $f=0.15$ mm/dev)



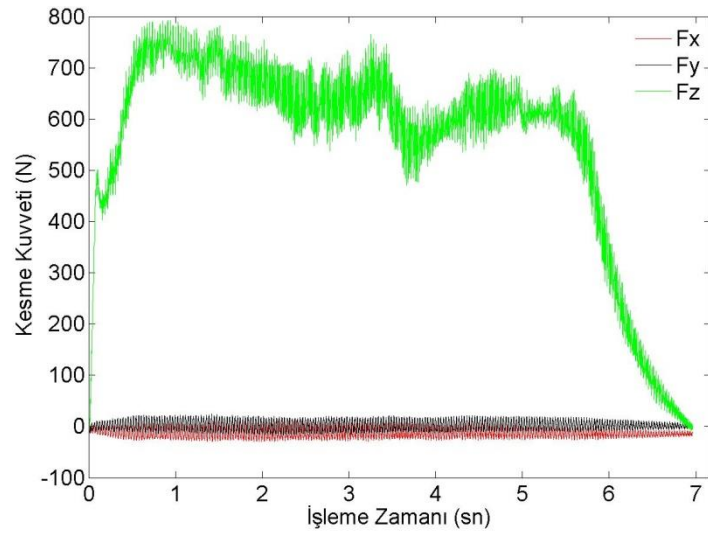
Şekil 4.10. 10 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(Basınçlı hava, $n=1000$ dev/dak, $f=0.05$ mm/dev)



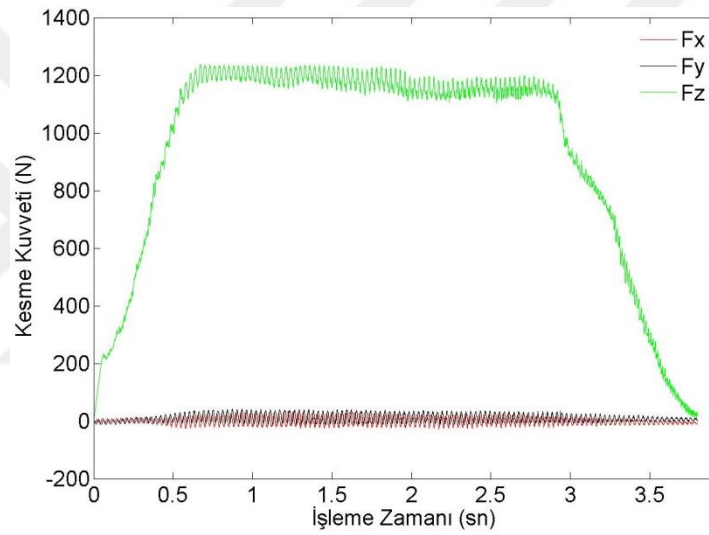
Şekil 4.11. 11 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(Basınçlı hava, $n=1000$ dev/dak, $f=0.10$ mm/dev)



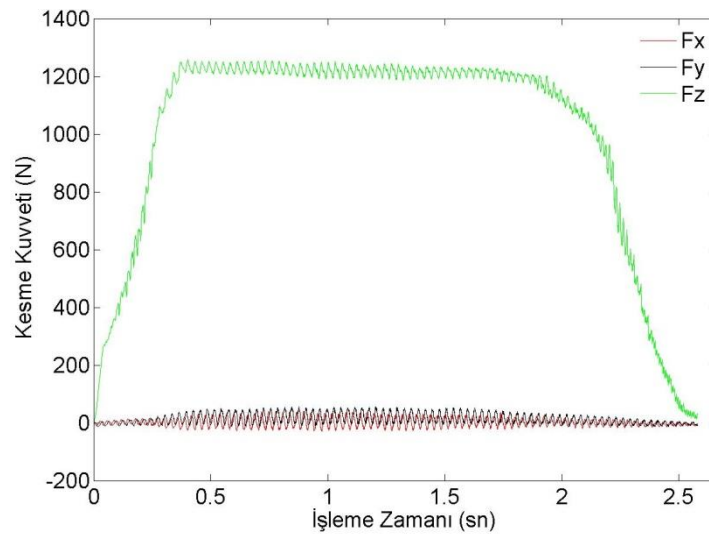
Şekil 4.12. 12 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(Basınçlı hava, $n=1000$ dev/dak, $f=0.15$ mm/dev)



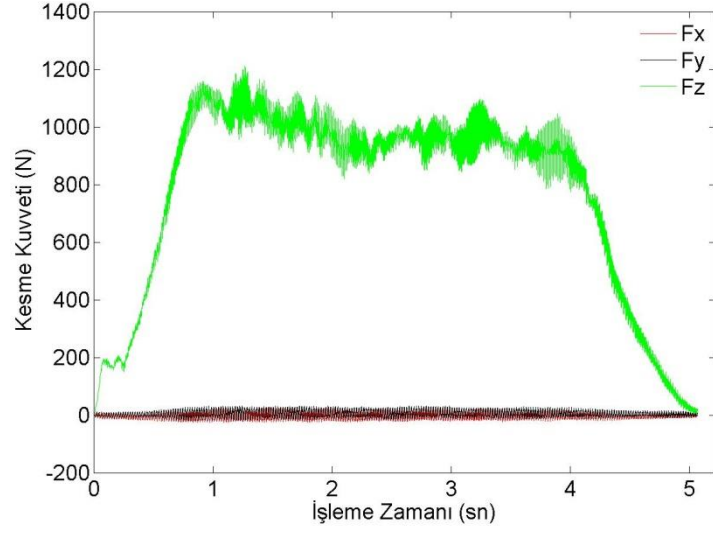
Şekil 4.13. 13 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(Basınçlı hava, $n=2000$ dev/dak, $f=0.05$ mm/dev)



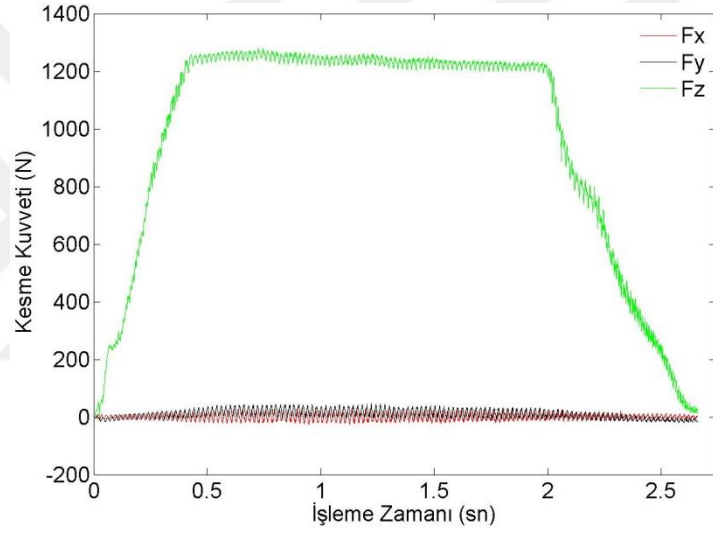
Şekil 4.14. 14 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(Basınçlı hava, $n=2000$ dev/dak, $f=0.10$ mm/dev)



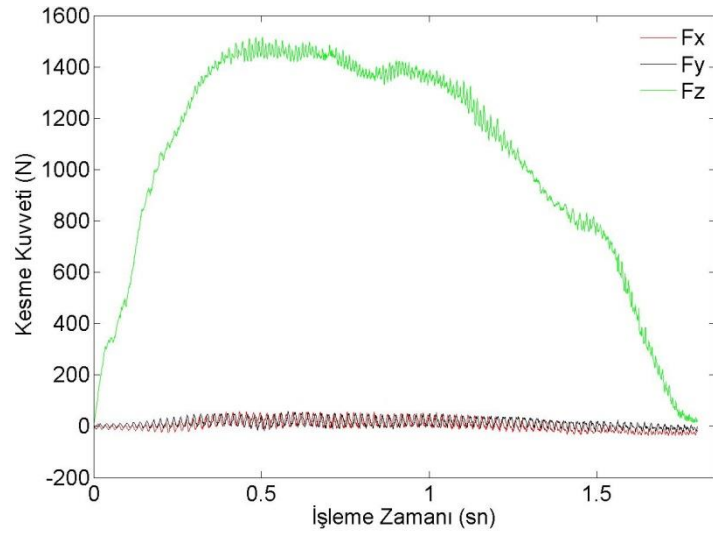
Şekil 4.15. 15 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(Basınçlı hava, $n=2000$ dev/dak, $f=0.15$ mm/dev)



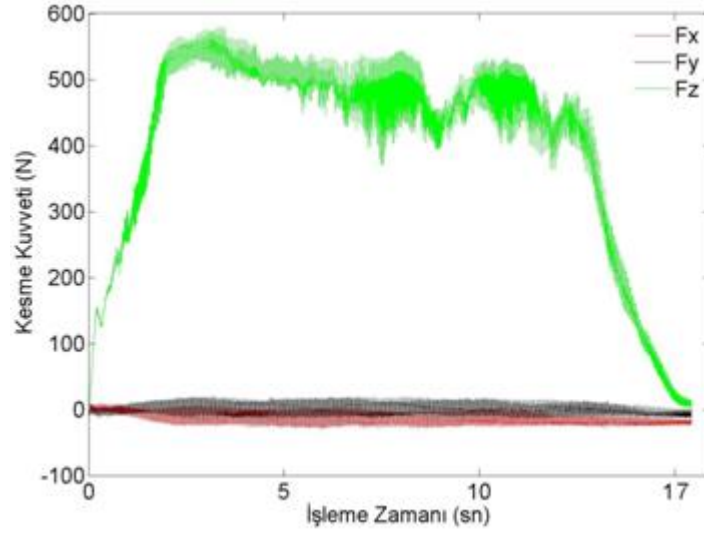
Şekil 4.16. 16 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(Basınçlı hava, $n=3000$ dev/dak, $f=0.05$ mm/dev)



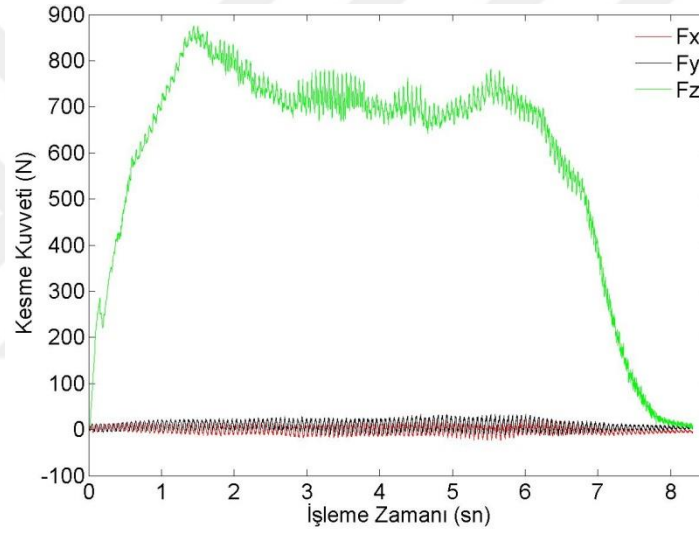
Şekil 4.17. 17 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(Basınçlı hava, $n=3000$ dev/dak, $f=0.10$ mm/dev)



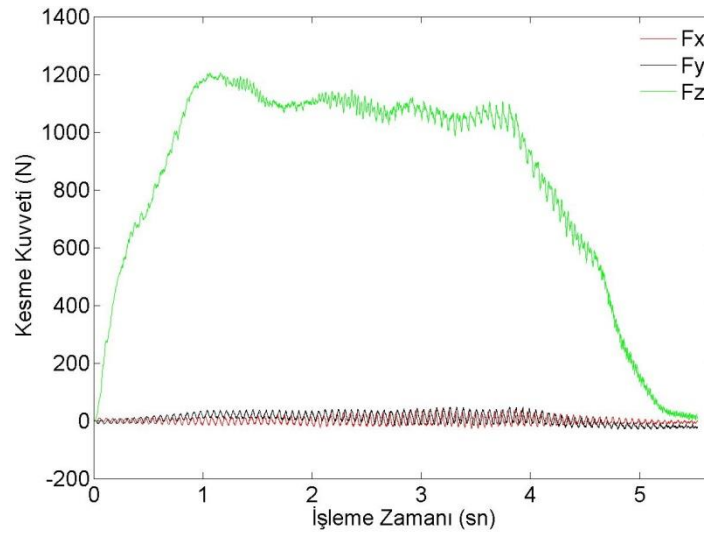
Şekil 4.18. 18 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(Basınçlı hava, $n=3000$ dev/dak, $f=0.15$ mm/dev)



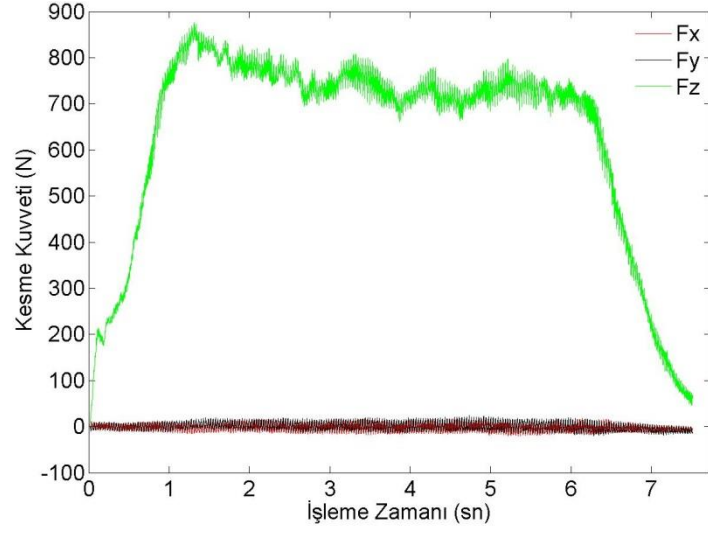
Şekil 4.19. 19 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(CO₂, n=1000 dev/dak, f=0.05 mm/dev)



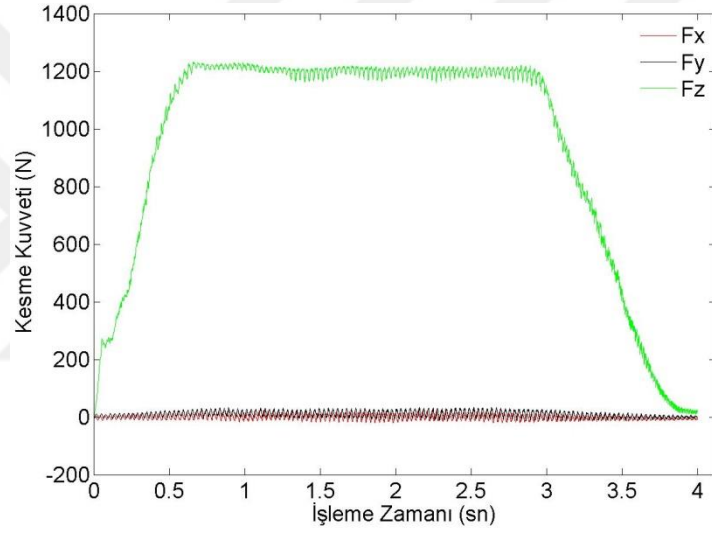
Şekil 4.20. 20 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(CO₂, n=1000 dev/dak, f=0.10 mm/dev)



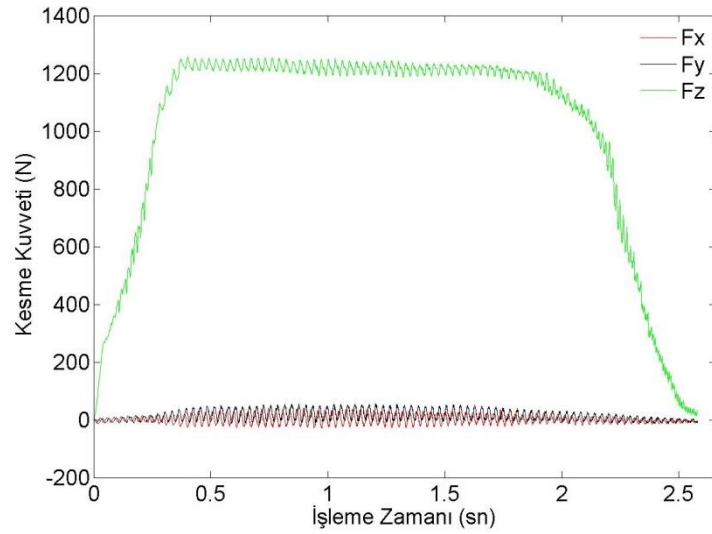
Şekil 4.21. 21 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(CO₂, n=1000 dev/dak, f=0.15 mm/dev)



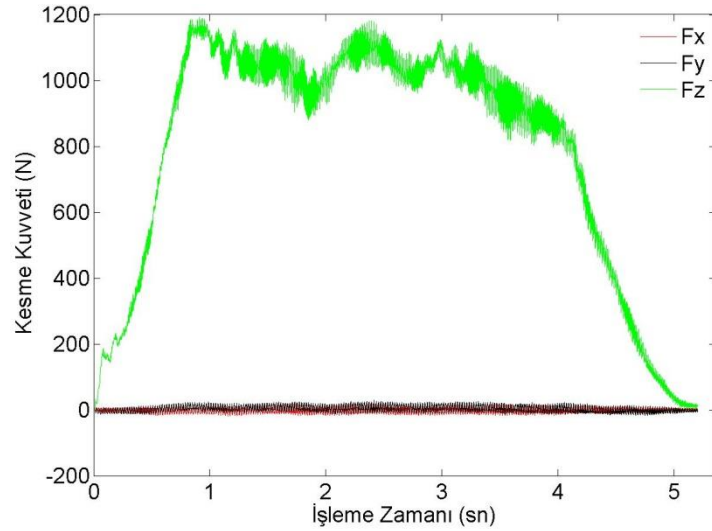
Şekil 4.22. 22 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(CO₂, n=2000 dev/dak, f=0.05 mm/dev)



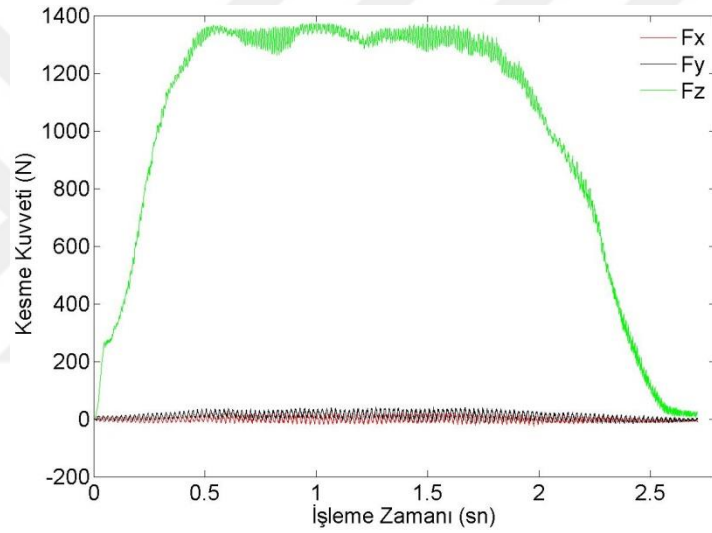
Şekil 4.23. 23 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(CO₂, n=2000 dev/dak, f=0.10 mm/dev)



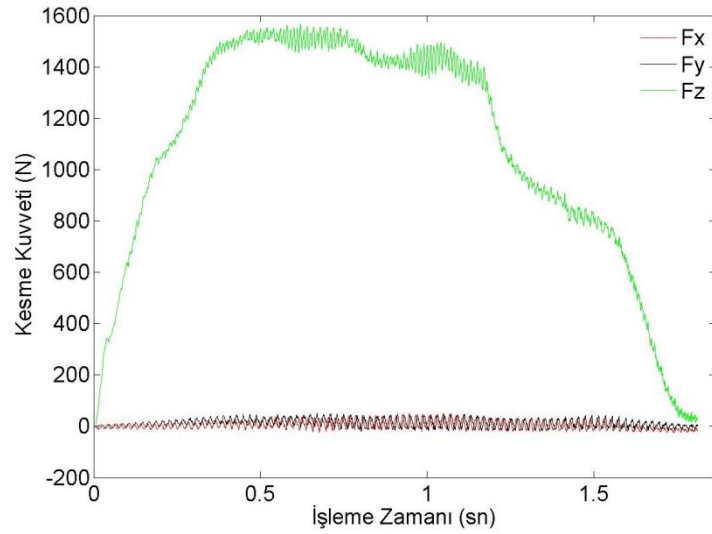
Şekil 4.24. 24 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(CO₂, n=2000 dev/dak, f=0.15 mm/dev)



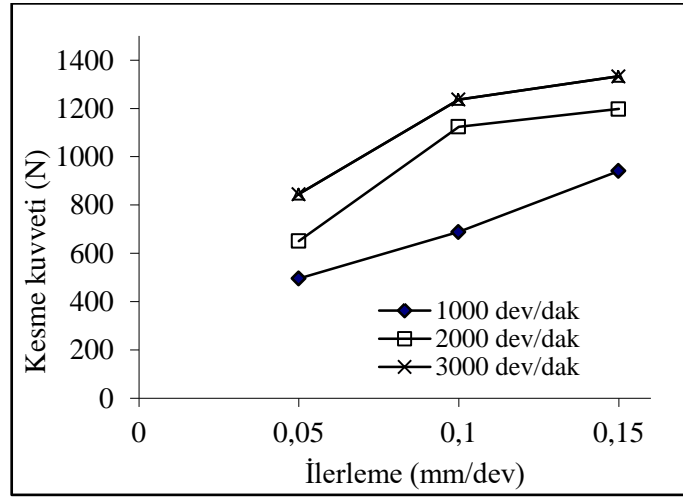
Şekil 4.25. 25 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(CO₂, n=3000 dev/dak, f=0.05 mm/dev)



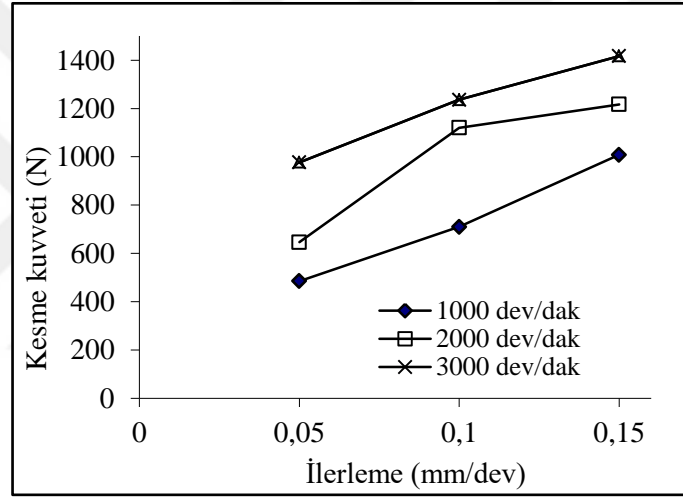
Şekil 4.26. 26 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(CO₂, n=3000 dev/dak, f=0.10 mm/dev)



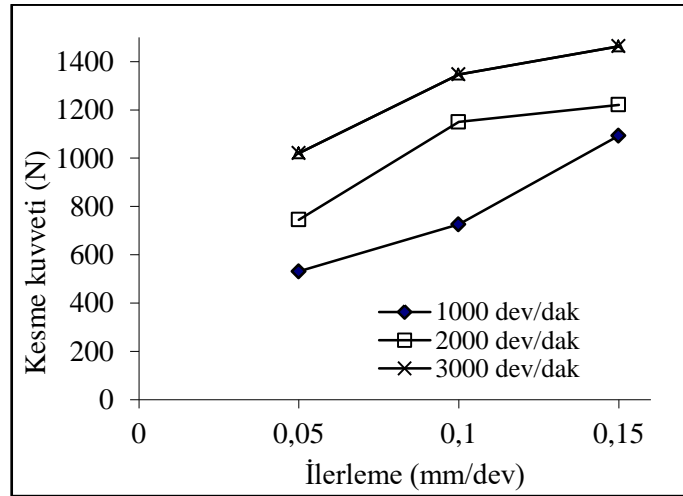
Şekil 4.27. 27 nolu deneye ait kesme kuvveti-zaman grafiği
(CO₂, n=3000 dev/dak, f=0.15 mm/dev)



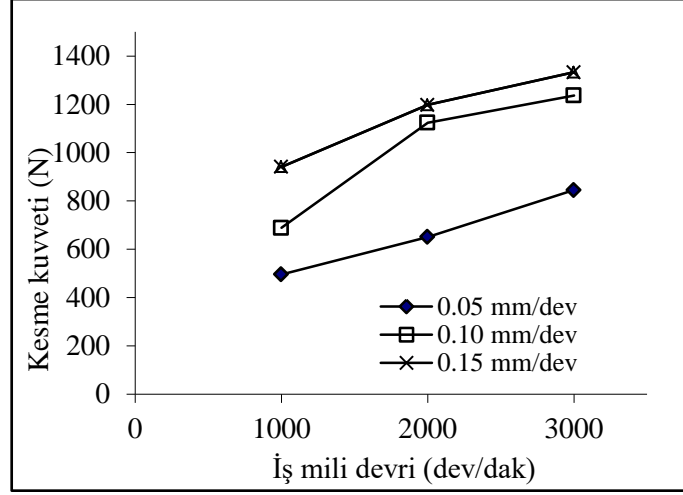
Şekil 4.28. İlerlemenin kesme kuvveti üzerine etkisi (Kuru)



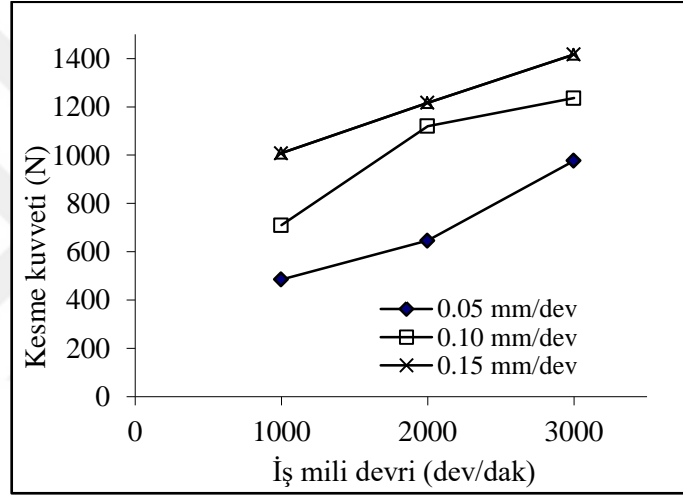
Şekil 4.29. İlerlemenin kesme kuvveti üzerine etkisi (Basıncılı hava)



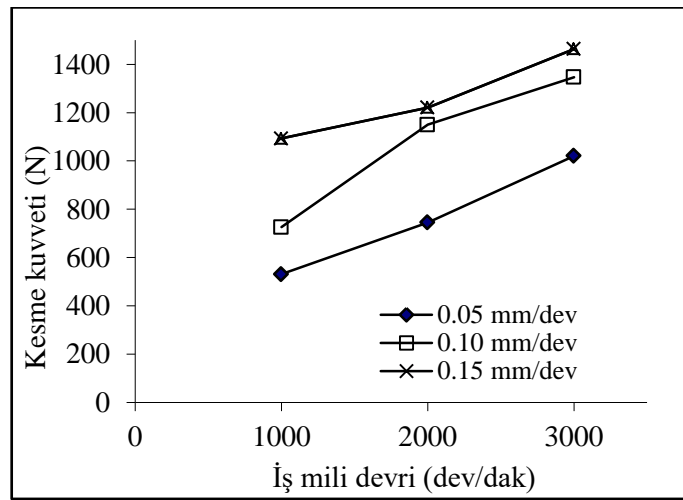
Şekil 4.30. İlerlemenin kesme kuvveti üzerine etkisi (CO₂)



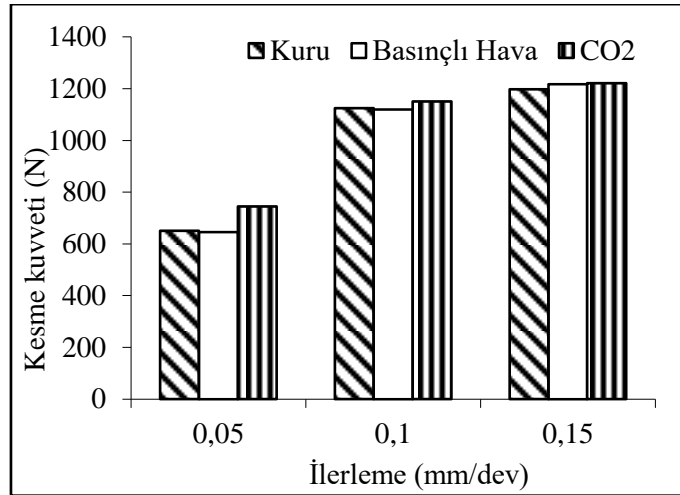
Şekil 4.31. İş mili devrinin kesme kuvveti üzerine etkisi (Kuru)



Şekil 4.32. İş mili devrinin kesme kuvveti üzerine etkisi (Basıncılı hava)



Şekil 4.33. İş mili devrinin kesme kuvveti üzerine etkisi (CO₂)



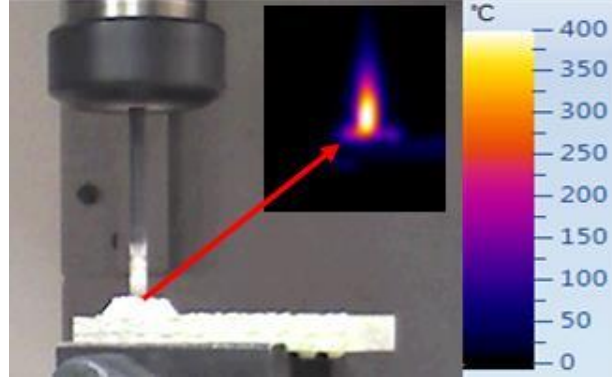
Şekil 4.34. Delme ortamının kesme kuvveti üzerine etkisi (2000 dev/dak)

Şekil 4.28-4.30'dan, ilerlemenin artması ile kesme kuvvetinin arttığı görülmektedir. Düşük ilerleme değerlerinde düşük kesme kuvveti elde edilirken ilerlemenin artması ile birlikte kesme kuvvetinde artış olmuştur. En düşük kesme kuvveti 0.05 mm/dev ilerleme değerinde 485.2 N olarak 1000 dev/dak iş mili devrinde ve basınçlı hava ile yapılan delme işleminde elde edilirken, en yüksek kesme kuvveti 3000 dev/dak iş mili, 0,15 mm/dev ilerleme ve CO₂ gazı ortamında yapılan deneylerde 1464.14 N olarak elde edilmiştir. İlerleme oranının artması kaldırılan talaş hacminin birim zamanda artmasına neden olmaktadır. Bu durum kesme kuvvetlerinde dinamik bir etki oluşturur. Artan ilerleme oranının sebep olduğu bu dinamik etkiden dolayı kesme kuvveti artmaktadır (Suresh ve ark. 2012). Başka bir deyişle birim zamanda iş parçası/takım temasının artmasından ötürü kesme kuvvetinde de artış olmaktadır (Çakır, 1999; Chinchankar ve Choudhury, 2013). Şekil 4.31-4.33'te iş mili devrindeki artışın kesme kuvvetinde artışa neden olduğu görülmektedir. Bunun sebebi; iş milinin artmasıyla kesici takım ve iş parçası arasında oluşan sürtünmenin, takımın ilerlemesini zorlaştırmasıyla açıklanabilir.

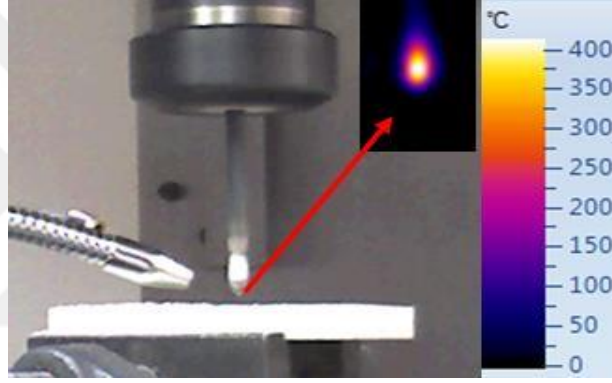
4.2. Delme Parametrelerinin Delme Sıcaklığına Etkisi

EP GC 203 kompozit malzemenin kuru, basınçlı hava ve CO₂ gazı gibi farklı delme ortamlarında 1000, 2000 ve 3000 dev/dak iş mili devirlerinde ve 0.05, 0.10 ve 0.15 mm/dev ilerleme oranlarında delinmesinde oluşan delme sıcaklıkları termal kamera görüntüleri Şekil 4.35-4.37'de, ilerlemenin delme sıcaklığı üzerine etkisi Şekil

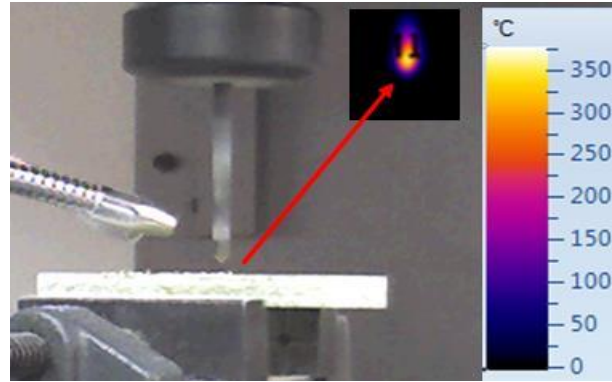
4.38-4.40'ta iş mili devrinin delme sıcaklığı üzerine etkisi Şekil 4.41'de ve delme ortamının delme sıcaklığı üzerine etkisi Şekil 4.42'de verilmiştir.



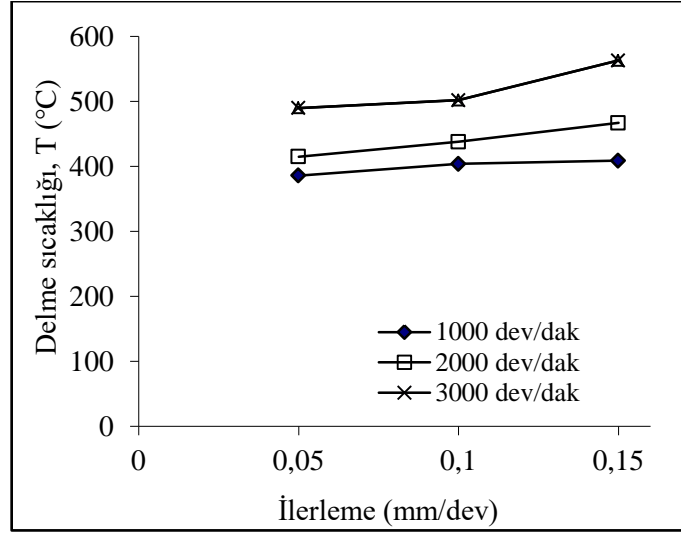
Şekil 4.35. Termal kamera görüntüsü (Kuru, 1000 dev/dak, 0.05 mm/dev)



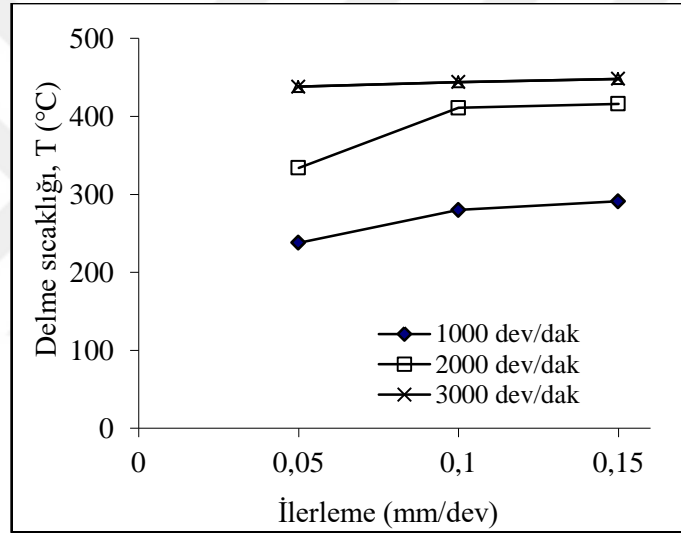
Şekil 4.36. Termal kamera görüntüsü (Basıncılı hava, 2000 dev/dak, 0.10 mm/dev)



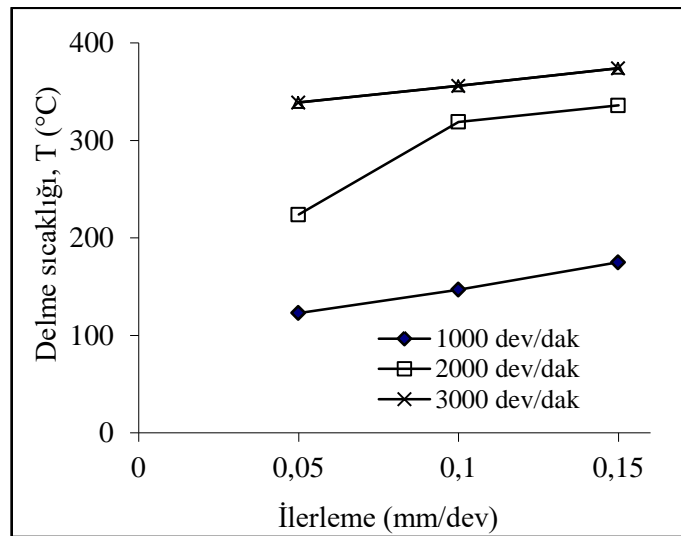
Şekil 4.37. Termal kamera görüntüsü (CO₂, 3000 dev/dak, 0.15 mm/dev)



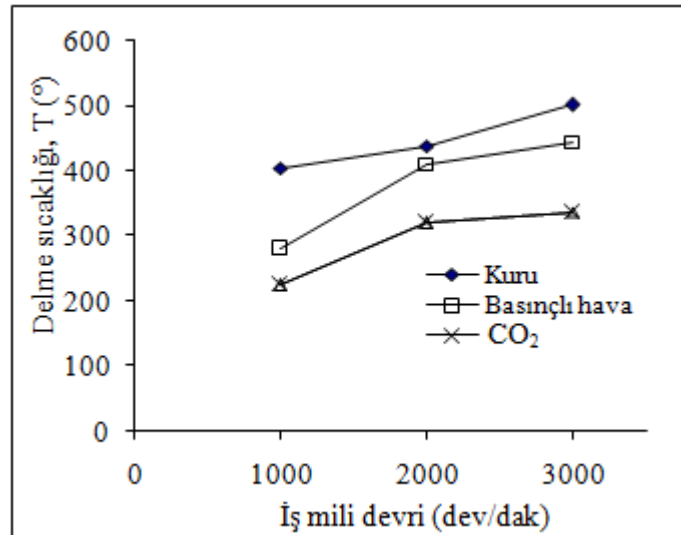
Şekil 4.38. İlerlemenin delme sıcaklığı üzerine etkisi (Kuru)



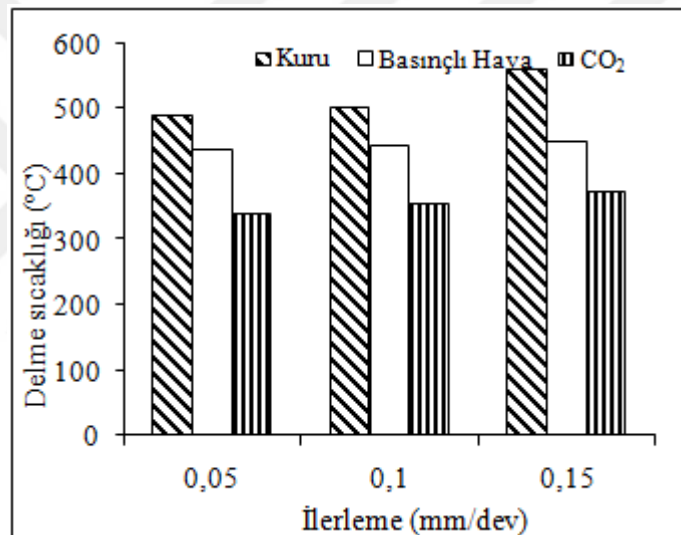
Şekil 4.39. İlerlemenin delme sıcaklığı üzerine etkisi (Basınçlı hava)



Şekil 4.40. İlerlemenin delme sıcaklığı üzerine etkisi (CO₂)



Şekil 4.41. İş mili devrinin delme sıcaklığı üzerine etkisi ($f=0.1$ mm/dev)



Şekil 4.42. Delme ortamının delme sıcaklığı üzerine etkisi (3000 dev/dak)

İlerleme ve iş mili devri delik delme işleminde önemli faktörlerdendir. Bunlar kesme işlemi esnasında ortaya çıkan sıcaklık değerleri ve kesme kuvvetlerini doğrudan etkilemekle beraber kesici takımın performans hareketliliğini şekillendiren faktörlerdir (Sandvik, 1994; Kalidas ve ark., 2001). Şekil 4.38-4.40 delme deneyleri sırasında oluşan kesme sıcaklığını göstermektedir ve kesme sıcaklığı ilerlemenin artmasıyla artmaktadır. Tornalama ve frezeleme işlemlerinde oluşan talaş iş parçası ve takımdan uzaklaşırken talaşla tahliye edilen ısı kesme bölgesinden kolayca uzaklaştırılabilmektedir. Ancak CETP kompozitlerin delinmesi işleminde oluşan talaş genellikle delik bölgesinde biriktiğinden dolayı sıcaklık artışı olmaktadır. Sıcaklık artışını; ilerleme oranının artmasıyla, matkap kesici kenarlarının çok fazla sürtünmeye

neden olmasıyla açıklanabilir. İlerlemenin artması sonucu talaş ile matkap ucunun kesici kenar ile temasının uzun olmasından dolayı, oluşan sıcaklığın daha çok artmasına neden olduğu söylenebilir (Şahin ve Acır, 2003; Aydın ve ark., 2010). Delme işleminde talaş ile tahliye edilmesi gereken ısının kesme alanında yoğunlaşması nedeniyle kesme bölgesindeki kesme sıcaklığı artmaktadır (Sandvik, 1994; Yalçın, 2008). Şekil 4.41’de, iş mili devrinin artması ile kesici takım ve iş parçası arasında yüksek sürtünmeye bağlı olarak önemli miktarda sürtünme enerjisi ortaya çıkmış ve buna bağlı olarak sıcaklık artmıştır. Ayrıca iş parçasının kesme sırasında oluşan hızlı plastik deformasyonda kesme sıcaklığını arttırmaktadır. Kesme sırasında ısı oluşumunun nedenleri arasında kayma ve sürtünme sebebiyle takım yüzeyinde ısı ortaya çıkması ve bir başka nedende takım ve iş parçasının ara yüzeyinde ısı meydana gelmesi yani takım, parça yüzeyinde yol aldıkça sürtünmeye bağlı olarak ısı oluşmasından kaynaklanmaktadır (Altintas, 2000; Çolak, 2006). EP GC 203 kompozit malzemesinin ısı iletim katsayısının düşük olmasından dolayı iş parçası takım ara yüzeyinde oluşan ısı uzaklaştırılamamakta ve buda kesme sıcaklığını arttırmaktadır.

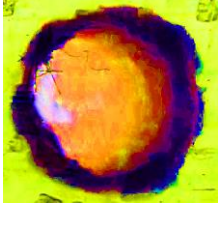

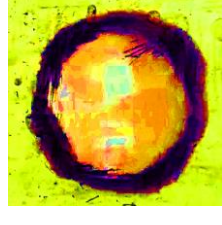

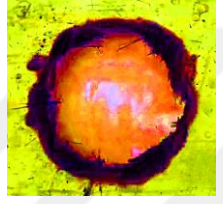
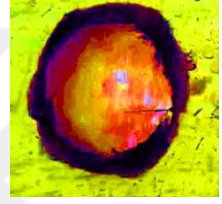



Şekil 4.42’de, en yüksek kesme sıcaklığı kuru delme ortamında oluşurken, en düşük kesme sıcaklığı CO₂ gazı ortamında yapılan delme işlemlerinde oluşmuştur. En yüksek sıcaklık 3000 dev/dak iş mili devri ve 0.015 mm/dev ilerleme oranında kuru kesme ortamında 563.1°C iken, en düşük sıcaklık 1000 dev/dak iş mili devri ve 0.05 mm/dev ilerleme oranında 123.3 °C olarak ölçülmüştür. Bunun nedeni, CO₂ gazının soğutucu etkisinden ve CO₂ gazının basıncından dolayı talaşın delme bölgesinden uzaklaştırılmasındandır. Basıncılı hava ortamında yapılan delme deneylerinde ise, basıncın etkisi ile kesme bölgesindeki sıcaklık uzaklaştırıldığından kuru delme ortamında oluşan sıcaklıklardan daha az sıcaklık oluşmaktadır.

4.3. Delme Parametrelerinin Deformasyon Faktörüne Etkisi

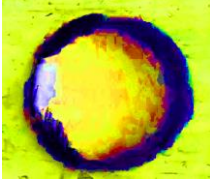
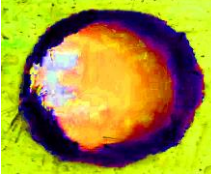


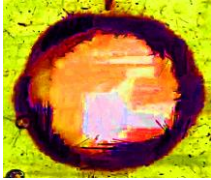
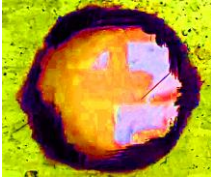



EP GC 203 kompozit malzemenin 1000, 2000 ve 3000 dev/dak iş mili devirlerinde ve 0.05, 0.10 ve 0.15 mm/dev ilerleme oranlarında kuru, basınçlı hava ve CO₂ gazı gibi farklı delme ortamlarında delinmesinde oluşan deformasyonlara ait görüntüler Tablo 4.4-4.6’da verilmiştir. Delik etrafında oluşan deformasyona ait deformasyon faktörü (Fd) eşitlik (1.1) kullanılarak tespit edilmiş ve delik girişinde oluşan deformasyon faktörü hesaplanmıştır. İlerleme oranının deformasyon faktörü üzerine etkisi Şekil 4.43-4.45’te, iş mili devrinin deformasyon faktörü üzerine etkisi

Şekil 4.46'da ve kesme ortamının deformasyon faktörü üzerine etkisi Şekil 4.47'de verilmiştir.



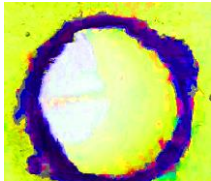






Tablo 4.4. Kuru delme ortamında elde edilen deformasyon görüntüleri

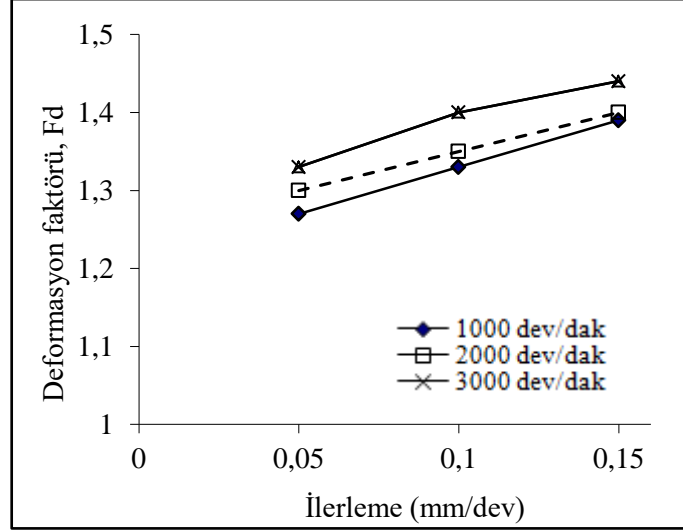
		İlerleme oranı (mm/dev)		
		0.05	0.10	0.15
İş mili devri (dev/dak)	1000			
	2000			
	3000			

Tablo 4.5. Basıncı hava ile delmede elde edilen deformasyon görüntüleri

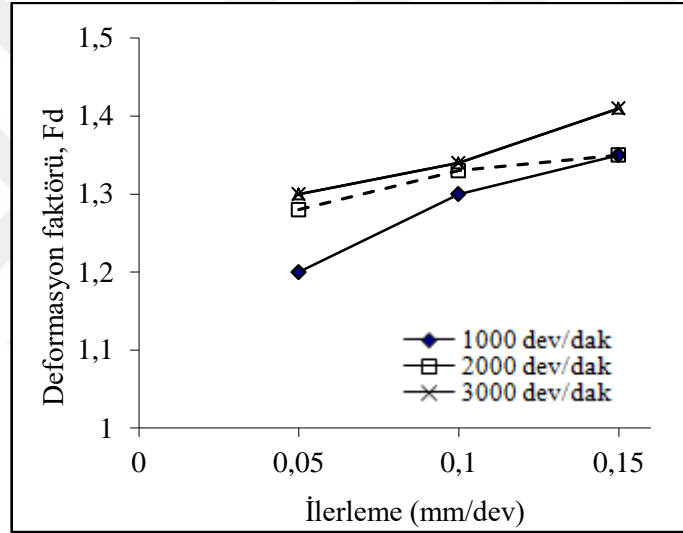
		İlerleme oranı (mm/dev)		
		0.05	0.10	0.15
İş mili devri (dev/dak)	1000			
	2000			
	3000			

Tablo 4.6. CO₂ gaz ortamında yapılan delmede elde edilen deformasyon görüntüleri

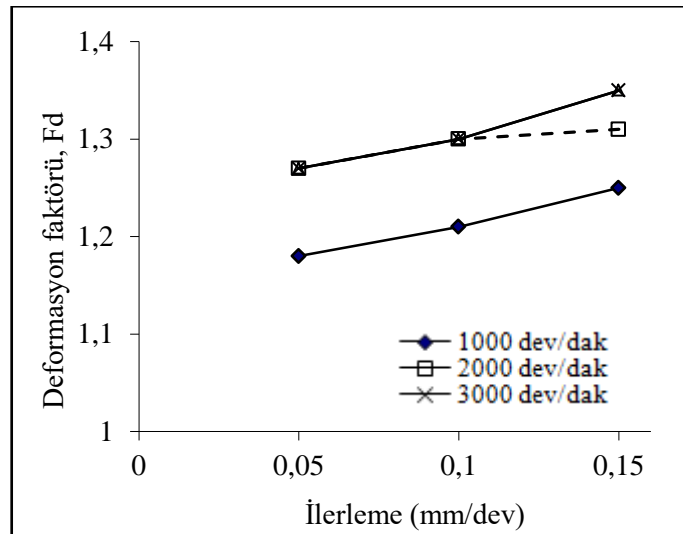
		İlerleme oranı (mm/dev)		
		0.05	0.10	0.15
İş mili devri (dev/dak)	1000			
	2000			
	3000			



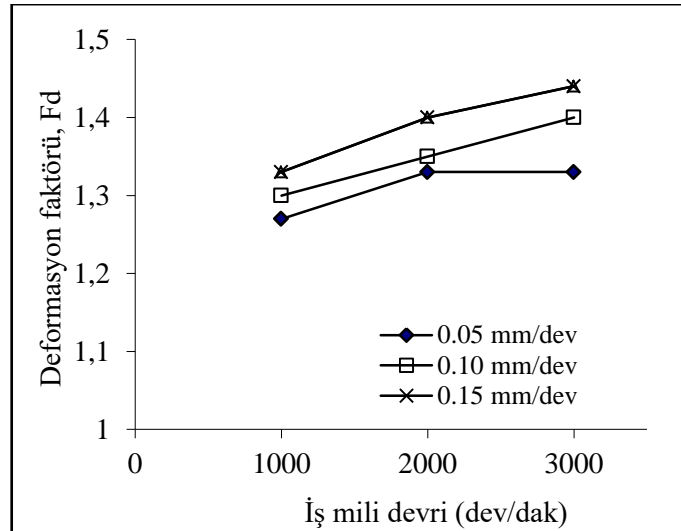
Şekil.4.43. İlerleme oranının deformasyon faktörü üzerine etkisi (Kuru)



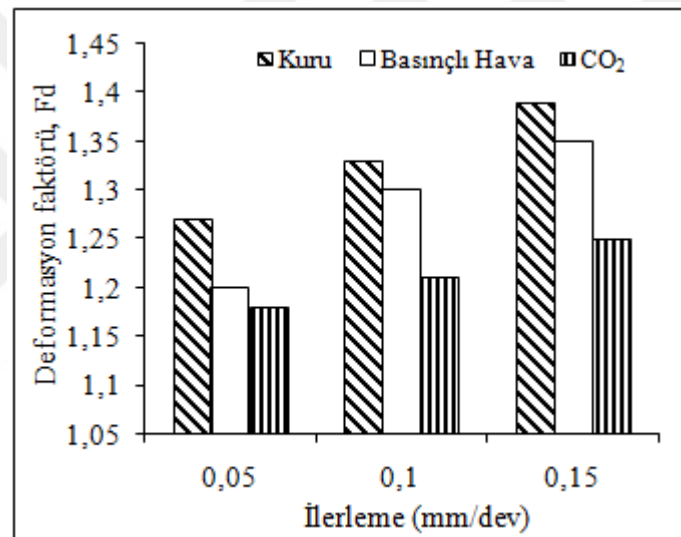
Şekil.4.44. İlerleme oranının deformasyon faktörü üzerine etkisi (Basınçlı hava)



Şekil.4.45. İlerleme oranının deformasyon faktörü üzerine etkisi (CO₂)



Şekil 4.46. İş mili devrinin deformasyon faktörü üzerine etkisi (Kuru)



Şekil 4.47. Delme ortamının deformasyon faktörü üzerine etkisi (1000 dev/dak)

Delme parametrelerine bağlı deformasyon faktörünün değişim grafikleri Şekil 4.43-4.45'te gösterilmiştir. Deney numunelerinin delinmesi işlemi sırasında deliklerde oluşan deformasyon incelenmiştir. Yapısı gereği bu kompozit malzemede deformasyonu tamamiyle ortadan kaldırmak mümkün değildir. Ancak, deformasyonu azaltmak mümkündür. Bunun için delme parametrelerinin özenli bir şekilde seçilmesi ve uygulanması gerekmektedir. Yapılan deneylerde bu parametrelerden; iş mili devri ve ilerleme oranı değerlendirmeye alınmıştır ki bu parametreler çoğu bilim insanı tarafından delme işleminin kalitesini etkileyen en önemli parametreler olarak kabul görülmüştür (Davim ve ark., 2004; Mohan ve ark., 2005; Khashaba ve ark., 2007). Birçok benzer çalışmada, ilerleme oranının en etkili parametre olduğu ifade edilmiştir. Deformasyon artışının, ilerleme oranıyla doğru orantılı olmasında en önemli etken,

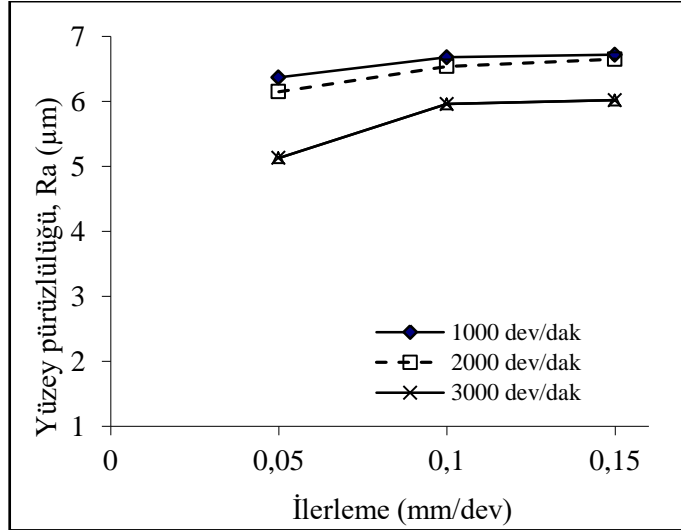
delme işlemi boyunca kesme kuvvetinin artmasıdır (Bosco ve ark., 2013; Khashaba ve ark., 2007). Kesme kuvvetinde artış meydana gelmesi kesici takıma uygun bir kesme fırsatı oluşmadan takımın malzeme içerisine doğru bastırılmasına sebep olmaktadır. Bunun sonucunda, matkap ucu önündeki malzeme kesilmeden dışarı doğru ilerleme yönünde iterek deformasyon oluşumunu artırmaktadır. Bu sebepten ötürü deformasyonu düşürmek için özellikle ilerleme oranını düşük değerler seçmek gerekir.

Literatürde iş mili devri konusunda farklı görüşler bulunmaktadır. Bir kısım araştırmacı iş mili devrinin artışıyla deformasyon faktörünün azaldığını gözlemlemiş olsa da (Bosco ve ark., 2013; Rahme ve ark., 2015) diğer bir kısım ise iş mili devrinin deformasyon faktörüne net bir etkisinin olmadığını ifade etmişlerdir (Mohan ve ark., 2005; Khashaba ve ark., 2007). Ayrıca bir kısmı da iş mili devrinin deformasyon faktöründe artışa sebep olduğunu söylemişlerdir (Davim ve ark., 2004). Nitekim deneysel çalışmalar sonunda iş mili devrinin artması ile deformasyonun arttığı gözlemlenmiştir.

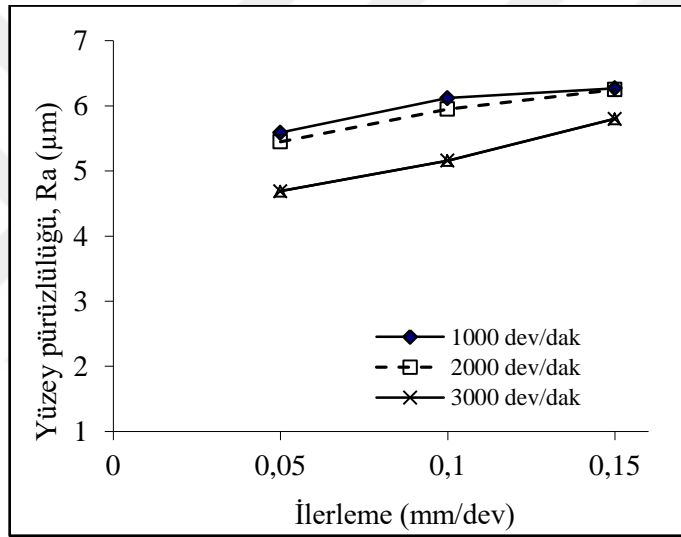
Soğutucu akışkanların, kesme bölgesine ve takım/talaş arayüzüne püskürtülmesi sürtünme kuvvetini düşürmüş ve talaş kaldırma sıcaklıklarının azalmasını sağlamıştır. Sıcaklıkların azalması ile kesici takımın maruz kaldığı ısı ve mekanik zorlamaların düşürülmesi takım ömrünü artırmış dolayısıyla deformasyonu azaltmıştır.

4.4. Delme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

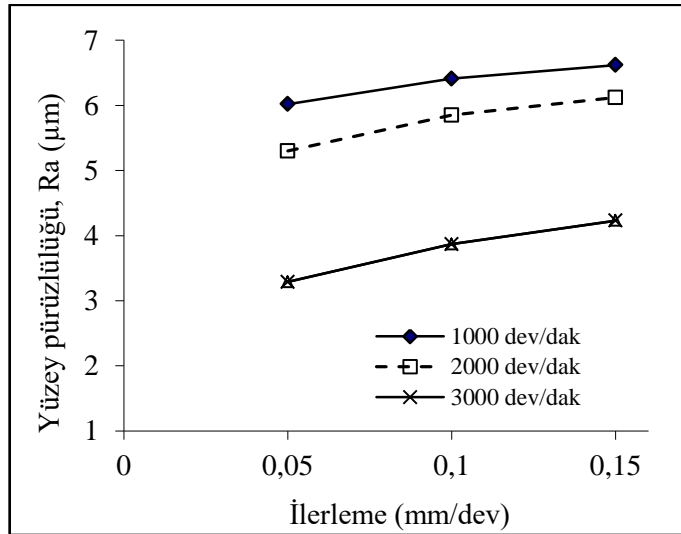
Deney esnasında delme işlemi gerçekleştiği zaman yüzey pürüzlülüğünü etkileyen birçok etken bulunmaktadır. İlerleme miktarı ve iş mili devri bunlar arasında en önemli olanlarıdır. EP GC 203 kompozit malzemenin delinmesinde ilerleme oranı ve iş mili devrinin ortalama yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri Şekil 4.48-4.51’de verilmiştir. Kuru, basınçlı hava ve CO₂ gazı gibi farklı delme ortamlarının yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri Şekil 4.52’de gösterilmiştir.



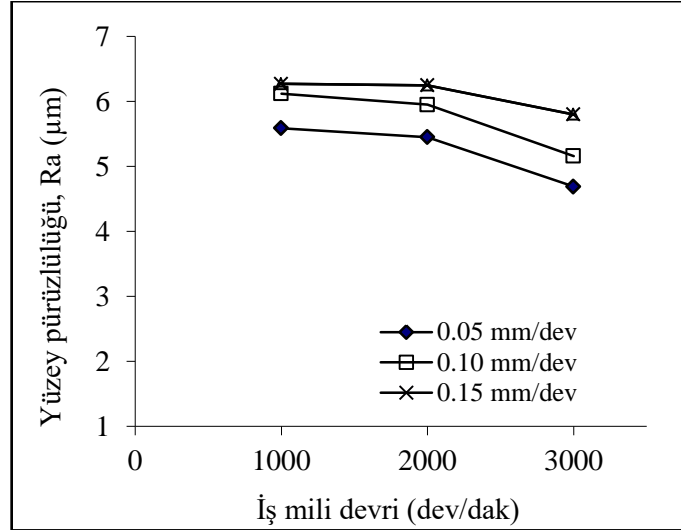
Şekil 4.48. İlerleme oranının yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi (Kuru)



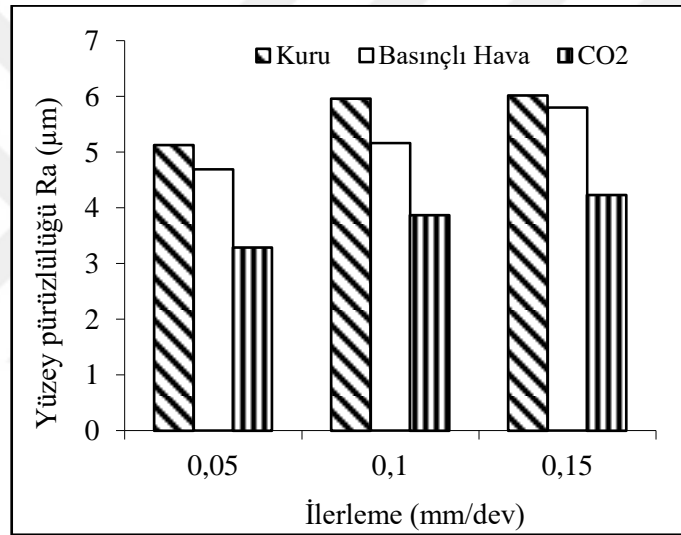
Şekil 4.49. İlerleme oranının yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi (Basınçlı hava)



Şekil 4.50. İlerleme oranının yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi (CO₂)



Şekil 4.51. İş mili devrinin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi (Kuru)



Şekil 4.52. Delme ortamının yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi (3000 dev/dak)

Yüzey pürüzlülüğü, iş parçasına uygulanan üretim işleminden sonra oluşan yüzey kalitesidir. Yüzey pürüzlülüğü en önemli yüzey bütünlüğü özelliklerinden biridir. Yüzey pürüzlülüğünün kontrol edilmesinin, işlenmiş parçaların yorulma ömrü üzerinde olumlu katkıda bulunabileceği bilinmektedir (Kaynak ve ark., 2011). Yüzey kalitesi ile iş mili devri, ilerleme ve kesme sıvısının kullanılıp kullanılmadığı gibi parametreler arasında doğrudan bir ilişki vardır. Şekil 4.48-4.52'deki grafiklerden, ilerleme oranının artması ile yüzey pürüzlülüğünün arttığı, iş mili devrinin artması ile yüzey pürüzlülüğünün azaldığı görülmüştür. İlerlemenin artması kesme kuvvetini arttırmakta ve buda kompozitin delinmeden ilerleme yönünde itilmesine neden olacaktır. Yüksek ilerleme oranlarında özellikle son birkaç tabakadaki fiberler kesilmeden kopmaya zorlanmaktadır. Fiberlerin kesilmeden kopması ile yüzey pürüzlülüğü artmaktadır. En

iyi yüzey pürüzlülükleri CO₂ kesme ortamında gerçekleştirilen delme deneylerinde elde edilirken en kötü yüzey pürüzlülükleri kuru delme ortamında elde edilmiştir. İlerleme oranı, yüzey pürüzlülüğünü etkileyen önemli kesme parametrelerindedir. İlerleme oranındaki artış ısı üretimini arttırmakta bu da takım aşınmasının artmasına ve dolayısıyla işlenen yüzeyin kalitesinin kötüleşmesine sebep olur (Kılıçkap ve ark., 2016). Bunun nedeninin, ilerleme oranının artışıyla kesici takımın, delinen malzeme ile temas süresinin artması ile ilişkilendirilebilir. Sonuç olarak temas süresinin artmasına bağlı olarak kesici takım üzerinde meydana gelen aşınma miktarı artmakta ve bu durum işlenen yüzeyin pürüzlülük oranlarının artmasına neden olmaktadır. Yani daha iyi yüzey pürüzlülüğü düşük ilerleme oranına bağlı olduğu söylenebilir.

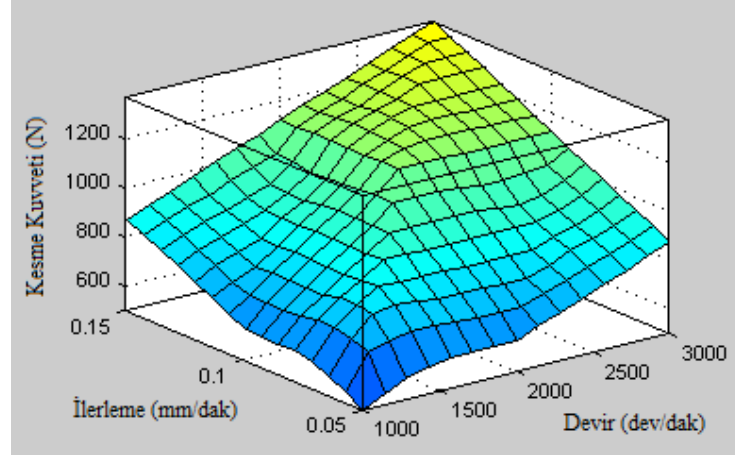
Yüzey pürüzlülüğü, işlenmiş parçaların boyutsal kalitesini sağlamak için de önemlidir. İlerleme ve iş mili devri gibi kesme ortamının da yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri iyi bir şekilde araştırılmalıdır. Bununla birlikte, soğuk talaşlı işlemede ortamın soğutma faktörü, kesme parametreleri ile karşılaştırıldığında göreceli olarak yenidir ve yüzey pürüzlülüğü ve topolojisi üzerindeki etkisi daha iyi anlaşılmalıdır; çünkü işleme sürecinden beklenen sonuçlardan biri istenen aralıkta yüzey kalitesini üretmektir. Sasaharave ark. (2014) kesme alanının soğutulmasının yüzey pürüzlülüğünü azaltmak için etkili olduğu ifade etmişlerdir. EP GC 203 kompozit malzemenin delinmesinde delme ortamı ortalama yüzey pürüzlülüğünü etkilemektedir. Elyaf takviyeli kompozitlerin soğutucu ortam altında talaşlı işlenmesinde kesici takım ile elyaf ve reçine matrisi arasındaki sürtünme durumu üzerine etkiye sahiptir.

En düşük yüzey pürüzlülüğü 3000 dev/dk iş mili devri ve 0.05 mm/dev ilerleme değerlerinde CO₂ gazı ortamında yapılan delme işlemlerinde 3.29 µm olarak elde edilirken en yüksek yüzey pürüzlülüğü ise 1000 dev/dk iş mili devri ve 0.15 mm/dev ilerleme değerinde ile kuru delme işlemlerinde 6.72 µm olarak elde edilmiştir.

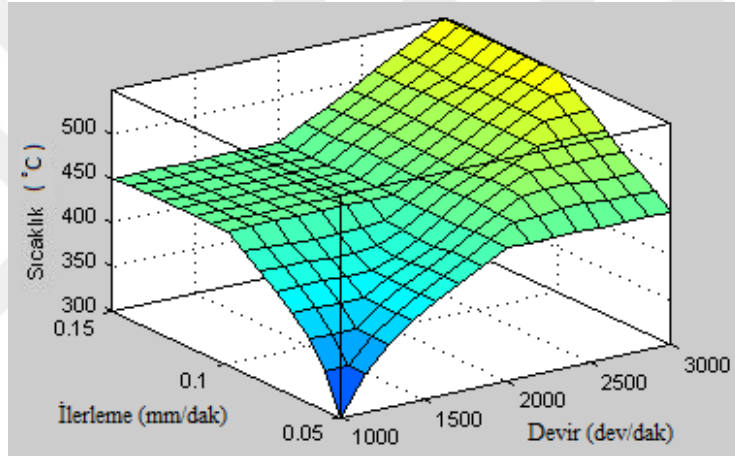
4.5. Deney Sonuçlarının Bulanık Mantık ile Karşılaştırılması

Yapılan deneylerde kesme kuvveti, sıcaklık, deformasyon faktörü ve yüzey pürüzlülüğünün iş mili devri, ilerleme ve soğutucularla olan ilişkisini belirlemek için bulanık mantık modellemesi yardımıyla grafikler oluşturulmuş olup analiz edilmiştir.

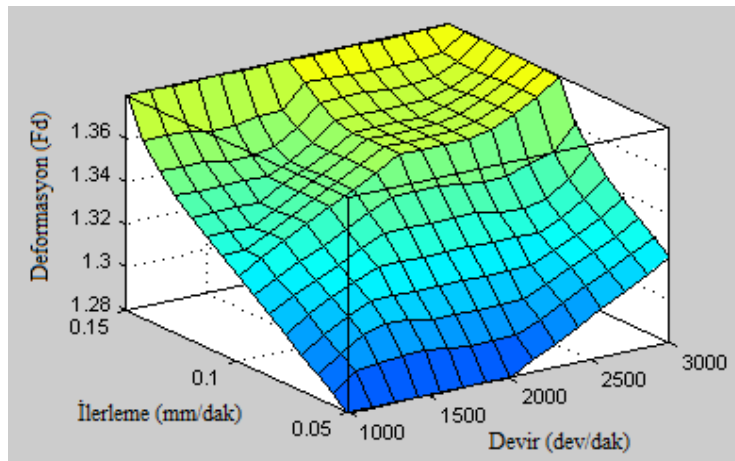
Bulanık mantık modelinde iş mili devri, ilerleme ve soğutma şartlarının kesme kuvveti, yüzey pürüzlülüğü, kesme sıcaklığı ve deformasyon faktörüne etkileri Şekil 4.53-4.64'te gösterilmiştir.



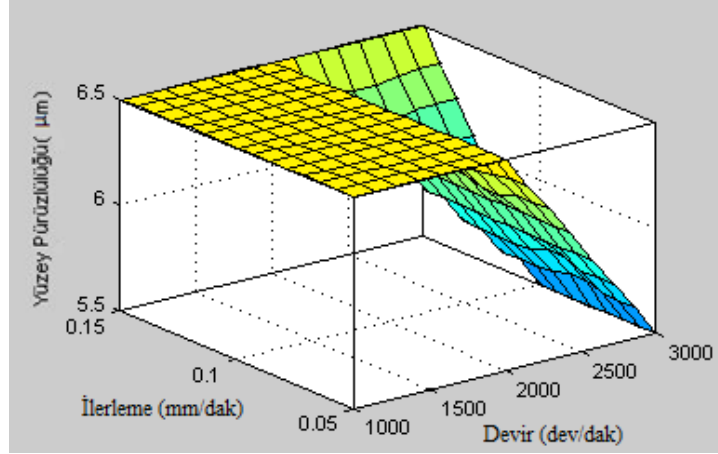
Şekil 4.53. Kuru ortam şartında ilerleme ve iş mili devrinin kesme kuvveti üzerine etkisi



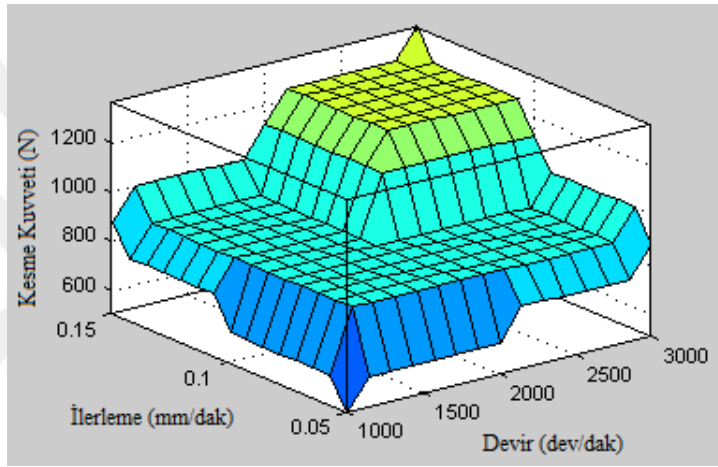
Şekil 4.54. Kuru ortam şartında ilerleme ve iş mili devrinin sıcaklık üzerine etkisi



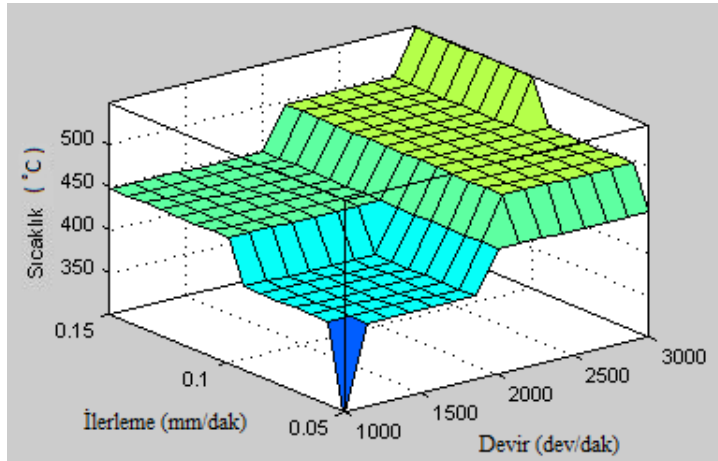
Şekil 4.55. Kuru ortam şartında ilerleme ve iş mili devrinin deformasyon faktörü üzerine etkisi



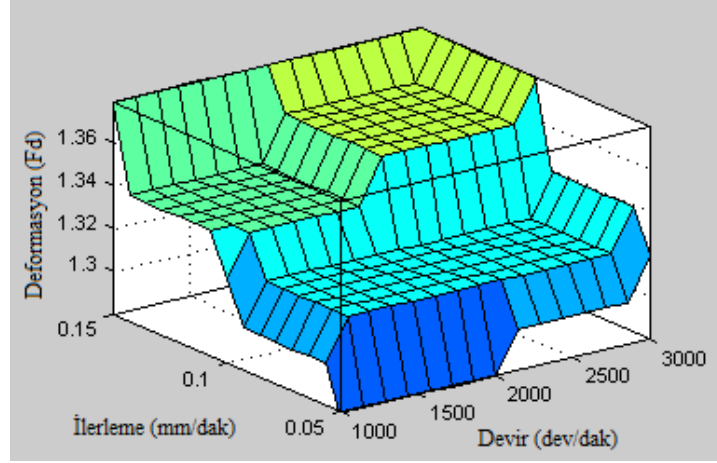
Şekil 4.56. Kuru ortam şartında ilerleme ve iş mili devrinin yüzey pürüzlüğü üzerine etkisi



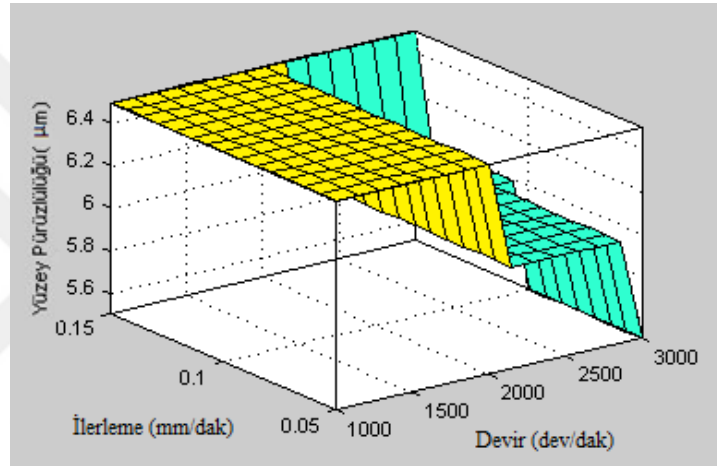
Şekil 4.57. Basıncılı hava şartında ilerleme ve iş mili devrinin kesme kuvveti üzerine etkisi



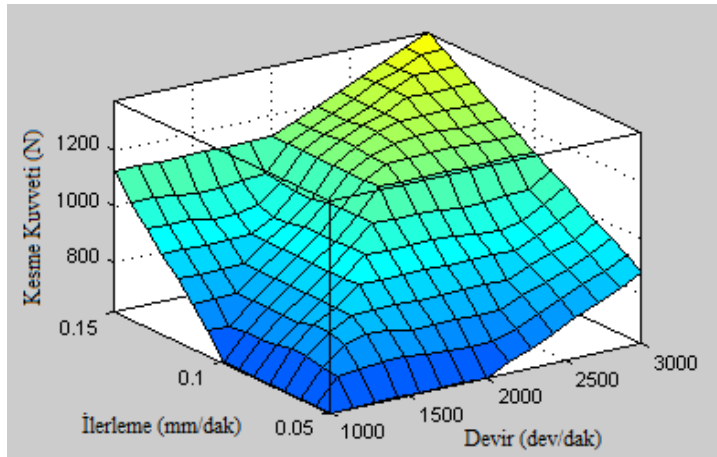
Şekil 4.58. Basıncılı hava şartında ilerleme ve iş mili devrinin sıcaklık üzerine etkisi



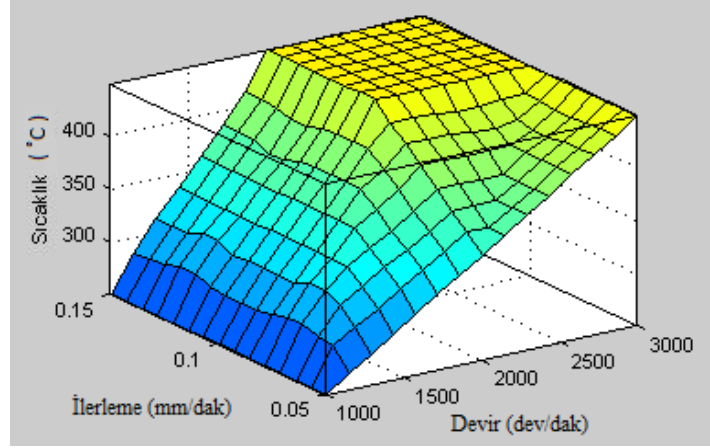
Şekil 4.59. Basınçlı hava şartında ilerleme ve iş mili devrinin deformasyon faktörü üzerine etkisi



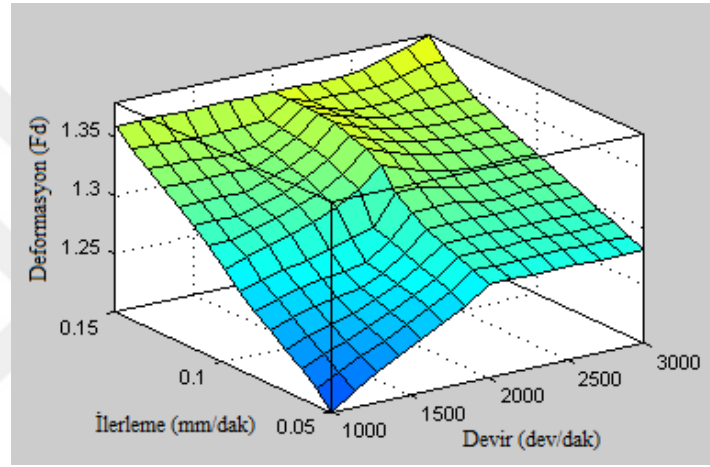
Şekil 4.60. Basınçlı hava şartında ilerleme ve iş mili devrinin yüzey pürüzlüğü üzerine etkisi



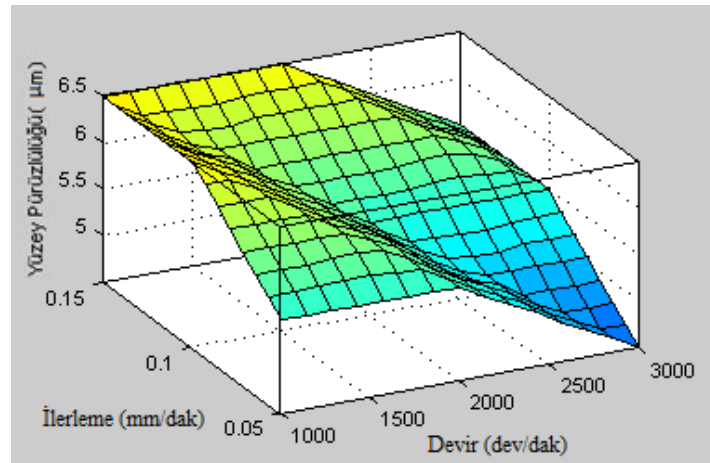
Şekil 4.61. CO₂ şartında ilerleme ve iş mili devrinin kesme kuvveti üzerine etkisi



Şekil 4.62. CO₂ şartında ilerleme ve iş mili devrinin sıcaklık üzerine etkisi



Şekil 4.63. CO₂ şartında ilerleme ve iş mili devrinin deformasyon faktörü üzerine etkisi



Şekil 4.64. CO₂ şartında ilerleme ve iş mili devrinin yüzey pürüzlülük faktörü üzerine etkisi

4.5.1. Delme parametrelerin kesme kuvvetine etkisi

- Kesme kuvveti ile kesme parametreleri arasındaki ilişki incelendiğinde iş mili devrinin ve ilerlemenin artması ile kesme kuvvetlerinin arttığı tespit edilmiştir.
- En küçük kuvvete sahip değerler, en düşük ilerleme oranlarında; en büyük kuvvete sahip değerler ise en yüksek ilerleme oranlarında gözlemlenmiştir.

4.5.2. Delme parametrelerin sıcaklığa etkisi

- İş mili devrine göre, kesme alanındaki sıcaklık değişimine baktığımızda; iş mili devrinin artmasıyla kesme alanında sıcaklığın bir artış olduğu gözlemlenmiştir.
- Artan ilerleme ile sıcaklıkların arttığı görülmüştür.

4.5.3. Delme parametrelerin deformasyona etkisi

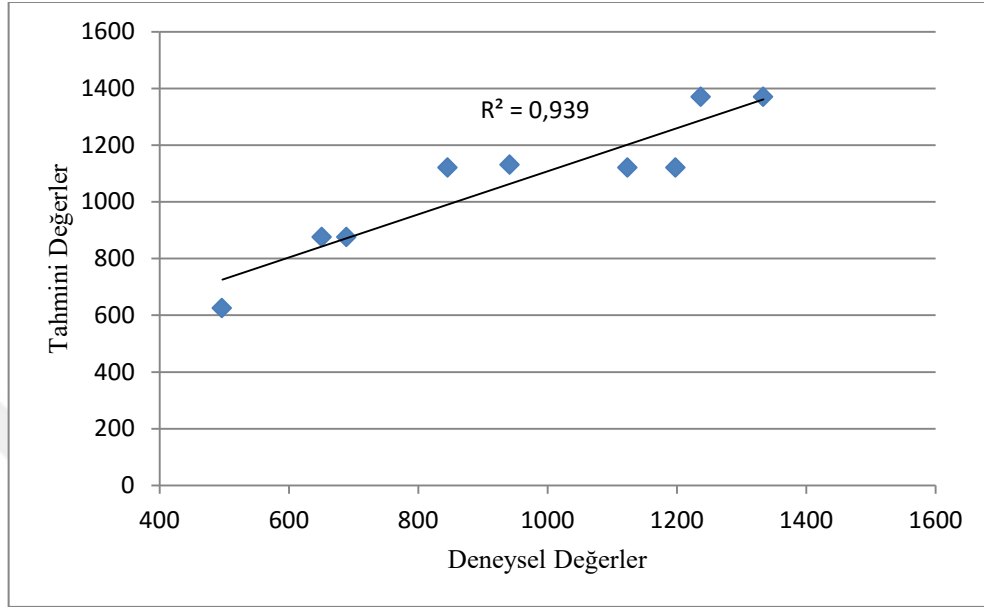
- Deformasyon faktörü; ilerleme oranı, iş mili devri gibi delme parametrelerinden önemli derecede etkilenmektedir.
- Deformasyon faktöründe en düşük değer, düşük iş mili devrinde ve düşük ilerleme oranında görülmüştür.
- En düşük deformasyon faktörü; soğutucu karbondioksit ile 1000 dev/dak iş mili devrinde, 0.5 mm/dev ilerleme oranında tespit edilmiştir.

4.5.4. Delme parametrelerin yüzey pürüzlülüğüne etkisi

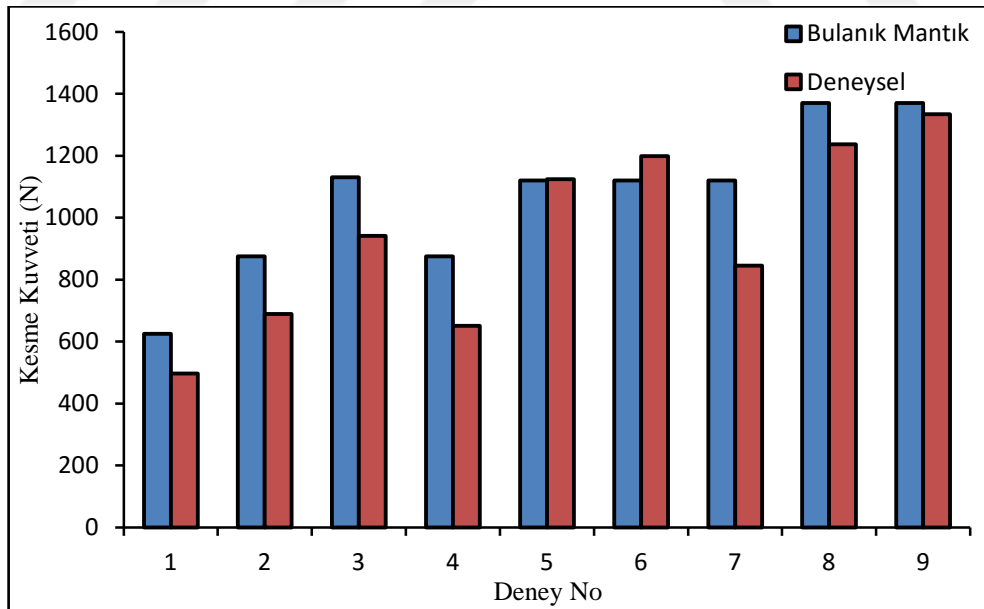
- Bulanık mantıkta yüzey pürüzlülüğü için yapılan analizlere bakıldığında en önemli parametre ilerleme olup, bu parametreyi sırayla, iş mili devri ve delme ortamı izlemektedir.
- İlerleme oranının artmasıyla yüzey pürüzlülüğünün arttığı görülmüştür.

Deneyler için önceden tahmin edilemeyen değerlerin, bulanık mantık ile tahmin edilmesi, yapılan deneylerin hassasiyeti açısından çok büyük önem taşımaktadır. Bulanık mantıktan elde edilen sonuçlar ile deneysel sonuçlar arasındaki ilişki göz önünde bulundurulacak olursa model sonuçları ile deneysel sonuçlar arasında yüksek bir ilişkisi olduğu görülmektedir (Şekil 4.65-76). Benzer şekilde regresyon analizi yöntemi de deneysel sonuçları tahmin etmede başarılı sonuçlar vermiş ve aralarında iyi

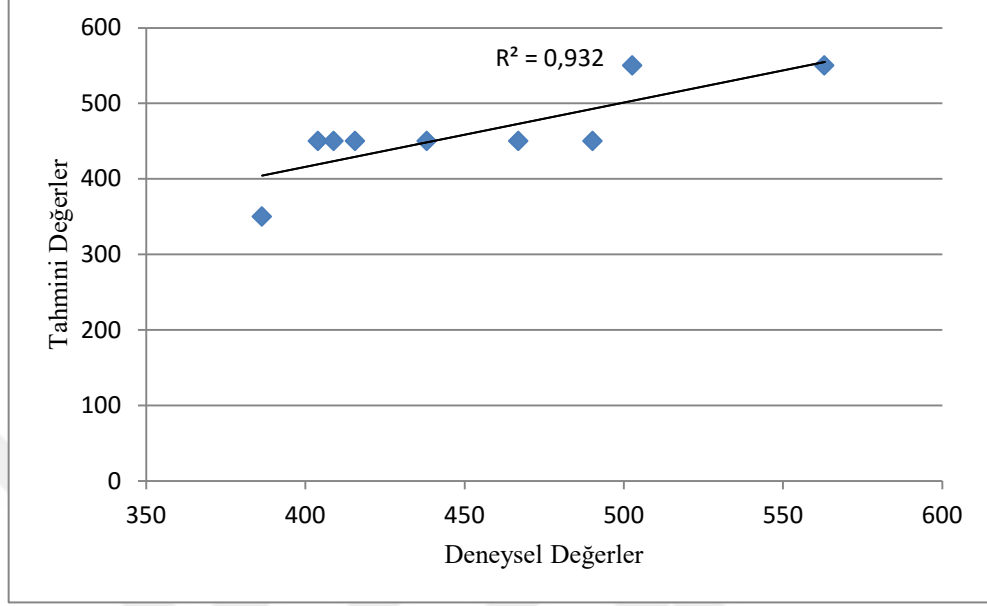
bir ilişki olduğu gözlenmiştir. Sonuçlar değerlendirilecek olursa tahmin modellerinin de başarılı olduğu söylenebilir.



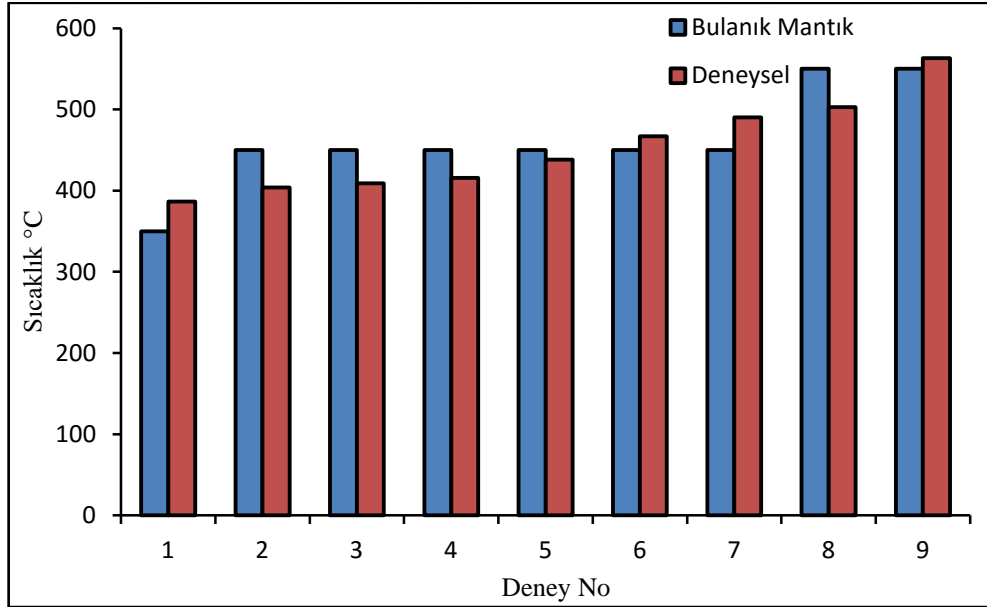
Şekil 4.65. Kesme Kuvveti İçin Regresyon Analizi ve Bulanık Mantık Arasındaki İlişki (Kuru)



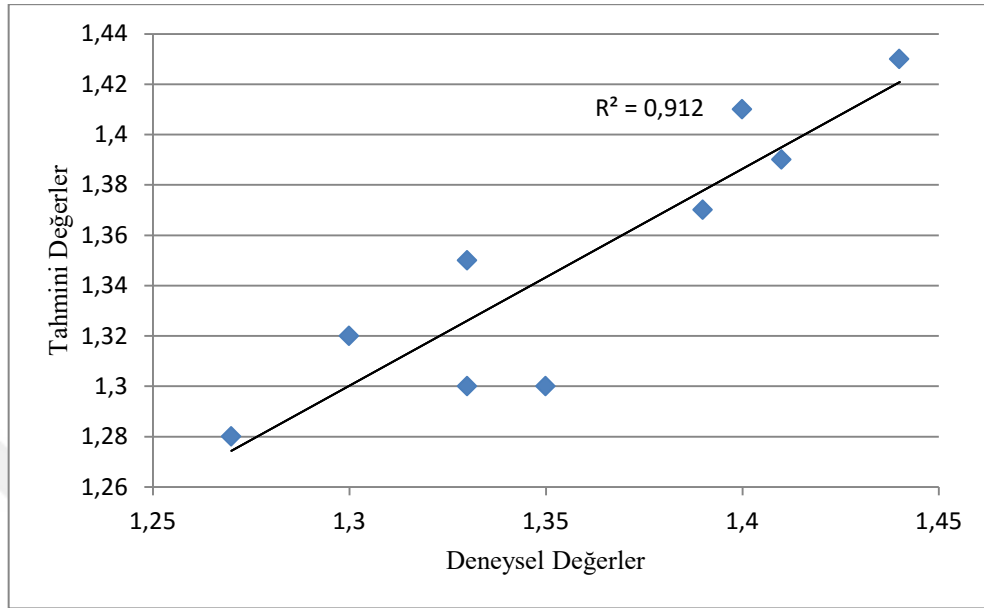
Şekil 4.66. Kesme Kuvveti İçin Deneyel ve Bulanık Mantık Sonuçlarının Kıyaslanması (Kuru)



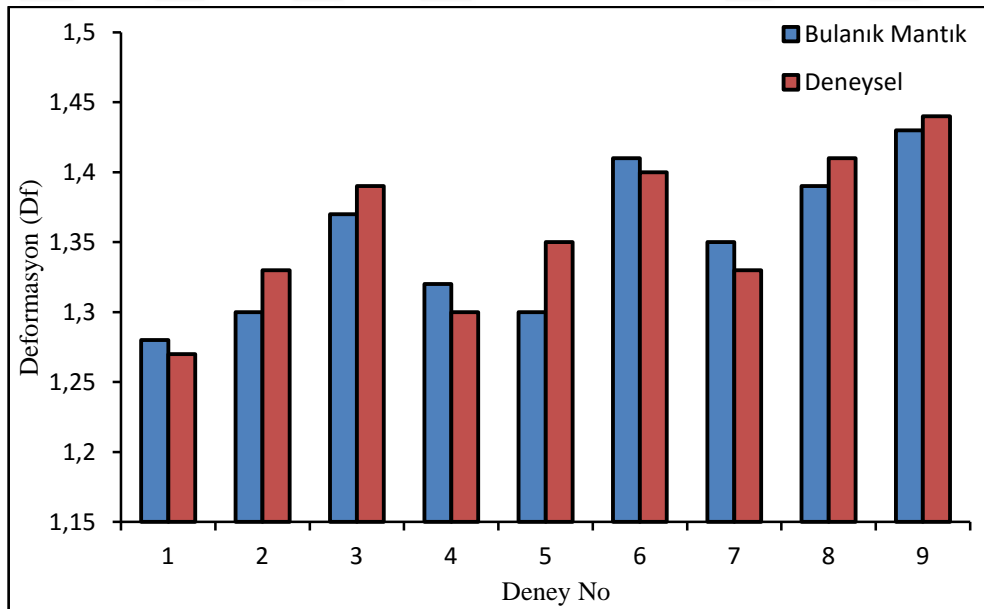
Şekil 4.67. Sıcaklık İçin Regresyon Analizi ve Bulanık Mantık Arasındaki İlişki (Kuru)



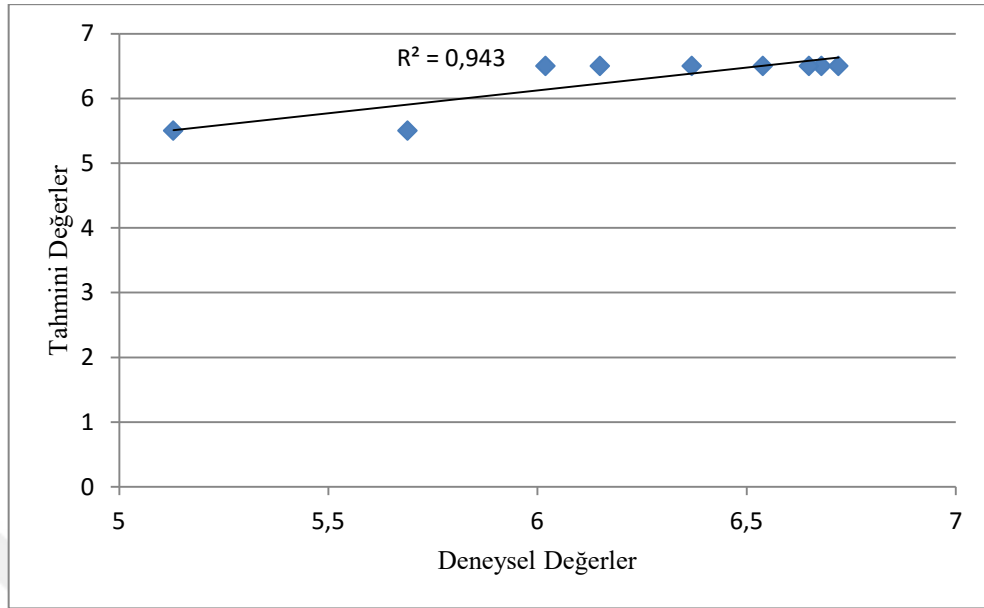
Şekil 4.68. Sıcaklık İçin Deneysel ve Bulanık Mantık Sonuçlarının Kıyaslanması (Kuru)



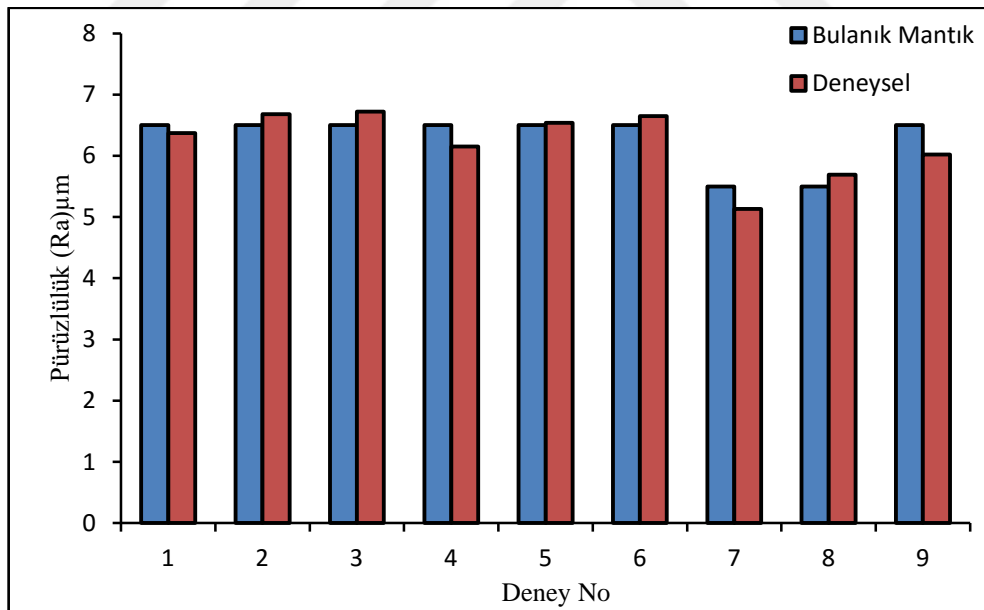
Şekil 4.69. Deformasyon Faktörü İçin Regresyon Analizi ve Bulanık Mantık Arasındaki İlişki (Kuru)



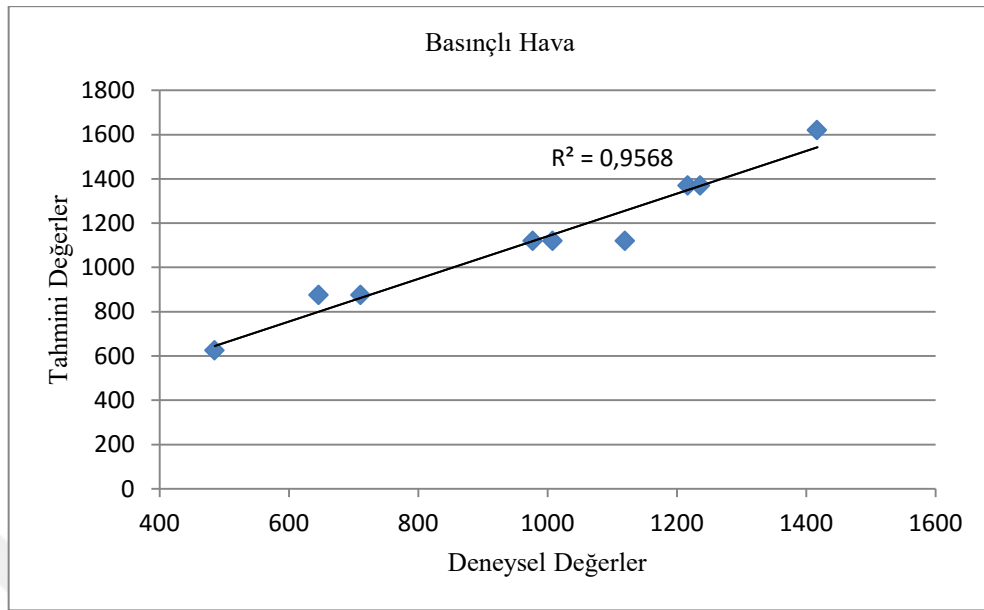
Şekil 4.70. Deformasyon Faktörü İçin Deneysel ve Bulanık Mantık Sonuçlarının Kıyaslanması (Kuru)



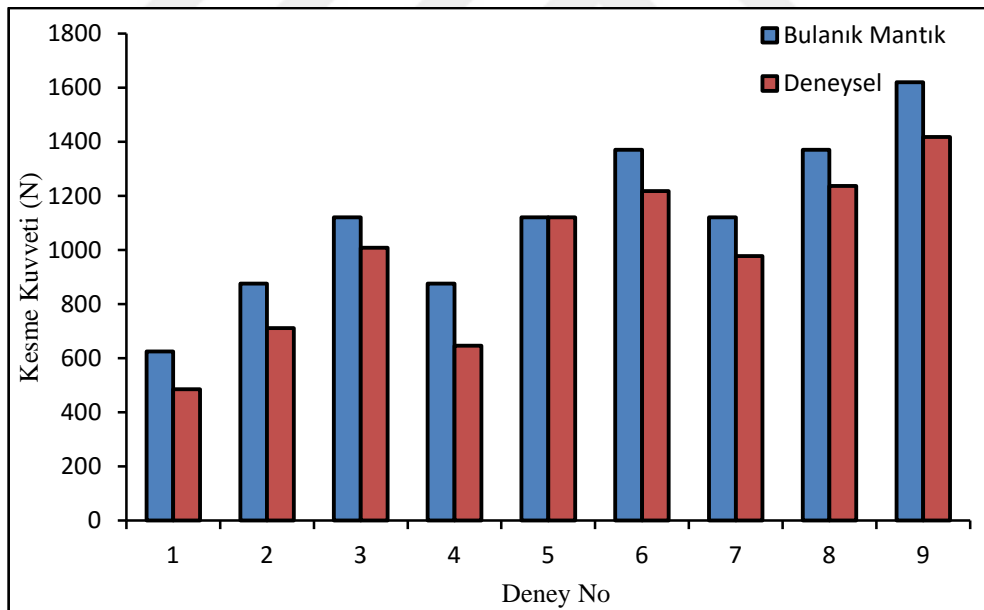
Şekil 4.71. Yüzey Pürüzlülük İçin Regresyon Analizi ve Bulanık Mantık Arasındaki İlişki (Kuru)



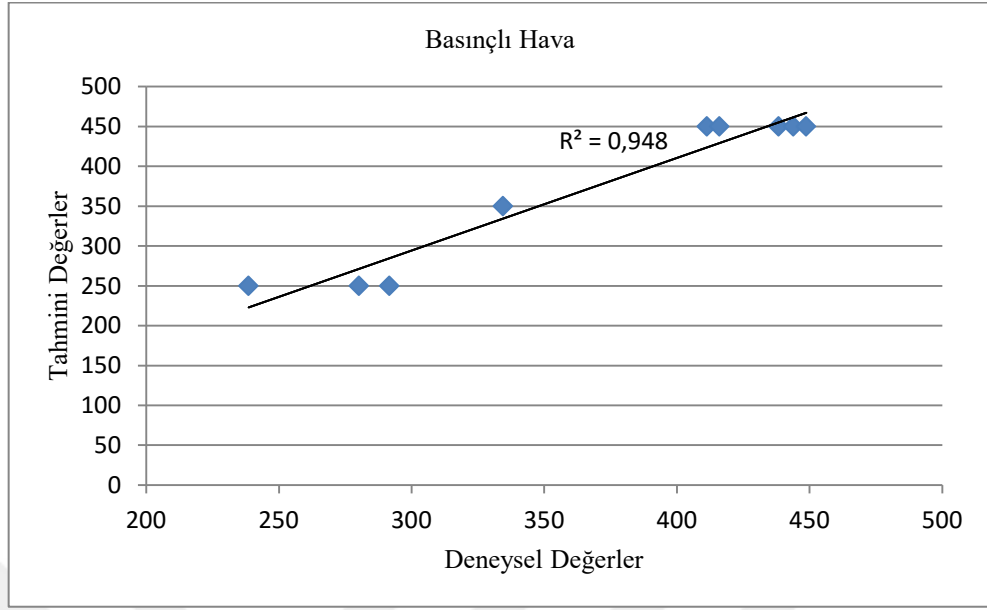
Şekil 4.72. Yüzey Pürüzlülük İçin Deneysel ve Bulanık Mantık Sonuçlarının Kıyaslanması (Kuru)



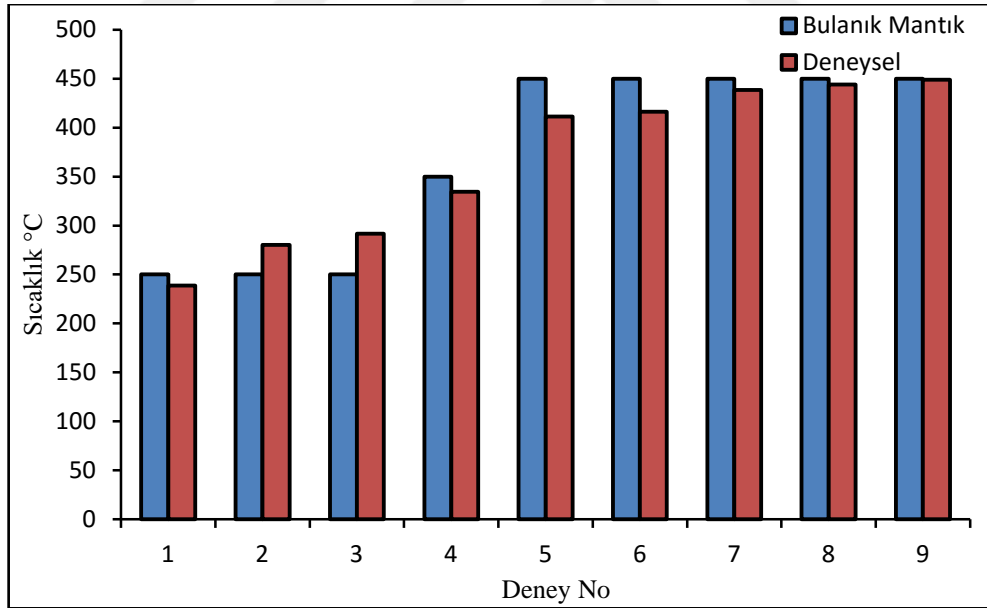
Şekil 4.73. Kesme Kuvveti İçin Regresyon Analizi ve Bulanık Mantık Arasındaki İlişki (Basınçlı Hava)



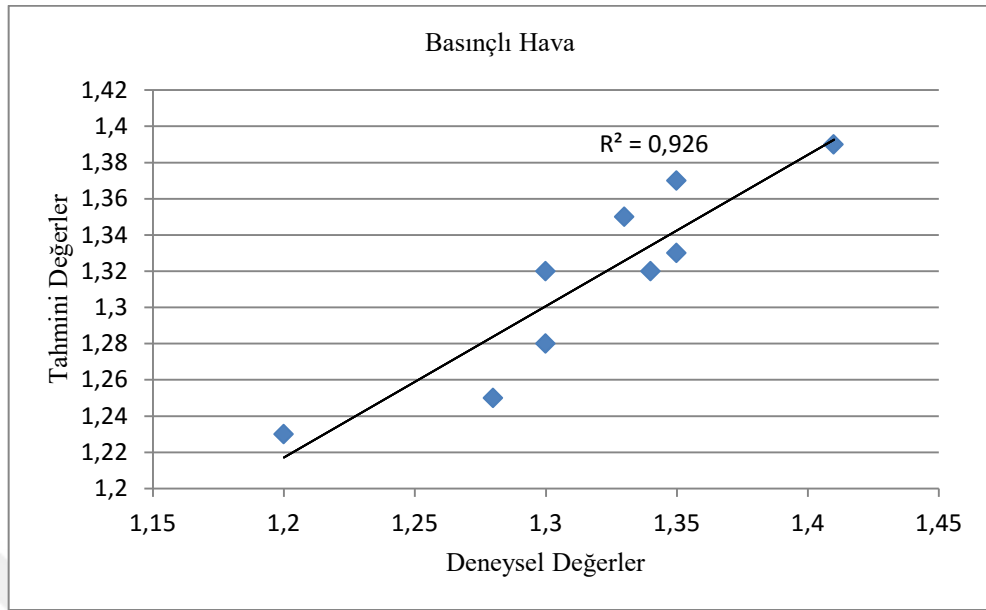
Şekil 4.74. Kesme Kuvveti İçin Deneysel ve Bulanık Mantık Sonuçlarının Kıyaslanması (Basınçlı Hava)



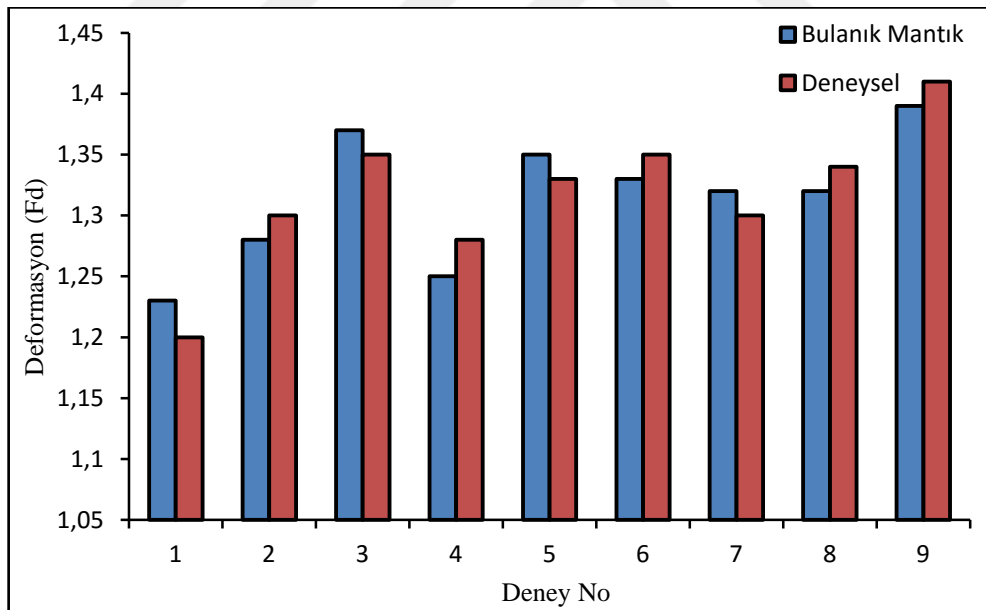
Şekil 4.75. Sıcaklık İçin Regresyon Analizi ve Bulanık Mantık Arasındaki İlişki (Basıncılı Hava)



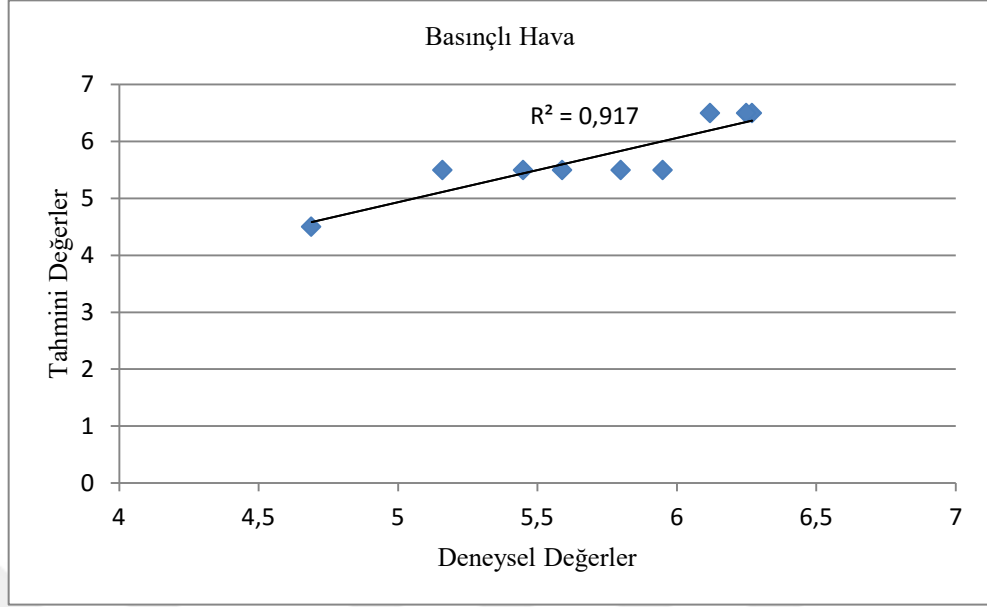
Şekil 4.76. Sıcaklık İçin Deneysel ve Bulanık Mantık Sonuçlarının Kıyaslanması (Basıncılı Hava)



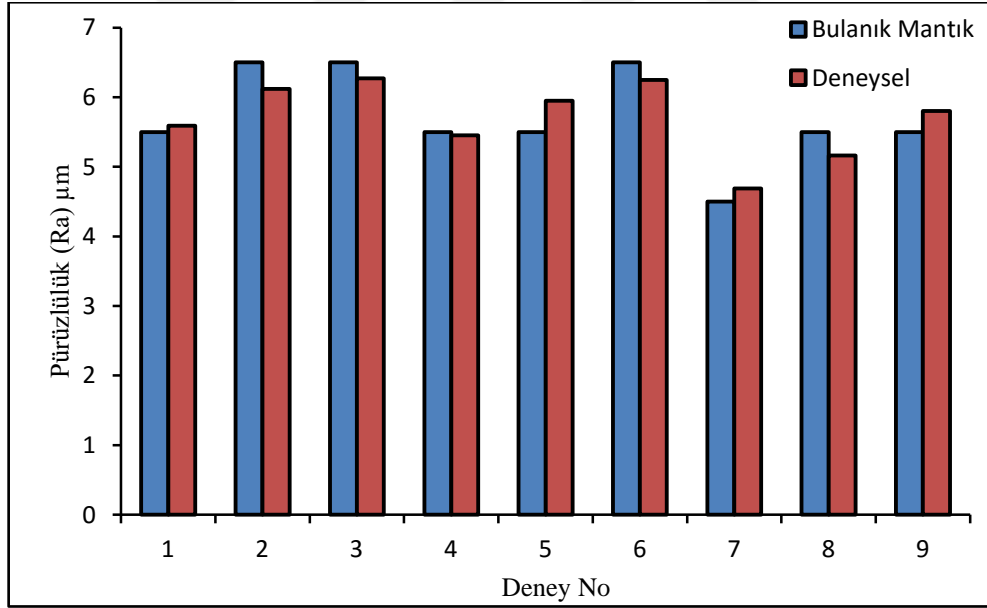
Şekil 4.77. Deformasyon Faktörü için Regresyon Analizi ve Bulanık Mantık Arasındaki İlişki (Basınçlı Hava)



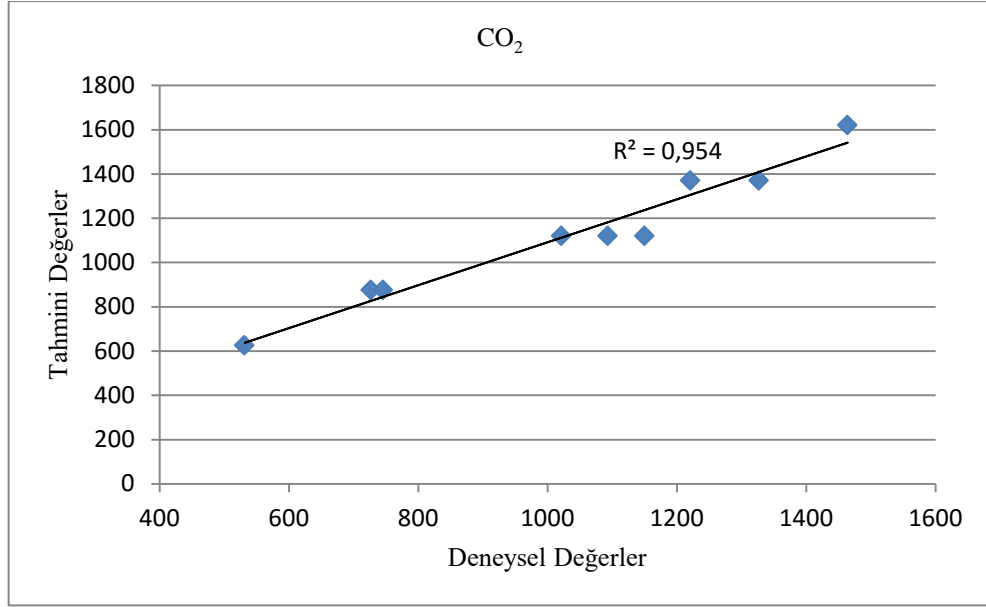
Şekil 4.78. Deformasyon Faktörü için Deneysel ve Bulanık Mantık Sonuçlarının Kıyaslanması (Basınçlı Hava)



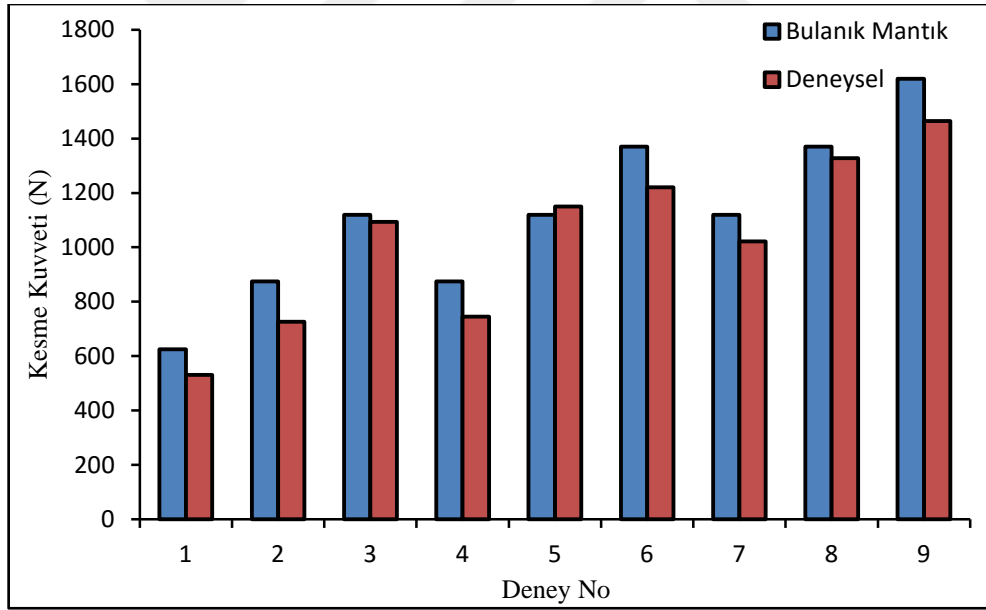
Şekil 4.79. Yüzey Pürüzlülük İçin Regresyon Analizi ve Bulanık Mantık Arasındaki İlişki (Basınçlı Hava)



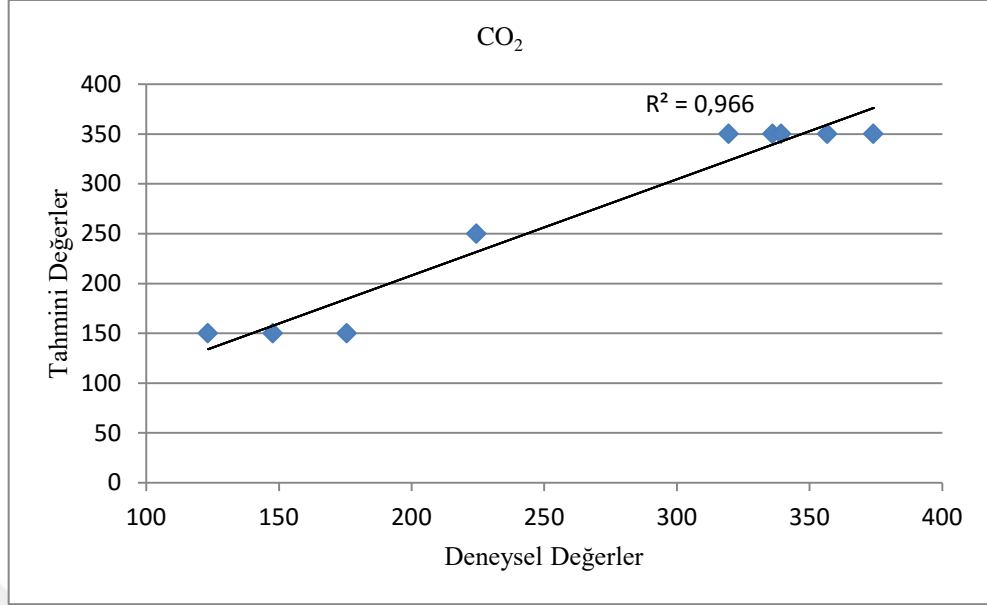
Şekil 4.80. Yüzey Pürüzlülük İçin Deneysel ve Bulanık Mantık Sonuçlarının Kıyaslanması (BasınçlıHava)



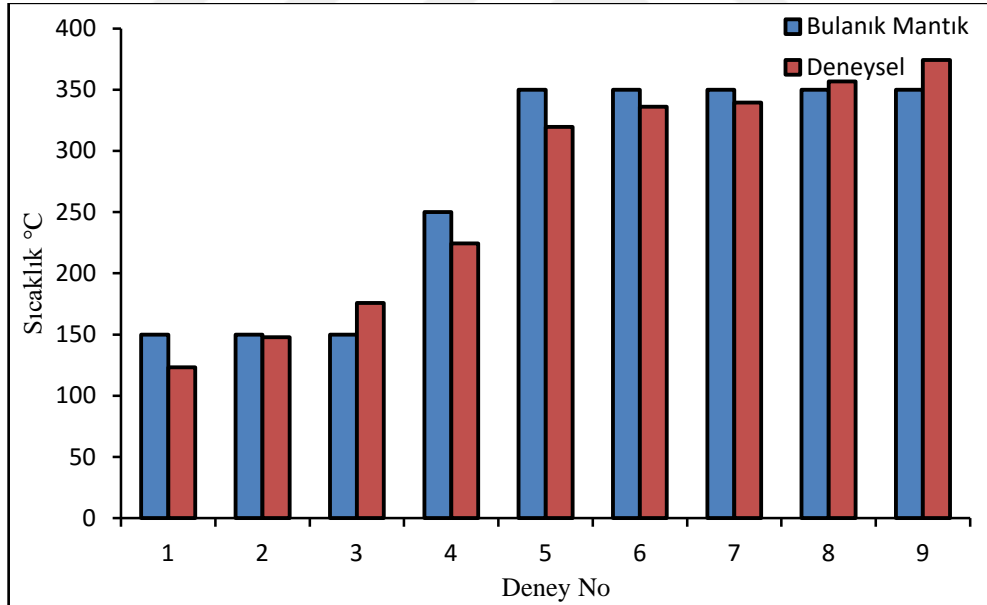
Şekil 4.81. Kesme Kuvveti İçin Regresyon Analizi ve Bulanık Mantık Arasındaki İlişki (CO₂)



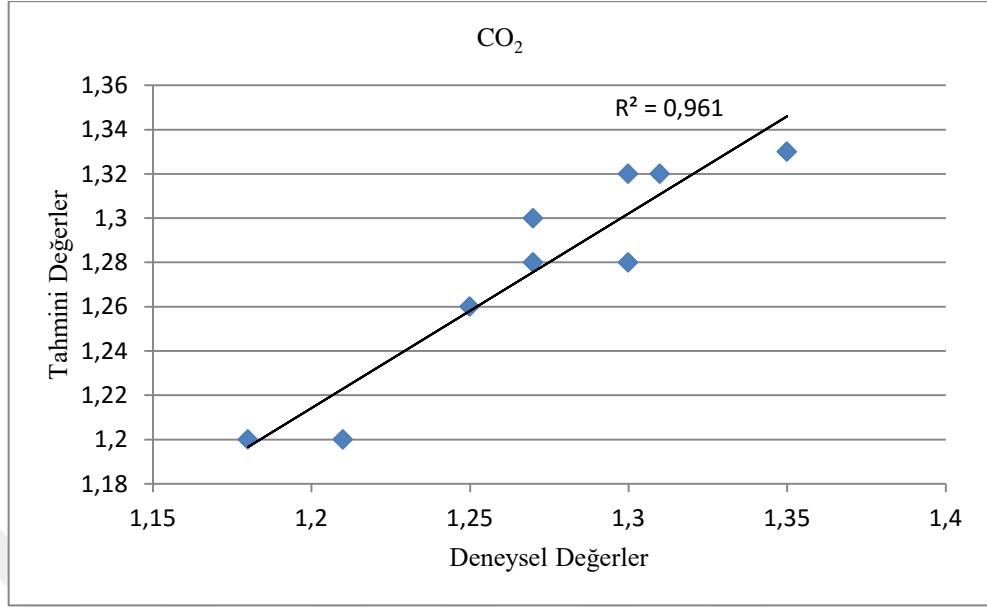
Şekil 4.82. Kesme Kuvveti İçin Deneyel ve Bulanık Mantık Sonuçlarının Kıyaslanması (CO₂)



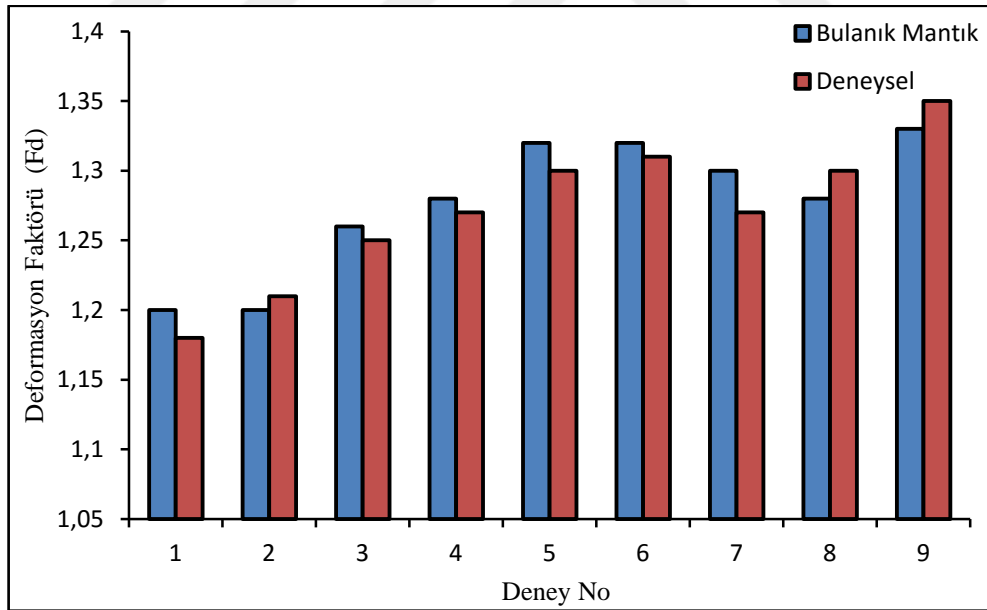
Şekil 4.83. Sıcaklık İçin Regresyon Analizi ve Bulanık Mantık Arasındaki İlişki (CO₂)



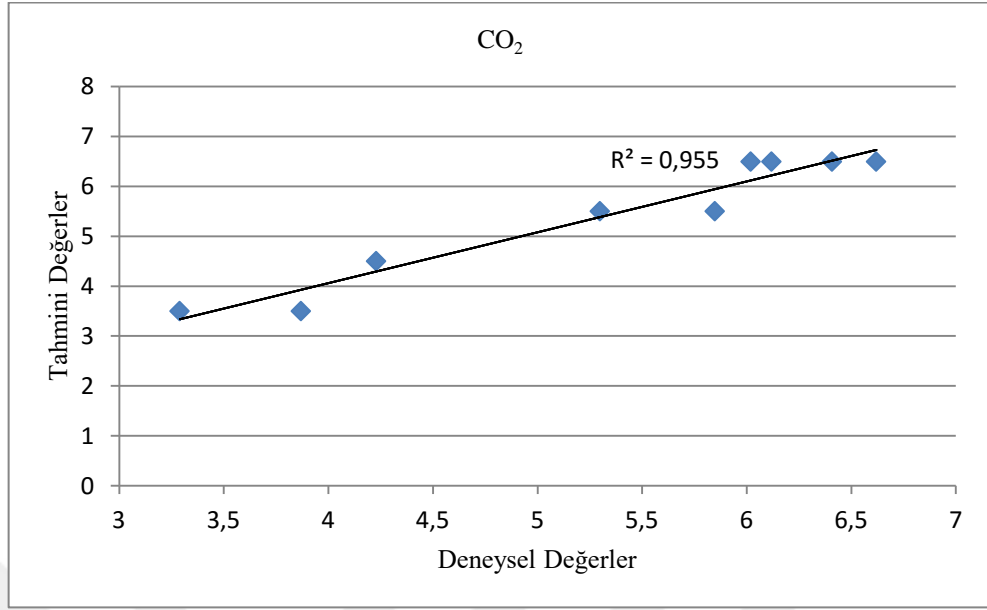
Şekil 4.84. Sıcaklık İçin Deneysel ve Bulanık Mantık Sonuçlarının Kıyaslanması (CO₂)



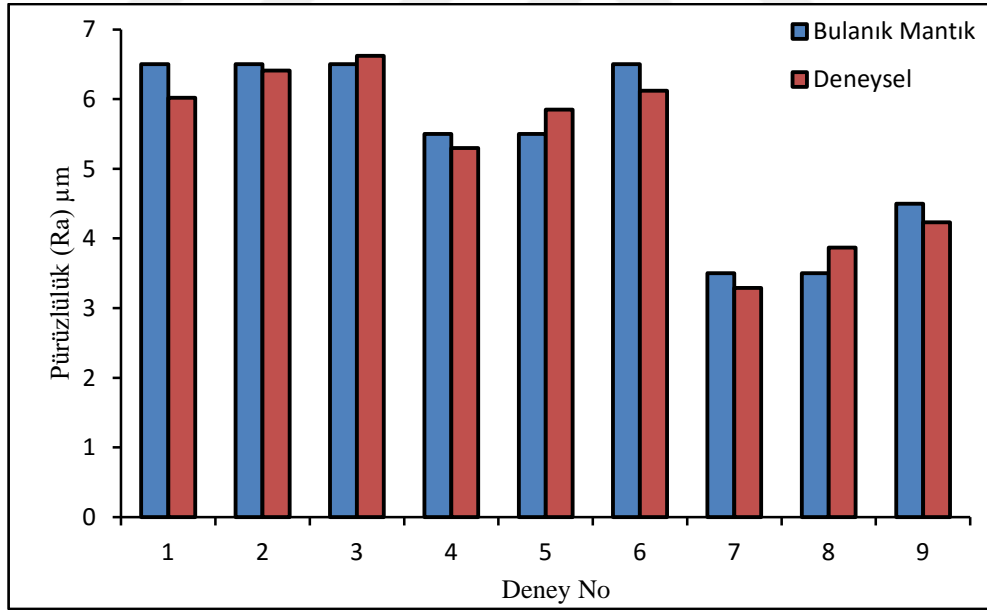
Şekil 4.85. Deformasyon Faktörü İçin Regresyon Analizi ve Bulanık Mantık Arasındaki İlişki (CO₂)



Şekil 4.86. Deformasyon Faktörü İçin Deneysel ve Bulanık Mantık Sonuçlarının Kıyaslanması (CO₂)



Şekil 4.87. Yüzey Pürüzlülük İçin Regresyon Analizi ve Bulanık Mantık Arasındaki İlişki (CO₂)



Şekil 4.88. YüzeyPürüzlülük İçin DeneySEL ve Bulanık Mantık Sonuçlarının Kıyaslanması (CO₂)

5. SONUÇLAR

CETP kompozit malzemenin WC matkap kullanılarak delinmesinde iş mili devri, ilerleme ve soğutma ortamının kesme kuvveti, deformasyon, yüzey pürüzlülüğü ve sıcaklık üzerine olan etkileri araştırılmış olup elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- İş mili devrinin artması ile kesme kuvveti artmış olup, en düşük kesme kuvveti 1000 dev/dak işmili devrinde, en yüksek kesme kuvveti de 3000 dev/dak iş mili devrinde elde edilmiştir.
- Kesme kuvveti üzerinde en etkili parametre ilerleme değeridir. Düşük kesme kuvveti düşük ilerleme değerlerinde elde edilmiştir.
- Kuru, basınçlı hava ve CO₂ gazı ortamında yapılan delme deneylerinde, iş mili devri ve ilerleme oranı arttıkça kesme kuvvetlerinde artış görülmüştür. En düşük kesme kuvveti basınçlı hava ortamında yapılan deneylerde elde edilmiştir.
- Kuru delme ortamına göre CO₂ gazı ortamında yapılan deneylerde aynı delme parametrelerinde delme kuvvetleri daha yüksek seviyelere çıkmıştır.
- Tüm delme parametrelerinde en düşük sıcaklık CO₂ gazı ortamında yapılan delme deneylerinden elde edilmiştir. Kuru delme ortamında en yüksek sıcaklıklara ulaşılmıştır.
- İş mili devri ve ilerlemenin artması kesme sıcaklığını arttırmaktadır.
- Kuru, basınçlı hava ve CO₂ gazı ortamında yapılan delme deneylerinde iş mili devri ve ilerleme arttıkça deformasyon faktörü artmıştır.
- Basınçlı hava ve CO₂ gazı koşullarında gerçekleştirilen deneylerde oluşan deformasyon faktörü kuru delmede oluşan deformasyon daha düşük çıkmıştır.
- En düşük deformasyon faktörü CO₂ gazı ortamında yapılan delme deneylerinden elde edilirken, en fazla deformasyon faktörü kuru delme ortamında yapılan delme işlemlerinde elde edilmiştir.
- Tüm delme ortamı koşullarında en düşük yüzey pürüzlülüğü yüksek iş mili devri ve düşük ilerleme değerlerinde elde edilmiştir. En yüksek yüzey pürüzlülüğü 1000 dev/dak iş mili devri ve 0.15 mm/dev ilerleme değerlerinde kuru delme ortamında elde edilmiştir.
- CETP kompozit malzemenin WC matkap kullanılarak delinmesinde en iyi delme şartlarının belirlenmesi, delme sırasında sistemin uzman denetleyicilerle kontrol edilmesine bağlıdır. CETP kompozit malzemenin delinmesinde deneysel

olarak elde edilen kesme kuvveti, kesme sıcaklığı, deformasyon ve yüzey pürüzlülüğü değerleri ile delme şartlarına göre oluşturulan bulanık mantık ile tahmin edilen kesme kuvveti, kesme sıcaklığı, deformasyon ve yüzey pürüzlülüğü değerleri birbirine yakın bulunmuştur.



KAYNAKLAR

- Abrao, A.M., Rubio, J.C., Faria, P.E. and Davim, J.P., 2008, "The effect of cutting tool geometry on thrust force and delamination when drilling glass fibre reinforced plastic composite", Volume 29, Paper 508-513.
- Akkurt, M., 1985 Takım Tezgahları, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Akkurt, M., 1998, "Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgâhları", Birsen Yayınevi, İstanbul, 23-90.
- Akbulut, H., 2013, Kompozit Malzemeler Ders Notları, Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Sakarya.
- Alpsoy, H., 2009, "R134a/R152a Soğutucu Akışkan Karışımlarının Isı Pompasında Deneysel İncelenmesi", *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Altintas Y., 2000, Manufacturing Automation-Metal Cutting Mechanics, Machine Tool Vibrations and CNC Design, Cambridge University Press, Cambridge.
- Anonim, A.S.M., 1984, International, Composite Materials I the basics, Materials Engineering Institute, 10-15s Ohio.
- Arul, S., Vijayaraghavan, L., Malhotra, S. K., Krishnamurthy, R., 2006, The effect of vibratory drilling on hole quality in polymeric composites. *Int. Journal of Machine Tools and Manufacture*, 46: 252-259.
- Avner, S.H., 1974, Introduction to Physical Metallurgy Book Comp., New York, 472-477.
- Aydın, M., Uçar, M., Cengiz, A., 2010, "AISI 304 Östenitik Paslanmaz Çeliğin Kuru Tornalanabilmesine Kesme Parametrelerinin Etkisi", II. Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi, Balıkesir, 85-94.
- Azmi, A.I., Lin, R.J.T., Bhattacharyya, D., 2012, *Machinability study of glass fibre-reinforced polymer composites during end milling*, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, DOI 10.1007/s00170-012-4006-6.
- Bhudwannachai, P., 2014, Performance Evaluation and Analysis of the Use of CO₂ Cooling for Conventional Drilling of Carbon Fibre Reinforced Plastics, Doctor of Philosophy, *University of Warwick*, Warwick, 71-80.
- Bosco, M. A. J., Palanikumar, K., Prasad, B. D., and Velayudham, A. 2013. Influence of machining parameters on delamination in drilling of GFRP-armour steel sandwich composites. *Procedia Engineering*, 51, 758-763.
- Camuşcu, N., Karpat, Y., Kılıç, A., Değer, B., Sonat, F., Bahtiyar, O., 2010, "Örgü Karbon Elyaf Takviyeli Polimer Kompozit Malzemelerin Karbür Takımlarla Delinmesi", 2.Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu, p.31-40.

- Canpolat,N.,2008,“Değişik Takviyeli Kompozit Malzemenin Matkapla Delinebilirliğinin ve Yüzey Pürüzlülüğünün Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü”, Elazığ, p.1-2.
- Chawla K.K., 1987, *Composite Materials Science and Engineering*, 140-283s, Springer Verlag New York Inc.
- Chen, W., 1997, “Some experimental investigations in the drilling of carbon fibre-reinforced plastic (CFRP) composite laminates”, *Int J Mach Tools Manufact*, Volume 37, Paper 1097–1108.
- Chen, W.C. and Tsao, C.C.,1999, “Cutting performance of different coated twist drills”, *Journal of Material Processing Technology*, 88(1-3), 203- 207.
- Chinchanikar, S. ve 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, 1999, C.M. *Modern Talaşlı İmalatın Esasları* Ceylan Matbaacılık, Bursa, Türkiye, 32-36.
- Çerkezoğlu, B., 2010, “CO₂ Kullanılan Kaskad Soğutma Sisteminin Analizi”, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi.
- Çiftçi, H., 2002, Fuzzy Logic Function Approximation for Some Mathematical Functions, Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Eskişehir.
- Çolak O., 2006, CNC Freze Tezgahı için Kesme Parametrelerinin Akıllı Yöntemlerle Elektronik Ortamda Optimizasyonu, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- Dağdelen, U., 1996, Bulanık Mantık İle Adım Motor Kontrolü, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Davim, J. P., Campos Rubio, J. and Abrao, A.M., 2009, “A novel approach based on digital image analysis to evaluate the delamination factor after.
- Davim, J.P., Abrao, A.M., Rubio, J.C., and Faria, P.E.,2008, “The effect of cutting tool geometry on thrust force and delamination when drilling glass fibre reinforced plastic composite”, Volume 29, Paper 508-513.
- Davim, J.P., Rubio, J.C., Abrao, A.M.,2007,“ A Novel Approach Based on Digital Image Analysis to Evaluate the Delamination Factor After Drilling Composite Laminates”, *Composite Science and Technology* , Volume 67, Number 9, p.1939-1945.

- Davim, J.P., Reis, P., 2005, *Damage and dimensional precision on milling carbon fiber reinforced plastics using design experiments*, J. Mater. Process. Technol., 160(2), 160–167.
- Davim, J. P., Reis, P., and António, C. C., 2004a, Drilling fiber reinforced plastics (FRP) manufactured by hand lay-up: influence of matrix (Viapal VUP 9731 and atlac 382-05). *Journal of Materials Processing Technology*, 155, 1828-1833.
- Davim, JP., Reis, P., 2004c, “Experimental study of drilling glass fibre reinforced plastics (GFRP), manufactured by hand lay-up”, *Composites Science Technology*, Volume 64, Paper 289–297.
- Davim, JP., Reis P., 2003, “Drilling carbon fibre reinforced plastics manufactured by autoclave experimental and statistical study”, *Materials Design*, Volume 24, Paper 315–324.
- Edwards, L., Endean, M., 1990, *Manufacturing with Materials*, Material in Action Series, p.250-261, England.
- Ekici, E., 2009, ”Cam Elyaf Takviyeli Polimer Kompozit Malzemenin Delinmesi Esnasında Oluşan Yüzey Hasarının Deneysel Olarak İncelenmesi”, *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS)*, Karabük, p.1-6.
- Enemuoh, EU., El-Gizawy, AS., Okafor, AC., 2001, “An approach for development of damage-free drilling of carbon fibre reinforced thermosets”, *Int J Mach Tools Manufact*, Volume 41, Paper 1795–814.
- Erdoğan, M., 1998, *Malzeme Bilimi ve Mühendislik Malzemeleri*, Cilt:2 Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Ersoy, H. Y., 2001, *Kompozit Malzemeler*, Literatür Yayınları No:66, İstanbul.
- Faraz, A., Biermann, D., Klaus, W., 2009, Cutting edge rounding: An innovative tool wear criterion in drilling KETP composite laminates, *International Journal of Machine Tools & Manufacture* 49: 1185–1196.
- Gaitonde, V.N., Karnik, S.R., Mata, F., Davim, J.P. 2009, “Study on some aspects of machinability in unreinforced and reinforced polyamides”, *Journal of Composite Materials*, Volume 43, Pages 725-739.
- Giasin, K., Soberanis, S., Hodzic, A., 2015, The effects of minimum quantity lubrication and cryogenic liquid nitrogen cooling on drilled hole quality in GLARE fibre metal laminates *Materials and Design* 89 (2016) 996– 1006 Number:1.
- Ghosh, R., 2006, Technology Assessment On Current Advanced Research Projects in Cryogenic Machining, *The Association for Manufacturing Technology, Virginia-USA*, 1-3.

- Güneş, D., 2010, "Al Matrisli SiCp Takviyeli Kompozit İle Ç1030 Çeliğinin Sürtünme Kaynak Yöntemiyle Kaynak Edilebilirliğinin Araştırılması," Yüksek Lisans Tezi, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir,13-14.*
- Hocheng, H., Tsao, CC., 2006, "Effects of special drill bits on drilling-induced delamination of composite materials" *International Journal Machine Tools Manufacture*, Volume 46, Paper 1403–1416.
- Hull. D, and Clyne, T.W., 1996, *An Introduction to Composite Materials*, Cambridgeuniversity pres, Cambridge, UK.
- Ishida, T., Noma, K., Kakinuma, Y., Aoyama, T., Hamada, S., Ogawa, H. ve Higaino, T., 2014, Helical milling of carbon fiber reinforced plastics using ultrasonic vibration and liquid nitrogen, *Procedia CIRP*, 24, 13-18.
- Işık, B., Altan, E., 2010, "Karbon-Elyaf Takviyeli Polimer Kompozitin Delinmesinde Delik Çıkış Kenarlarında Oluşan Yüzey Hasarının Deneysel Olarak İncelenmesi", 2.Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu, p.135-142.
- Işık, B.,2013, Cam Elyaf Takviyeli Polimer Kompozit Malzemenin Gagalayarak Delinmesi Esnasında Oluşan Yüzey Hasarlarının Deneysel Olarak İncelenmesi, 4. *Ulusal talaşlı imalat sempozyumu, UTİS-2013*, Kuşadası.
- Işık, B., Gültekin, M.Ş., 2015, Karbon Elyaf Takviyeli Polimer Kompozitlerin Delinmesinde Yüzey Pürüzlülüğünü Azaltacak Optimum Kesme Parametrelerin Seçilmesi, *Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu, Sabancı Üniversitesi, İstanbul,221.*
- Jeon, Y., Park, H. W. ve Lee, C. M., 2013, Current research trends in external energyassisted machining, *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 14 (2), 337-342.
- Jones, M.J., 1987, "Mechanics of CompositeMaterials", ScriptaBookCompany, Washigton D.C., McGraw-HillBook Company, New York.
- Kalidas, S., Devor, R.E., Kapoor,S.G.,2001, "Experimental investigation of the effectod drill coatingsonhole quality under dry and wet drilling conditions"Surface and Coatings Technology, s. 117-128.
- Karnik, S.R., Gaitonde, V.N., Rubio, J.C., Correira, A.E., Abrao, A.M., Davim, J.P., 2008, Delamination Analysis in High Speed Drilling of Carbon Fibre Reinforced Plastics (CFRP) Using Artificial Neural Network Model", *Material and Design*, Volume 29, Number 9, p.1768-1776.
- Karpat, Y., Bahtiyar, O., 2015, Helisel Çok Kristalli Elmas Matkap ile Karbon Fiber Takviyeli Polimer Levhaların Delinme İşleminin İncelenmesi, *Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu, Sabancı Üniversitesi, İstanbul,207.*
- Kaynak, O., Armağan, G., 1993, *Bulanık Denetim ve Endüstriyel Uygulamaları*, Tübitak Marmara Araştırma Merkezi.

- Kaynak, Y., Karaca, H., Jawahir, I.S. 2011, Cryogenic machining of NiTi shape memory alloy. *6th Int.Conference and Exhibition on Design and Production of Machines and Dies/Molds*, 23–26 June, Ankara,Turkey, 123-128.
- Khashaba, U. A., Seif, M. A., and Elhamid, M. A. 2007, Drilling analysis of chopped composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 38(1),61-70.
- Kılıçkap, E., 2003, Al Si7 Mg2/SiCp Metal Matriksli Kompozitlerin Talaşlı İşlenmesinin Araştırılması, Doktora Tezi, *Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ,14*.
- Kılıçkap, E., Yardımeden A., Çelik Y.H., 2016, Karbon elyaf takviyeli plastik kompozitlerin tornalanmasında yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınmasına etki eden parametrelerin araştırılması. *Mühendislik Dergisi. Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Cilt: 8 sayı:1,175-180/Mart*.
- Kılıçkap, E., 2010, “ISOVAL-11 Kompozitlerin Delinmesinde Oluşan Deformasyonun Araştırılması”, 2.Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu, p.154-163.
- Kılıçkap, E., Çelik, Y.H., 2012, “G10 EPGC 201 Kompozit Malzemenin Delinmesinde Oluşan Deformasyon Etki Eden Parametrelerin Araştırılması”, 3.Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu, Ankara, p.206-210.
- Kılıçkap, E., Hüseyinoğlu, M., 2010, “Tepki yüzey modeli ve genetik algoritma kullanılarak AISI 316’ nın delinmesinde oluşan çapak yüksekliğinin modellenmesi ve optimizasyonu”, *Mühendislik Dergisi*, 1(1), 71-80.
- Kıvık, T., 2012, “Kesici Takımlara Uygulanan Kriyojenik İşlemin Ti-6Al-4V Alaşımının Delinebilirliği Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması”, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2012.
- Kıyak, M., Çakır, O. ve Altan, E., 2002, “Metal Matriks Kompozitlerin Talaşlı Şekillendirme ile İşlenmesi”, 11. Uluslar arası Metalurji ve Malzeme kongresi, TMMOB Metalurji Müh. Odası, İstanbul.
- Kıyak, E., 2003, Bulanık Mantık Yöntemiyle Uçuş Kontrol Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
- Kilickap, E., 2010, Optimization of cutting parameters on delamination based on Taguchi method during drilling of GFRP composite. *Expert Systems with Applications*, 37(8), 6116-6122.
- Koyunbakan, M., Ünüvar, A., Demir, O., 2015, CETP Kompozitlerin Delinmesindeki İtme Kuvvetinin Anfis ile Modellenmesi, *Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu Sabancı Üniversitesi, İstanbul*.
- Köklü, U., Kaynak, Y., Demir, O., Avcı, A., Etyemez, A., 2015, Fonksiyonel Derecelendirilmiş Kompozit Malzemelerin Talaşlı İşlenebilme Performansı, *Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu. Sabancı Üniversitesi, İstanbul, 198*.

- Krishnamoorthy, A., 2011, "Delamination prediction in drilling of KETP composites using artificial neural network" *Journal of Engineering Science and Technology*, 6 (2): 191-203.
- Kuzu, A, T., Barenji, K, R., Bakkal, M., 2016, Delik Delme İşleminde Soğutma Koşullarının Takım ve İş parçası Sıcaklıklarına Olan Etkisinin Araştırılması, *International Symposium On Machining*, Marmara University, Istanbul.
- Lin, S.C., and Chen, I.K., 1996, "Drilling of carbon fiber-reinforced composite material at high speed", *International Journal of Machine Tools Manufacturing*, 156–62.
- Mazumdar, S. K., 2001, *Composites Manufacturing: Materials, Product and Process Engineering*, CRC Press, USA.
- Mohan, N.S., Kulkarni, S.M., Ramachandra, A. 2007, "Delamination analysis in drilling process of glassfiber reinforced plastic (GFRP) composite materials", *Journal of Materials Processing Technology*, 186, 265-271.
- Mohan, N.S., Ramachandra, A., Kulkarni, S.M., 2005, "Influence of process parameters on cutting force and torque during of glass-fiber polyester reinforced composites", *Composite Structures*.
- Özdemir, O., İpek, M., Zeytin, S., 2000, "Kesici Takım Malzemeleri", *Mühendis ve Makine Dergisi*, Sayı 487.
- 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.
- Palanikumar, K., Mata, F., and Davim, J., 2008, "Analysis of surface roughness parameters in turning of FRP tubes by PCD tool, " *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 204, p. 469-474.
- Rahme, P., Landon, Y., Lachaud, F., Piquet, R., and Lagarrigue, P., 2015, Delamination-free drilling of thick composite materials. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 72, 148-159. induced delamination of carbon fiber reinforced composites. *Composite Structures*, 105, 126-133.
- Rivero, A., Aramendi, G., Herranz, S., Lopez de Lacalle, L.P., 2006, "An experimental investigation of the effect of coatings and cutting parameters on dry drilling performance of aluminium alloys", *Int. J. Manuf Technol.*
- Rouchan J., 1987, *Materiaux composites pour d'aeronefs*, Ecole Nationale Supérieure d'Ingenieurs de Constructions Aeronautiques, 95.
- Rosato, D. V., 1997, *Designing with reinforced composites*: Hanser Gardner Publications.
- Sandvik, C., 1994 "Modern Metal Cutting", Sweden, s. 2-61.

- Santhanakrishnan, G., Krishnamurthy, R., Malhota, S.K., 2007, Machinability characteristics of fibre reinforced plastics composites. *Journal of Mechanical Working Technology*, Volume 17, p.195–204., "Drilling composite laminates", *Composites Science and Technology*, 67(9).
- Sasahara, H., Kikuma, T., Koyasu, R., Yao, Y., 2014, Surface grinding of carbon fiber reinforced plastic (CFRP) with an internal coolant supplied through grinding wheel. *PrecisEng* 38(4):775–782.
- Schwartz, M.M., 1984, *Composite Materials Handbook*, 8-26s, McGraw-Hill Inc.
- Schwartz, M.M., 1997, *Composite Materials*. Prentice Hall PTR, New Jersey.
- Schey, J.A., 1987, *Introduction to Manufacturing Processes*, Second Edition, McGraw-Hill Book Comp., p.472-477, New York.
- Shyha, S., 2009, "Drill geometry and operating effects when cutting small diameter holes in KETP" *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 12(49): 1008 – 1014.
- Soyman, O., Vatangül, E., 2008, *Kompozit Malzemelerin Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi Ve Gerilme Analizi* Haziran, İzmir.
- Sugeno, M., *An Introductory Survey of Fuzzy Control*, Vol. 36, s. 59-83, 1985.
- Suresh, R., Basavarajappa, S., and Samuel, G.L., 2012, Machinability investigations on hardened AISI 4340 steel using coated carbide insert. *Measurement*, 45-1872.
- Şahin, H.M., Acır, A., 2003, "Talaş Kaldırma İşlemlerinde Kesici Takım ve Talaş Arasında Oluşan Sıcaklık Dağılımının Sonlu Farklar Metodu ile Analizi", *Politeknik Dergisi Journal of Polytechnic*, Cilt 6, No 3, 541-549.
- Şahin, Y., Murphy, S., 1998, "The Effect of Sliding Speed and Microstructure on The Dry Wear Properties of Metal Matrix Composites", *Wear* 214, p 98-106.
- Şahin, Y., 2006, *Kompozit Malzemelere Giriş Kompozit Malzemeler İstatiksel Modeller Oluşturması*, 2.Baskı Seçkin Yayıncılık Ankara.
- Şen, Z., 2002, *Bulanık (Fuzzy) Mantık ve Modelleme İlkeleri*, Bilge Sanat Yapım Yayınları, İstanbul.
- Şen, F., Palancıoğlu, H., Aldaş, K., 2010, "Polimerik Nano Kompozit Malzemeler ve Kullanım Alanları", *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, s.112-113.
- Taya, M. And Arsenault, R.J., 1989, *Metal Matrix Composites, Thermomechanical Behaviour*, Pergoman Pres.
- Tonshoff, H.L., Spintig, W. and König, W., Neises, A., 1994, "Machining of Holes Developments in Drilling Technology", *Annals of the CIRP*, 43(2), 551-560, 1994.

- Trent, E.M., 1997, Metal Cutting, London.
- Tsao, C.C.,2007, “Thrust force and delamination of core-saw drill during drilling of carbon fiber reinforced plastics (KETP)”, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 37 (1-2): 23-28.
- Ünüvar,A.,Kaybala, H.B.,Avcı,A.,2015, Elyaf Takviyeli Polimer Kompozitlerin Delinmesinde Çift Açılı Matkap Uçların İtme Kuvvetine Etkisini İncelenmesi, *Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu, Sabancı Üniversitesi, İstanbul*,236.
- Wang, F., Wang, Y., Hou, B., Zhang, J., & Li, Y. 2016, “Effect of cryogenic conditions on the milling performance of aramid fiber”, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 83(1-4), 429-439.
- Xia, T., Kaynak, Y., Arvin, C., & Jawahir, I. S. 2016, “Cryogenic cooling-induced process performance and surface integrity in drilling CFRP composite material”, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 82(1-4), 605-616.
- Yalçın, Ü., 2008, Talaş Kaldırma Sırasında Oluşan Sıcaklık ve Termal Yorulma Faktörlerinin Takım Aşınması Davranışlarına Etkisi, G.Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 45-61.
- Yashiro, T., Ogawa, T., ve Sasahara, H., 2013, Temperature measurement of cutting tool and machined surface layer in milling of CFRP, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 70, 63-69.
- Yaşar, N., Korkmaz, M.E., Günay M., 2016, CFRP Kompozitlerin Delinmesinde Kesme Şartlarının İtme Kuvveti ve Deleminasyon Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi, *International Symposium On Machining, Marmara University, İstanbul*.
- Yıldırım, M., 1998, Bulanık Mantık Yapay Sinir Ağı ile Doğrusal Olmayan Sistem Modelleme, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Yılmaz, S., 2006, KOÜ, Bulanık Mantık ve Mühendislik Uygulamaları Ders Notları.
- Zhao, H.,1994, “Predictive models for forces, power and hole oversize in drilling operations”, Ph.D. thesis, University of Melbourne, Australia.
- Zor, M., 2017, Kompozit Malzeme Mekaniği, Dokuz Eylül Üniversitesi, <http://kisi.deu.edu.tr/mehmet.zor/composite> [Ziyaret Tarihi: 15Kasım 2017].
- <http://www.boeing.com>. [Ziyaret Tarihi :18 Kasım 2017].
- <http://www.izoreel.com.tr>[Ziyaret Tarihi :10Aralık 2017].

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Ahmet HAŞİMİ
Uyruğu : T.C
Doğum Yeri ve Tarihi : Batman – 1989
Telefon : (0506) 979 96 10
Faks : -
e-mail : ahmethasimii@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Batman Lisesi, Merkez, Batman	2007
Üniversite	: Batman Üniversitesi, Merkez, Batman	2014
Yüksek Lisans	: Batman Üniversitesi, Merkez, Batman	-

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2015-2016	Ciner Group (Termik Santral)	İşletme Mühendisi
2016-2017	Has Group Makine	Üretim Mühendisi
2017-	Ömer-Yusuf OSGB	İş Güvenliği Uzmanı

UZMANLIK ALANI

Konstrüksiyon ve İmalât

YABANCI DİLLER

İngilizce