



**BARALAMA OPERASYONUNDA KESME ŞARTLARININ VE KESİCİ
TAKIM KAPLAMA TİPİNİN ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI VE
ŞARTLARININ OPTİMİZASYONU**

Hüseyin DAĞLI

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İMALAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HAZİRAN 2020

Hüseyin DAĞLI tarafından hazırlanan “BARALAMA OPERASYONUNDA KESME ŞARTLARININ VE KESİCİ TAKIM KAPLAMA TİPİNİN ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI VE ŞARTLARININ OPTİMİZASYONU” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi İmalat Mühendisliği Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Fırat KAFKAS

İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Başkan : Prof. Dr. Onuralp ULUER

İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye : Doç. Dr. Şener KARABULUT

Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Hacettepe Üniversitesi

.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Tez Savunma Tarihi: 24/06/2020

Jüri tarafından kabul edilen bu çalışmanın Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

.....
Hüseyin DAĞLI
24/06/2020

BARALAMA OPERASYONUNDA KESME ŞARTLARININ VE KESİCİ TAKIM
KAPLAMA TİPİNİN ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI VE ŞARTLARININ
OPTİMİZASYONU

(Yüksek Lisans Tezi)

Hüseyin DAĞLI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2020

ÖZET

Bileşenler üzerindeki delikler çoğu durumda montaj amaçları için gerekli olduğundan, delik delme süreçleri ile üretilen delikler çok dikkat gerektiren son derece önemli işlemlerdir. Bir plaka veya yüzey üzerine deliklerin hassas bir şekilde delinmesi, bu amaç için tasarlanmış, delik işleme tezgâhlarında matkap, rayba veya delik kateri denilen takımlar kullanılarak yapılır. Tolerans sınırı içerisinde olmasına rağmen, deliklerin yanlış geometrisi nedeniyle montaj sorunları ortaya çıkabilir. Ölçü bozukluğu, silindiriklik, dairesellik, pozisyon hataları gibi çeşitli boyutsal ve geometrik toleranslar bu tür montaj problemlerine neden olmaktadır. Bu araştırma, Al7050 T7451 alüminyum alaşımlı plaka malzemede önceden delinmiş deliklerin 12 mm çap ölçüsüne işlenmesiyle oluşturulan deliklerin boyutsal tamlığı, daireselliği, silindirikliği ve yüzey kalitesi üzerine delik işleme (veya baralama) parametrelerinin etkilerini belirleme üzerine yapılmıştır. Deneyler, kuru ve ıslak işleme koşulları altında hassas delik işleme kafası kullanılarak hassas delik delme tezgâhında gerçekleştirilmiştir. Deliklerin işlenmesinde iki farklı özelliğe sahip CCGT 060202 26G6 ve CCGT 060202F-AL KX kesici uçlar kullanılmıştır. Bu çalışmada, kesici uç tipi, soğutma sıvısı kullanımı, iş mili hızı (dev/dak) ve ilerleme oranı (inch/dev) delik işleme parametreleri olarak seçilmiştir. İş mili hızı ve ilerleme oranı üçer seviye, kesici uç ve kesme şartları iki seviyeye sahip olup, deney planı Taguchi $L_9(3^2)$ orthogonal düzene göre oluşturulmuştur. Dikkate alınan delik boyutsal tamlığı, daireselliği, silindirikliği ve yüzey kalitesi gibi kalite karakteristiklerinin her biri için ayrı analiz yapılmıştır. Ayrıca, işleme parametrelerinin her bir kalite karakteristiğine olan katkı oranını belirlemek için de Pareto ANOVA yöntemi uygulanmıştır. Bütün kalite karakteristikleri için en uygun kombinasyonlar bu sonuçlar ışığında elde edilmiştir.

Bilim Kodu : 91438
Anahtar Kelimeler : Delik Delme, Baralama, Taguchi Metodu, Pareto ANOVA, Optimizasyon
Sayfa Adedi : 93
Danışman : Doç. Dr. Fırat KAFKAS

INVESTIGATION AND OPTIMIZATION OF THE EFFECT OF CUTTING CONDITIONS AND CUTTING TOOL COATING TYPE IN BORING OPERATION

(M. Sc. Thesis)

Hüseyin DAĞLI

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

June 2020

ABSTRACT

Since the holes on the components are in most cases necessary for mounting purposes, the holes produced by drilling processes are extremely important processes that require a lot of attention. Precise drilling of holes on a plate or surface is done by using jig borer designed for this purpose by using tools called drill, reamer or boring tool. Though the tolerance is within limit, assembly problems could arise due to the improper geometry of these holes. Various dimensional and geometrical tolerances like cylindricity, circularity and position errors are responsible for such assembly problems. This research studied on determining the effects of boring parameters on the dimensional accuracy, circularity, cylindricity and surface quality of the hole produced by boring to 12 mm the diameter of the holes predrilled on AL 7050 T7451 aluminium alloy plate material. Experiments were carried out on a precision boring machine using a precise boring head under dry and wet machining conditions. CCGT 060202 26G6 and CCGT 060202F-AL KX inserts have two different quality features have been used for boring of the holes. In this study, insert type, using coolant, spindle speed (rpm) feed rate (inch/rev) has been selected as boring parameters. Spindle speed and feed rate have three levels, insert and cutting condition have two levels, and experimental plan has been created according to Taguchi $L_9(3^2)$ orthogonal array. Separate analyzes were made for each of the quality characteristics such as hole dimensional integrity, circularity, cylindricity and surface quality considered. In addition, Pareto ANOVA method was applied to determine the contribution rate of processing parameters to each quality characteristic. Optimum combinations for all quality characteristics are obtained in the light of these results.

Science Code : 91438

Key Words : Drilling, Boring, Taguchi Method, Pareto ANOVA, Optimization

Page Number : 93

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Fırat KAFKAS

TEŞEKKÜR

Zorlu çalışma sürecimde bilgi ve birikimi ile her türlü desteği sunan çok kıymetli tez danışmanım ve hocam Doç. Dr. Fırat KAFKAS'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans çalışmalarımı yapma ve deneyimi gerçekleştirme olanağı bulduğum TUSAŞ-Türk Havacılık Uzay Sanayii'nde Yapısal Grup Başkanı Abdullah Naki POLAT'a, Üretim Mühendisliği Direktörü Arif KÖKSAL'a ve Otomasyon ve Takım Mühendisliği Müdürü Recep AKÇAY'a teşekkürü borç bilirim. Çalışma sürecinde desteklerini esirgemeyen NC Mühendisliği Şefi ve ilk amirim Bahadır CANBAZLAR'a, Yardımcı Sanayi İmalat Mühendisliği Şefi Barış KOÇER'e, Talaşlı İmalat Şefi Sinan ÖZTÜRK'e, Prototip Talaşlı İmalat Şefi Mustafa YAVUZ'a, CMM sorumlusu Mehmet KARAKAYA'ya, Operatör Hakan ÖZCAN'a teşekkür ederim.

Yüksek Lisans çalışmalarımın her aşamasında maddi ve manevi desteğini esirgemeyen kıymetli eşim Merve DAĞLI'ya ve değerli aile fertlerimin her birine içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xii
RESİMLERİN LİSTESİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR	xvi
1.GİRİŞ.....	1
2. ALÜMİNYUM ALAŞIMLARI.....	3
2.1. Alüminyum Alaşımlarının Genel Özellikleri.....	3
2.2. Alüminyum Alaşımlarının Diğer Alaşımlara Göre Avantajları.....	4
3. DELİK DELME.....	7
3.1. Delik Delme İşlemi.....	7
3.2. Delik Delme Çeşitleri.....	9
3.2.1. Matkap ile delik delme.....	10
3.2.2. Raybalama.....	10
3.2.3. Havşa açma.....	10
3.2.4. Diş çekme.....	10
3.2.5. Baralama (delik büyütme)	10
3.3. Delik Delme İşlemini Etkileyen Faktörler.....	10
3.3.1. Kesme sıvısı.....	11

	Sayfa
3.3.2. Tezgâh.....	12
3.3.3. Kesici takım.....	12
3.3.4. İş parçası.....	13
3.3.5. Kesme parametreleri.....	13
3.4. Delik Delme İşleminde Performans Karakteristikleri.....	15
3.4.1. Çap.....	17
3.4.2. Silindiriklik.....	17
3.4.3. Dairesellik.....	18
3.4.4. Yüzey kalitesi.....	19
3.4.5. Konum (pozisyon).....	20
4. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	21
4.1. Literatür Araştırmasına Giriş.....	21
4.2. Deneysel ve Teorik Çalışmalar.....	22
4.3. Literatür Araştırmalarının Değerlendirilmesi.....	26
5. MATERYAL VE METOD.....	29
5.1. İş Parçası Malzemesi.....	29
5.2. Takım Tezgâhı, takım tutucu ve kesici takımlar.....	31
5.3. Ölçüm Cihazları.....	34
5.4. Deney Tasarımı.....	36
6. DENEY/ANALİZ SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	39
6.1. Çaptan Sapma Üzerine Etkilerin Değerlendirilmesi.....	46
6.2. Dairesellikten Sapma (Ovalite) Üzerine Etkilerin Değerlendirilmesi.....	56
6.3. Silindiriklikten Sapma Üzerine Etkilerin Değerlendirilmesi.....	66

	Sayfa
6.4. Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Etkilerin Değerlendirilmesi.....	76
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	87
KAYNAKLAR.....	89
ÖZGEÇMİŞ.....	93

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Alüminyumun fiziksel özellikleri [7].....	4
Çizelge 5.1. Al 7050 alüminyum alaşım iş parçasının kimyasal kompozisyonu.....	29
Çizelge 5.3. Jig Borer hassas delik işleme tezgâhının özellikleri.....	32
Çizelge 5.4. CMM ölçüm cihazının özellikleri.....	34
Çizelge 5.5. Kontrol parametreleri ve seviyeleri.....	37
Çizelge 5.6. Kontrol edilemeyen parametreler ve seviyeleri.....	37
Çizelge 5.7. L9 (32) orthogonal deney düzeni ve kontrol faktörlerinin etkileşimi.....	38
Çizelge 6.1. CCGT 060202 26G6 numaralı kesici takımın deney sonuçları, sonuçların standart sapması ve hesaplanan sinyal gürültü oranı.....	40
Çizelge 6.2. CCGT 060202F-AL KX numaralı kesici takımın deney sonuçları, sonuçların standart sapması ve hesaplanan sinyal gürültü oranı.....	41
Çizelge 6.3. Pareto ANOVA şekilsel gösterim.....	43
Çizelge 6.4. S/N cevap tablosu ve Pareto ANOVA için cevap tablosu.....	44
Çizelge 6.5. CCGT 060202 26G6 numaralı kesici takımın çaptan sapma sonuçları için Pareto ANOVA tablosu.....	49
Çizelge 6.6. CCGT 060202F-AL KX numaralı kesici takımın çaptan sapma sonuçları için Pareto ANOVA tablosu.....	49
Çizelge 6.7. CCGT 060202 26G6 numaralı kesici takımın dairesellikten sapma sonuçları için Pareto ANOVA tablosu.....	59
Çizelge 6.8. CCGT 060202F-AL KX numaralı kesici takımın dairesellikten sapma sonuçları için Pareto ANOVA tablosu.....	59
Çizelge 6.9. CCGT 060202 26G6 numaralı kesici takımın silindiriklikten sapma sonuçları için Pareto ANOVA tablosu	69
Çizelge 6.10. CCGT 060202F-AL KX numaralı kesici takımın silindiriklikten sapma sonuçları için Pareto ANOVA tablosu.....	69
Çizelge 6.11. CCGT 060202 26G6 numaralı kesici takımın yüzey pürüzlülüğü sonuçları için Pareto ANOVA tablosu.....	79

Çizelge	Sayfa
Çizelge 6.12. CCGT 060202F-AL KX numaralı kesici takımın yüzey pürüzlülüğü sonuçları için Pareto ANOVA tablosu.....	79

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Delik delme işleminin imalat metotları içindeki işlem oranı [1]	8
Şekil 3.2. Delik delme işleminin imalat metotları içindeki talaş kaldırma süresi oranı [1].....	8
Şekil 3.3. Delik delme operasyon çeşitleri [15]	9
Şekil 3.4. Delik delme operasyonunda işleme parametreleri.....	11
Şekil 3.5. Delik işleme operasyonunda kesme parametrelerinin gösterilmesi [22]	14
Şekil 3.6. Delik delme operasyonunda kalite karakteristiklerinin şekilsel gösterimi	16
Şekil 3.7. Silindiriklik tolerans bölgesi gösterimi [24]	18
Şekil 3.8. Oval deliğin şekilsel gösterimi [25].....	19
Şekil 3.9. Ortalama yüzey pürüzlülüğü grafiksel gösterimi [28]	20
Şekil 5.1. Deney iş parçasına ait teknik resim	31
Şekil 5.2. Deneysel çalışmada kullanılan değiştirilebilir kesici uçlar; (a) CCGT060202 26G6, (b) CCGT060202F-AL KX.	33
Şekil 5.3. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm kesitlerinin gösterimi; (a) katı model ile gösterimi, (b) teknik çizim ile gösterimi.....	35
Şekil 6.1. CCGT 060202 26G6 numaralı kesici takımın çaptan sapma S/N cevap tabloları; (a) kuru kesme şartı, (b) soğutma sıvılı kesme şartı.	47
Şekil 6.2. CCGT 060202F-AL KX numaralı kesici takımın çaptan sapma S/N cevap tabloları; (a) kuru kesme şartı, (b) soğutma sıvılı kesme şartı.....	48
Şekil 6.3. CCGT 060202 26G6 kodlu kesici takımın kuru kesme şartı altındaki çaptan sapma Pareto ANOVA grafiği	50
Şekil 6.4. CCGT 060202 26G6 kodlu kesici takımın soğutma sıvılı kesme şartı altındaki çaptan sapma Pareto ANOVA grafiği.....	51
Şekil 6.5. CCGT 060202F-AL KX kodlu kesici takımın kuru kesme şartı altındaki çaptan sapma Pareto ANOVA grafiği.....	52
Şekil 6.6. CCGT 060202F-AL KX kodlu kesici takımın soğutma sıvılı kesme şartı altındaki çaptan sapma Pareto ANOVA grafiği.....	53

Şekil	Sayfa
Şekil 6.7. Devir Sayısı (N) parametresinin çaptan sapmaya bütünleşik etkisi	54
Şekil 6.8. İlerleme Oranı (f) parametresinin çaptan sapmaya bütünleşik etkisi	55
Şekil 6.9. Çaptan sapma için sonuçların grafiksel olarak gösterilmesi.....	56
Şekil 6.10. CCGT 060202 26G6 numaralı kesici takımın dairesellikten sapma S/N cevap tabloları; (a) kuru kesme şartı, (b) soğutma sıvılı kesme şartı.....	57
Şekil 6.11. CCGT 060202F-AL KX numaralı kesici takımın dairesellikten sapma S/N cevap tabloları; (a) kuru kesme şartı, (b) soğutma sıvılı kesme şartı.....	58
Şekil 6.12. CCGT 060202 26G6 kodlu kesici takımın kuru kesme şartı altındaki dairesellikten sapma Pareto ANOVA grafiği	60
Şekil 6.13. CCGT 060202 26G6 kodlu kesici takımın soğutma sıvılı kesme şartı altındaki dairesellikten sapma Pareto ANOVA grafiği	61
Şekil 6.14. CCGT 060202F-AL KX kodlu kesici takımın kuru kesme şartı altındaki dairesellikten sapma Pareto ANOVA grafiği	62
Şekil 6.15. CCGT 060202F-AL KX kodlu kesici takımın soğutma sıvılı kesme şartı altındaki dairesellikten sapma Pareto ANOVA grafiği	63
Şekil 6.16. Devir sayısı (N) parametresinin dairesellikten sapmaya bütünleşik etkisi..	64
Şekil 6.17. İlerleme oranı (f) parametresinin dairesellikten sapmaya bütünleşik etkisi .	65
Şekil 6.18. Dairesellikten sapma için sonuçların grafiksel olarak gösterilmesi	66
Şekil 6.19. CCGT 060202 26G6 numaralı kesici takımın silindiriklikten sapma S/N cevap tabloları; (a) kuru kesme şartı, (b) soğutma sıvılı kesme şartı.....	67
Şekil 6.20. CCGT 060202F-AL KX numaralı kesici takımın silindiriklikten sapma S/N cevap tabloları; (a) kuru kesme şartı, (b) soğutma sıvılı kesme şartı. ..	68
Şekil 6.21. CCGT 060202 26G6 kodlu kesici takımın kuru kesme şartı altındaki silindiriklikten sapma Pareto ANOVA grafiği	70
Şekil 6.22. CCGT 060202 26G6 kodlu kesici takımın soğutma sıvılı kesme şartı altındaki silindiriklikten sapma Pareto ANOVA grafiği	71
Şekil 6.23. CCGT 060202F-AL KX kodlu kesici takımın kuru kesme şartı altındaki silindiriklikten sapma Pareto ANOVA grafiği	72
Şekil 6.24. CCGT 060202F-AL KX kodlu kesici takımın soğutma sıvılı kesme şartı altındaki silindiriklikten sapma Pareto ANOVA grafiği	73

Şekil	Sayfa
Şekil 6.25. Devir sayısı (N) parametresinin silindiriklikten sapmaya bütünleşik etkisi.	74
Şekil 6.26. İlerleme oranı (f) parametresinin silindiriklikten sapmaya bütünleşik etkisi.....	75
Şekil 6.27. Silindiriklikten sapma için sonuçların grafiksel olarak gösterilmesi.....	76
Şekil 6.28. CCGT 060202 26G6 numaralı kesici takımın yüzey pürüzlülüğü S/N cevap tabloları; (a) kuru kesme şartı, (b) soğutma sıvılı kesme şartı.....	77
Şekil 6.29. CCGT 060202F-AL KX numaralı kesici takımın yüzey pürüzlülüğü S/N cevap tabloları; (a) kuru kesme şartı, (b) soğutma sıvılı kesme şartı.....	78
Şekil 6.30. CCGT 060202 26G6 kodlu kesici takımın kuru kesme şartı altındaki yüzey pürüzlülüğü Pareto ANOVA grafiği	80
Şekil 6.31. CCGT 060202 26G6 kodlu kesici takımın soğutma sıvılı kesme şartı altındaki yüzey pürüzlülüğü Pareto ANOVA grafiği	81
Şekil 6.32. CCGT 060202F-AL KX kodlu kesici takımın kuru kesme şartı altındaki yüzey pürüzlülüğü Pareto ANOVA grafiği	82
Şekil 6.33. CCGT 060202F-AL KX kodlu kesici takımın soğutma sıvılı kesme şartı altındaki yüzey pürüzlülüğü Pareto ANOVA grafiği	83
Şekil 6.34. Devir sayısı (N) parametresinin yüzey pürüzlülüğüne bütünleşik etkisi.....	84
Şekil 6.35. İlerleme oranı (f) parametresinin yüzey pürüzlülüğüne bütünleşik etkisi	85
Şekil 6.36. Yüzey pürüzlülüğü için sonuçların grafiksel olarak gösterilmesi	86

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 5.1. Çalışmada kullanılan Wohlhaupter marka UPA3 tip hassas delik işleme başlığı tutucu.....	32
Resim 5.2. Jig Borer tezgâhında soğutma sıvısı ile delik işleme.....	33
Resim 5.3. CMM cihazı ile ölçüm.....	34
Resim 5.4. Yüzey pürüzlülük değeri ölçümü.....	36

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

a_p

Açıklamalar

Eksenel kesme derinliği, mm

D

Takım çapı, mm

f_n

Devir başına ilerleme, mm/dev

f_z

Diş başına ilerleme, mm

N

İş mili hızı, dev/dak

p

Yoğunluk, gr/cm³

Q

Talaş kaldırma hacmi, cm³/dak

V_c

Kesme hızı, m/dak

V_f

Tabla ilerlemesi, mm/dak

z_c

Etkin diş sayısı

Kısaltmalar

Açıklamalar

AISI

American Iron and Steel Institute (Amerikan Demir Çelik Enstitüsü)

AMS

American Mathematical Society (Amerikan Matematik Birliği)

CMM

Coordinate Measuring Machine (Koordinat Ölçme Tezgâhı)

CNC

Computer Numerical Control (Bilgisayarlı Sayısal Kontrol)

DIN

Deutch Industrie Normen (Alman Endüstri Normları)

DOE

Design of Experiment (Deney Tasarımı)

Kısaltmalar**Açıklamalar****HP**

Horse Power (Beygir Gücü)

HRC

Hardness Rockwell C (Rockwell C Sertliği)

HSLA

High Strength Low Alloy (Yüksek Dayanımlı Düşük Alaşımlı)

HSS

High Speed Steel (Yüksek Hız Çeliği)

ISO

International Organization for Standardization (Uluslararası Standartlar Örgütü)

NC

Numerical Control (Sayısal Kontrol)

RPM

Revolutions Per Minute (Dakika Başına Dönme)

S/N

Signal to Noise Ratio (Sinyal Gürültü Oranı)

TiAlN

Titanyum Alüminyum Nitrit

TiN

Titanyum Nitrit

YSA

Yapay Sinir Ağları

1. GİRİŞ

İmalat süreçlerinin optimize edilerek ideal şartların oluşturulması sektörde fark yaratmak ve devamlılığı sağlamak için büyük önem arz etmektedir. İmalat süreçlerinin en önemli operasyonlarından biride delik delme ve delik işleme operasyonudur. Delik delme işlemi uygulama açısından bütün metotların %33'ünü, işlem süresi bakımından ise %25'ini oluşturmaktadır [1].

Delğin tasarım kriterlerine uygun olarak üretilmesi sağlıklı montaj işlemlerinin gerçekleştirilmesi için gereklidir. Özellikle uzay ve havacılık sanayii gibi önemli sektörlerde deliklerde yüksek hassasiyet ve doğruluk aranmaktadır. Bu yüksek hassasiyet ve doğruluğa cevap verirken işlem süresini de minimum seviyede tutabilmek gerekmektedir. Literatürde bu verimlilik beklentilerine istinaden delik delme işleminin optimizasyonu üzerine çok sayıda çalışma yapıldığı görülmektedir. Çalışma konusu da bu doğrultuda hassas delik işleme operasyonlarından biri olan baralama operasyonunun optimizasyonunu içermektedir.

Delik delme operasyonu genel çerçevede matkapla delik delme, raybalama, baralama, dış çekme, havşa açma operasyonu olarak alt başlıklara ayrılmaktadır. Delik delme operasyonuna devir sayısı, ilerleme oranı, talaş kesiti, soğutma sıvısı kullanımı, tezgâh özellikleri, iş parçası malzemesi, kesici takım özellikleri gibi işleme parametreleri etki etmektedir. Deliklerde kalite karakteristiği olarak ölçü tamlığı, dairesellik, silindiriklik, yüzey pürüzlülüğü ve delik pozisyonu vb. aranmaktadır. Literatürde işleme parametrelerinin kalite karakteristiklerine olan etkisi ve en uygun kombinasyonların tespiti üzerine çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Ancak baralama operasyonu üzerine çok sınırlı sayıda çalışma yapıldığı görülmüştür. Bu sebeple hassas delik delme operasyonlarından biri olan baralama operasyonu çalışma konusu olarak seçilmiştir.

Baralama işlemi, delik üzerinde uygun miktarda bırakılmış talaş payının tutucunun merkez ekseninde dönen ve Z ekseninde aşağı inerek ilerleyen bir kesici takım tarafından kaldırılarak, delik çapının nihai ölçüsüne getirilmesidir. Çalışmada işleme parametreleri olarak üç seviye devir sayısı, üç seviye ilerleme oranı, iki farklı tip kesici takım, kuru ve ıslak kesim şartları dikkate alınmıştır. Kalite karakteristikleri olarak ise delik çapı, dairesellik sapma, silindiriklikten sapma ve yüzey kalitesi parametreleri seçilmiştir

Al7050 T7451 Alüminyum alaşımlı plaka malzemeye önceden delinmiş delikler, “Jig Borer” adı verilen ve hassas delik delme için özel olarak tasarlanmış geleneksel bir tezgâhta, üzerine deliğin işlenmesi için kullandığımız baralama takımının takıldığı hassas delik işleme kafası yardımı ile 12 mm çapa işlenmiştir. Deney planı Taguchi $L_9(3^2)$ orthogonal düzene göre oluşturulmuş, ortaya çıkan otuz altı farklı kombinasyon delik delme işlemi kararlılığının arttırılması maksadıyla üç defa tekrar edilmiştir. Deliklerin geometrik ve boyutsal toleranslardan sapmaları CMM cihazı ile yüzey pürüzlülüğü değerleri ise yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı ile ölçülmüştür.

Çalışmanın amacı, baralama parametrelerinin her bir kalite karakteristiği üzerine olan etki düzeyini saptamak ve en uygun işlem kombinasyonunu bulmaktır. Bu bağlamda, S/N cevap analizi metodu ve Pareto ANOVA metodu kullanılmıştır. S/N cevap analizi tablosunda farklı kombinasyonlardaki devir sayısı ve ilerleme oranının kalite karakteristiklerine olan etkileri ortaya konulmuştur. Ancak S/N cevap analizi kalite karakteristiği üzerine ilgili işlem parametresinin etki düzeyini net olarak ortaya koymada yetersizdir. Bu nedenle, devir sayısı ve ilerleme oranının kalite karakteristikleri üzerine olan etki düzeylerini ortaya çıkarmak için etki düzeylerinin tespiti Pareto ANOVA metodu kullanılmıştır. Daha sonra sonuç veri setleri birleştirilerek işleme parametrelerinin kalite karakteristiklerine olan bütünleşik etkilerine ulaşılmış ve en uygun kombinasyonlar elde edilmiştir.

2. ALÜMİNYUM ALAŞIMLARI

2.1. Alüminyum Alaşımlarının Genel Özellikleri

Alüminyum alaşımları, düşük ağırlıklarına oranla uygun mekanik özelliklere sahip olmaları, kolayca şekillendirilebilmeleri, yüksek ısı ve elektrik iletkenlik katsayıları, tekrar kullanılabilirlikleri ve değiştirebilir özellikleri ile farklı sektörlere geniş bir yelpazede cazip özellikler sunmaktadır. Günümüzde ağırlığı ve yakıt tüketimini kısaca maliyeti düşürmeye yönelik çalışmalarla bahsi geçen üstün özellikleri sayesinde en önemli malzeme türlerinden biri haline gelmiştir [2].

Yeryüzünde en yüksek oranda bulunan ikinci metal konumunda olan bu element, uzunca bir zamandır havacılık endüstrinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Daha sonrasında ise geliştirilebilir mekanik özellikleriyle savunma sanayinde ve otomotiv sanayinde değerlendirilmeye başlanmıştır. Çelik ve demir alaşımları alüminyum alaşımlardan ortalama üç kat daha ağırlardır [3]. Erişilebilirliği bu kadar yüksek olmasına ve üstün özelliklerine rağmen endüstriyel manada kullanımının geç olmasının sebebi geçmiş zamanlardaki teknolojik yetersizlikler ve saf alüminyumun ayrıştırılmasındaki sürecin zorluğudur.

Kopma mukavemetleri 600 MPa mertebelerine kadar çıkabilen alüminyum alaşımları 300°C'ye kadar olan sıcaklıklarda problemsiz olarak kullanılabilir. Daha yüksek sıcaklıklarda genel olarak kullanılmaya müsait yapıda değildir. Pek çok ortamda yüksek korozyon direnci göstermektedirler [4]. Korozyon direncinin yüksek olma sebebi yüzeyinde zamanla meydana gelen Al_2O_3 katmanının metali dış etkilerden korumasıdır. Saflık oranı arttıkça korozyon direnci de artan alüminyumun soğuk işlem işlemi ile dayanımı da arttırılabilmektedir [5, 6]. Bu ender rastlanan özellik kombinasyonları alüminyumu pek çok endüstride cazip hale getirmektedir [4]. Alüminyum alaşımın fiziksel özellikleri Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Alüminyumun fiziksel özellikleri [7]

Fiziksel Özellikler	Değer	Birim
Atom Ağırlığı (A_w)	26,97	gr/mol
Döküm Alüminyum Yoğunluğu (ρ)	2,65-2,69	gr/cm ³
Haddelenmiş Alüminyum Yoğunluğu (ρ)	2,7	gr/cm ³
Ergime Sıcaklığı (T_m)	658	°C
Kaynama Sıcaklığı (T_h)	1800	°C
Isı İletkenlik Katsayısı (k)	173	W/mK
Hacimsel Çekme (dv/v)	1,7-1,8	%

Alüminyum malzemelere ilave edilen alaşım elementlerine göre mekanik ve kimyasal özellikleri değişmektedir. En temel alaşım elementleri; bakır, mangan, silisyum, magnezyum ve çinkodur. Alüminyum alaşımları temel olarak döküm ve dövme olarak iki ana üretim metoduna göre ayrılmışlardır. Döküm ve dövme yöntemiyle imal edilmiş olan alüminyum alaşımlarının mikro yapıları ve bileşimleri birbirlerinden farklıdır ancak bu iki grupta ısıtma işlemi uygulanabilme kabiliyetlerine göre kendi içinde ikiye ayrılmaktadır. Döküm ve dövme alüminyum alaşımları 4 harfle sınıflandırılmaktadır. Dövme gruplarında 2XXX, 6XXX, 7XXX, 8XXX serilerine ısıtma işlemi yapılabilirken döküm gruplarında 2XXX, 3XXX, 4XXX, 7XXX serilerine uygulanabilmektedir [8].

Alüminyum alaşımları, ısıtma işlemi uygulanabilirliği ya da pekleşebilme kabiliyetine göre “T” ya da “H” ısıtma işlemi şartına göre gösterilmektedir. Bunun haricindekiler ise “O” tavlendiğini, “W” çözündürme işlemine tabi tutulduğunu, “F” ise direkt olarak üretildiği gibi kullanıldığını ifade etmektedir [9].

2.2. Alüminyum Alaşımlarının Diğer Alaşımlara Göre Avantajları

-Alüminyum alaşımları hafif alaşımlardır. Düşük yoğunlukları sayesinde havacılık ve uzay sanayii, otomotiv sanayii gibi yakıt tüketiminin, maliyetin kritik olduğu sektörlerde göreceli iyi seviyede dayanım değerleriyle kritik bir oyuncu konumundadırlar. Bu özellik ayrıca nakliyat, ürün paketleme, bakım ve onarım gibi alanlarda büyük avantaj sağlamaktadır.

-Hızlı şekilde işlenmeye elverişli alaşımlardır. Çeliğe kıyasla üç ila on kat mertebesinde daha hızlı işlenebilirler [10]. Sünek yapıları sayesinde takım aşınma düzeyleri de düşüktür. Düşük işleme maliyeti sağlarlar.

-Yüksek ısı ve elektrik iletimine sahiptirler. Bu iletim gereksinimlerine sahip tasarımlarda bu özellikleriyle avantaj sağlarlar.

-Değiştirilebilir özelliklere sahiptirler. Farklı koşullarda farklı ihtiyaçları sağlayabilmek için sertlikleri, dayanım değerleri, yüzey parlaklıkları, ısı ve elektrik iletkenlikleri geniş bir aralıkta değiştirilmeye elverişlidir. Buda tasarımcıya geniş bir yelpazede seçenek sunar.

-Alüminyum alaşımlarının havayla buluşması halinde üst yüzeyinde korozyona karşı dirençli doğal bir tabaka oluşmaktadır. Oluşan tabakanın zarar görmesi durumunda atmosferik korozyona karşı bu tabaka kendini yeniden onarabilmektedir [10]. Alüminyum alaşımları, bu dayanımı daha yüksek seviyeye çıkarmak için çeşitli yüzey işlemler yapılmasına müsaade etmektedir.

-Manyetik özelliğe sahip olmaması için bazı mühendislik dalları ve endüstriyel alanlar için oldukça avantajlıdır [10].

-Geri dönüştürülebilir özelliği sahip olması ile hurdaya çıkmış ya da kullanılmış ürünlerin tekrar sağlıklı bir şekilde kullanılmasına imkân sağlamaktadır. Bu özelliğiyle çevre dostu ve ekonomik bir ürünken insan sağlığına da kanıtlanmış bir zararı da bulunmamaktadır [10].

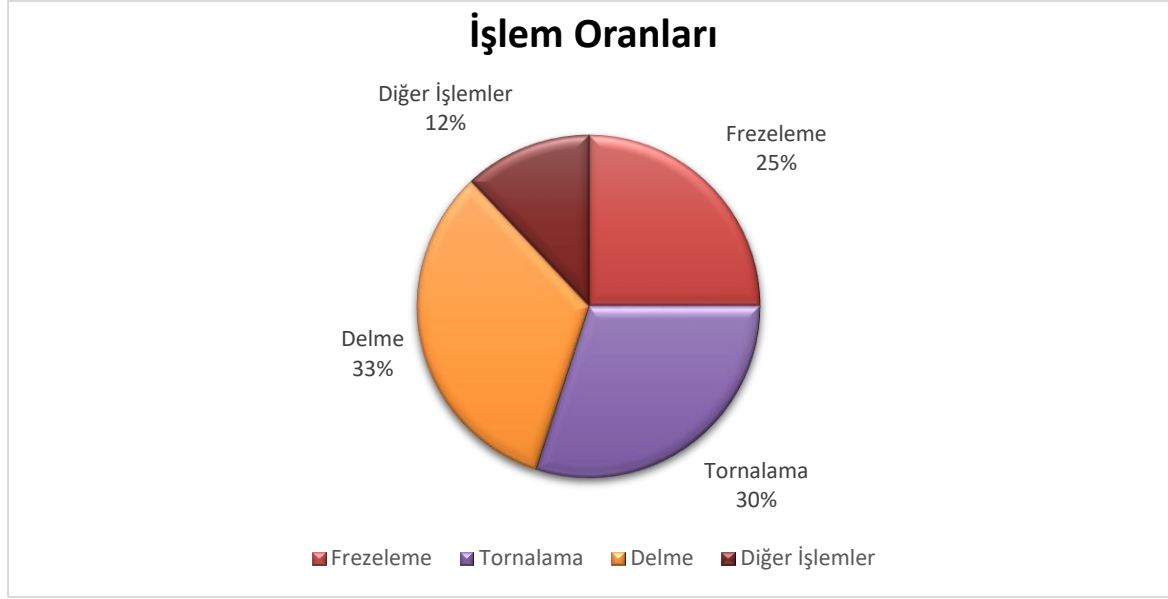
3. DELİK DELME

3.1. Delik Delme İşlemi

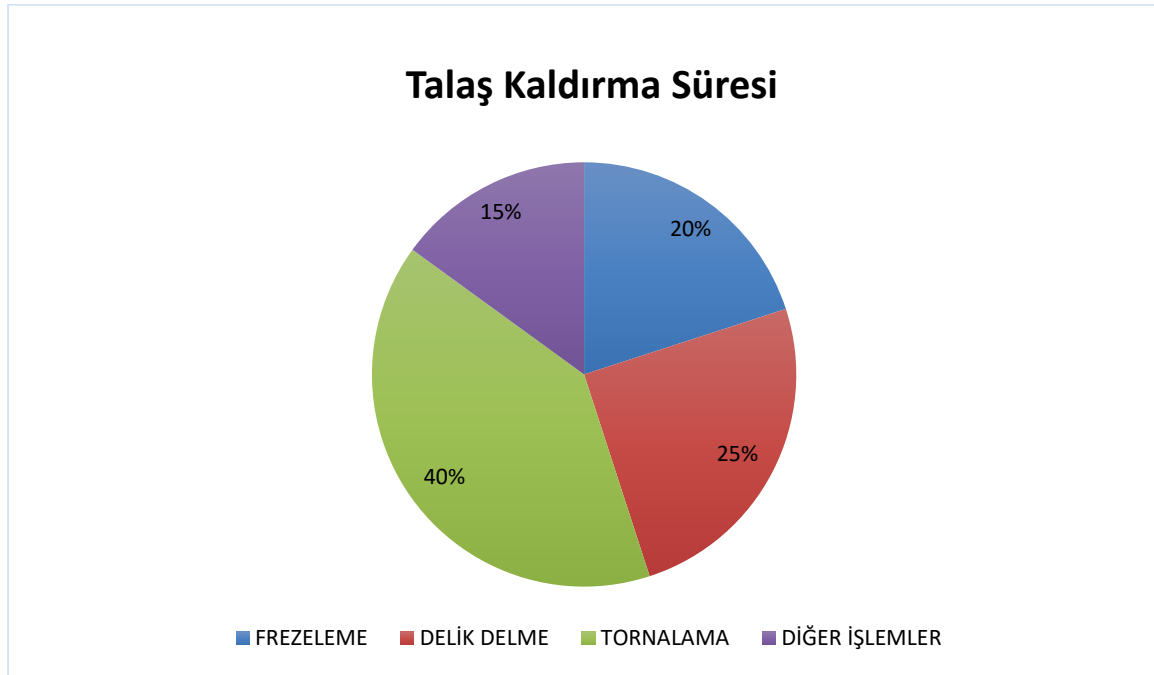
Delik delme işlemi, iş parçası üzerinde kesici takım ile talaş kaldırılarak silindirik formda boşaltılmasıdır [11]. Delik delme işlemi eski matkap tezgâhlarında genellikle kesici takımın dönerek sabitlenmiş iş parçasında talaş kaldırılması ile yapılmaktaydı. Günümüzde ise genelde NC ve CNC tezgâhlarında kesici takımın sabit pozisyonunda kalarak iş parçasının dönmesiyle yapılan metot yaygın olarak uygulanmaktadır [12].

Delik delme işlemi birçok tipte malzemeye farklı maksatlarla uygulanabilmektedir. Kullanım amaçlarına göre açılan deliklerden yüksek tolerans doğruluğu ya da daha düşük düzeyde hassasiyet beklenebilmektedir [13]. Yüksek hassasiyet ve tolerans doğruluğu istenen durumlarda delik işleme yöntemleri sık olarak kullanılmaktadır. Delik işleme, daha öncesinde küçük olarak delinen ön deliğin talaş kaldırılarak final ölçüye getirilmesine verilen isimdir [12].

Delik delme işlemi endüstride çok sık olarak kullanılmaktadır. Temel talaşlı imalat metotları arasında %33 oranıyla ciddi bir yer kaplamaktadır. Bunun yanında işleme süresi referans alındığında ise harcanan zamanın %25'ini kaplamaktadır [1]. Şekil 3.1'de imalat metotlarının işlem oranları, Şekil 3.2'de ise talaş kaldırma süresinin imalat metotları bazında dağılımı grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Delik delme işleminin imalat metotları içindeki işlem oranı [1]



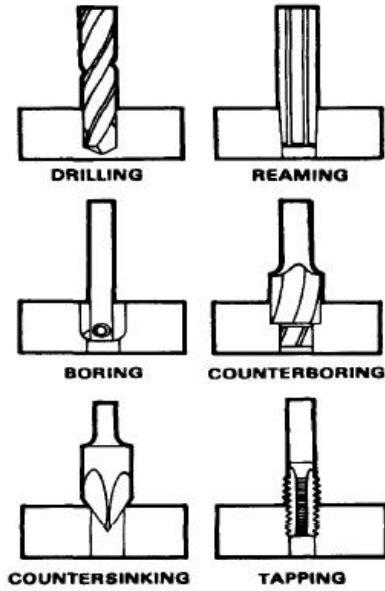
Şekil 3.2. Delik delme işleminin imalat metotları içindeki talaş kaldırma süresi oranı [1]

Delik delme işlemi, frezeleme ve tornalama işlemleri ile bazı yönleriyle mukayese edilmesine karşın bu işlemi diğerlerinden ayıran en önemli hususlar talaşın kırılması ve sağlıklı şekilde tahliye edilmesinin diğer işlemlere göre çok daha önemli olmasıdır. Bu sebepten dolayı delik derinliği arttıkça işlem zorlaşmakta ve kontrol edilmesi zorlaşmaktadır [14].

3.2. Delik Delme Çeşitleri

Delik delme denildiğinde akla dolu malzemenin delik şeklinde boşaltılması gelse de delik delme işleminin deliğin fonksiyonuna ve montaj gereksinimlerine göre farklı tipleri mevcuttur.

Delik delme operasyonları genel olarak matkapla delik delme, raybalama, baralama, diş çekme, konik ve silindirik havşa açma olmak üzere altı başlık altında toplanmıştır. Şekil 3.3’de bu temel delik delme operasyonları gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Delik delme operasyon çeşitleri [15]

3.2.1. Matkap ile delik delme

İş parçasının daha önceden belirlenen ölçüye direk olarak matkap adı verilen iki ağızlı kesici takım ile delik açılmasına verilen isimdir. Genellikle yüksek hassasiyet aranmayan deliklerde kullanılan bir yöntemdir. Ancak günümüzde gelişen kesici takım ve tezgâh teknolojisi sayesinde beklenen delik kalitesi çıktılarına bu yöntem ile de elde edebilmek mümkün olabilmektedir. En yaygın olarak kullanılan delik delme metodudur.

3.2.2. Raybalama

Daha önceden belirlenen nihai ölçüden daha küçük olarak delinen ön deliğin hassas olarak “rayba” adı verilen çok ağızlı kesici takımla hassas şekilde genişletilerek tam ölçüye getirilmesi işlemidir. Rayba çapı, istenen bitmiş delik çapı ölçüsündedir. Deliğin başlangıcından bitişine tek bir hareketle girer ve çıkış yapar.

3.2.3. Havşa açma

Özel formda tasarlanmış kesici takımla daha önce açılmış olan bir deliğin giriş kısmına istenilen geometrinin talaş kaldırılarak verilmesi işlemidir. Bu geometri konik ya da silindirik tipte olabilir.

3.2.4. Diş çekme

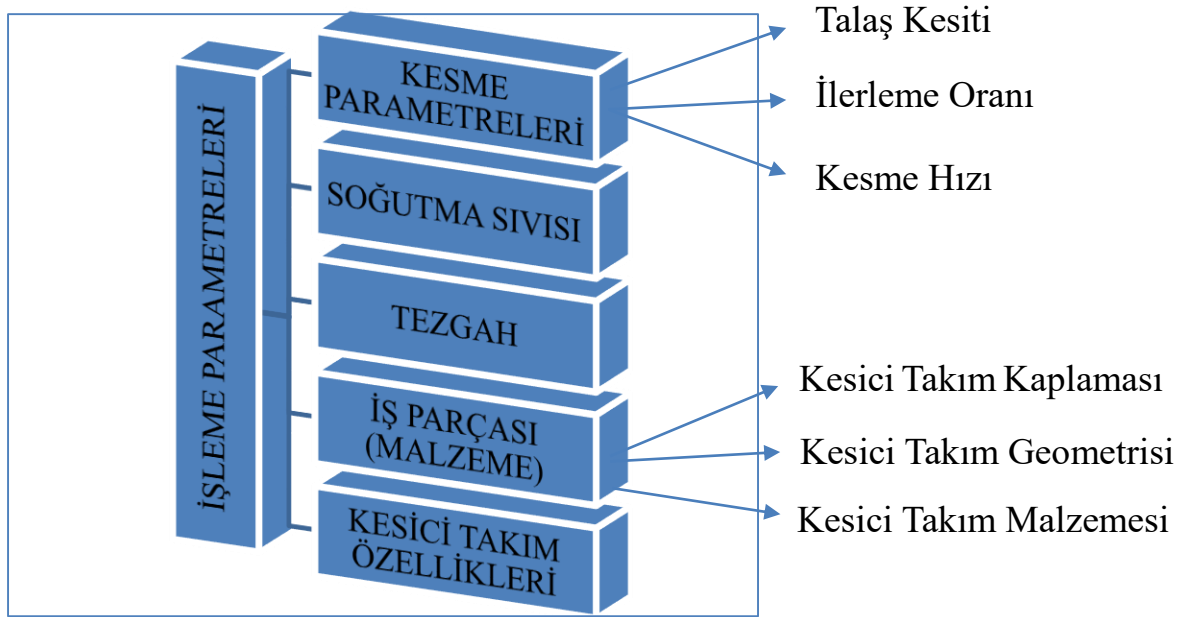
Daha öncesinde delinmiş olan bir deliğe erkek formda dişli olarak tasarlanan kılavuz adlı kesici takımla diş açılması işlemidir. Kılavuzla diş çekilmesine ek olarak delik içinde diş frezeleme de yapılabilmektedir.

3.2.5. Baralama (delik büyütme)

Baralama ya da diğer adıyla delik büyütme işleminden önce, iş parçası üzerine delik çapına uygun talaş payı bırakılarak ön delik açılır. Bırakılan talaş payı, baralama takımı adı verilen ve üzerinde kesici takımı taşıyan bir delik işleme katerinin bir merkez ekseninde döndürülmesiyle kaldırılır ve delik hassas biçimde final ölçüsüne getirilir. Bu işlem, matkap ile dolu iş parçasına delik delmedeki kadar güç harcanmasını gerektirmemektedir.

3.3. Delik Delme İşlemini Etkileyen Faktörler

Delik delme işleminde delik kalitesini ve performansı etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Bunlar; ana başlıklar halinde kesici takım, soğutma sıvısı, iş parçası, tezgâh ve kesme parametreleridir. Bu ana faktörlerin her biri kendi içinde alt faktörlere ayrılmaktadır. İşleme parametreleri Şekil 3.4’de gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Delik delme operasyonunda işleme parametreleri

Havacılık ve uzay sanayi gibi delik delme uygulamalarının işlem sayısı bakımından önemli bir yer kapladığı ve yüksek hassasiyet arandığı alanlarda işlem girdilerinde en uygun ve en ekonomik şartların sağlanması büyük önem arz etmektedir. Bu sebeple, bu işlem parametrelerin bileşik ya da tekil olarak performans çıktılarına olan etkileri deneysel ve teorik olarak birçok çalışma ile gözlemlenmiştir.

3.3.1. Kesme sıvısı

Kesme sıvısı talaşlı imalat uygulamaları esnasında kesici takımın iş parçasından talaş kaldırırken soğutması ve talaşı kırarak uzaklaştırması maksadıyla kullanılan özel sıvılardır. Yüksek hızlarla dönen kesici takım ya da iş parçası diğer bir materyal ile temas ettiğinde kuvvet ve ısı açığa çıkmaktadır. Bu ısıyı düşürmek ve sürtünmeyi azaltmak amacıyla bu sıvılar kullanılmaktadır. Kesme sıvısı kullanımında malzemeye göre doğru kesme sıvısının, doğru basınçta ve homojen olarak uygulanması gerekmektedir.

Kesme sıvılarını içeriklerine göre kategorize etmek istersek su esaslı ve yağ esaslı olarak ikiye ayırabiliriz. Kesme yağları kendi içinde su katılmamış mineraller, hayvansal, bitkisel ve sentetik yağlar olarak ayrılırken su esaslı olanlar ise çözülebilir yağlar, yarı sentetik ve

sentetik kesme sıvıları olarak alt sınıflara ayrılmaktadır. Bazı işlemlerde ise kesme sıvısı yerine hava, helyum, karbondioksit, argon ve azot gibi gazlar ya da gaz-sıvı karışımları kullanılmaktadır [16].

Kesme sıvısının etkilerini gözlemlemek amacıyla farklı miktarlarda kullanımı, farklı kesme sıvılarının kullanımı ve yaş şartlar ile kuru şartların karşılaştırılması gibi literatürde çok sayıda araştırma bulunmaktadır.

Kesme sıvısının takım ömrünü uzatmada, delik yüzey kalitesini iyileştirmede, kesici takımla iş parçası arasında meydana gelen ısı oluşumunun azaltılmasında ve buna bağlı olarak oluşan kuvvetlerin azaltılmasında olumlu etkiye sahiptir. Kesme sıvısının cinsi ve miktarı; kesici takıma, kesme parametreleri ve iş parçasına göre uygun olarak seçilmelidir [11].

3.3.2. Tezgâh

Delik delme operasyonu masaüstü matkaplar, sütunlu matkaplar, yatay delik işleme tezgâhları ve çok amaçlı CNC tezgâhlar gibi birçok tezgâhta yapılabilmektedir [11].

Delik gereksinimlerine ulaşabilmek için tezgâh seçiminin doğru yapılması büyük önem arz etmektedir. Delik delinecek malzemenin mukavemeti ve kesme parametrelerine göre tezgâhın gücü yeterli olmalıdır. Aksi takdirde deliklerde uygunsuz ölçüler ve deliğin açıldığı ekseninde sapmalar görülebilir. Delik delme operasyonunda tezgâh rijitliği de deliğin doğru şekilde delinebilmesi için oldukça önemli bir husustur. Rijitliğin yetersiz olması halinde kesme kuvvetleri sistem üzerinde değişken yükler meydana getirirken bu durumda uygunsuz deliklerin oluşmasına yol açacaktır [17, 18].

3.3.3. Kesici takım

Delik delme işlemi yaygın olarak matkap adı verilen talaşı tahliye edebilecek helisel veya düz forma sahip, çeşitli boy ve çaplarda üretilen çok ağızlı kesici takımla yapılır [1]. Matkap takımının tolerans ve hassasiyet bakımından yetersiz kaldığı noktalarda takma uçlar ve rayba adı verilen özel kesici takımlar kullanılır. Şayet diş çekilmesi, havşa açılması, çok düşük mertebede yüzey pürüzlülüğü gibi özellikler isteniyor ise delik delme işlemi sonrası özel kesici takım ve operasyonlarla süreç kurgusu devam etmektedir.

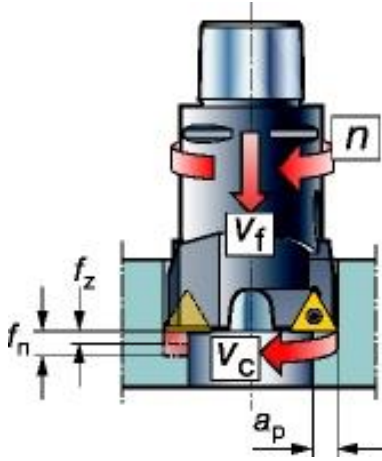
Kesici takım iş parçasının malzemesine göre uygun sertlik, mukavemet ve kimyasal kararlılıkta olmalıdır. Kesici ucun şekli, köşe radyüsü, giriş açısı ve tutucusu iş parçasına göre en uygun şekilde seçilmelidir. Kimyasal kararlılık ve dayanım takım kaplamasıyla sağlanabilir. Kaplamalı kesici takım kullanılacaksa iş parçasına göre uygun kaplama tipi seçilmelidir. Kesici takımın ve kaplamasının uygun materyalde seçilmemesi halinde kesici takımda kırılmalar, uygunsuz delikler ve neticesinde yüksek maliyet & düşük kalite ortaya çıkacaktır. Delik derinliği ve delik çapına göre takım çapı ve takım boyunun uygun olarak seçilmesi gerekmektedir.

3.3.4. İş parçası

İş parçasının mekanik özellikleri delme işlemine direk olarak tesir etmektedir. Malzemenin sertlik derecesi ve iç yapısı kesme kuvvetlerine ve kesici takım aşınmasına etki etmektedir. Dolayısıyla takım sarfiyatı ve tüketilen güç bakımından işleme ekonomisinin de en önemli unsurlarından biridir. Delik delme operasyonunda kesme parametreleri bu sebeplerden dolayı iş parçasının malzemesine göre ayarlanmaktadır [19, 20].

3.3.5. Kesme parametreleri

Delik delme işleminin doğru şekilde gerçekleştirilmesi, istenen geometrik toleransların uygun maliyete yakalanması için kesme parametrelerinin en uygun şekilde kombinasyonun yapılması gerekmektedir. Bu noktada bu hesaplamaların nasıl yapıldığını bilmek gerekmektedir. Delik delme operasyonunda kesici takım kendi ekseninde dönerken delik boyunca ilerleme hareketi yapmaktadır. Bu hareket ve kesme parametreleri Şekil 3.5’de gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Delik işleme operasyonunda kesme parametrelerinin gösterilmesi [22]

Delik delme operasyonunda kullanılan kesme parametreleri;

Kesme Hızı

Delik delme işleminin en önemli kesme parametrelerinden biri olan kesme hızı (V_c) sembolü ile gösterilmekte ve kesici takımın çizgisel hızını belirtmektedir. Kesici takım bir tam tur attığında kendi çevresi kadar dönmekte ve bu çarpım kesme hızını vermektedir. Kesici takımın bir dakikada yaptığı devir sayısı (N) ile ifade edilirken (D) takım çapını ifade etmektedir [11]. Kesme hızının formülü Eşitlik 3.1 ile gösterilmiştir.

$$V_c = \pi \times D \times N / 1000 \text{ (m/dak)} \quad (3.1)$$

Kesme hızının uygun değerlerden yüksek seçilmesi; kesici takımın erken aşınmasına, delik kalitesindeki performansın düşüşüne yol açabilir. Düşük hızlar ise; talaşın yığılmasına, maliyet etkinliğinin düşmesine, talaşın uzaklaştırılamamasına ve ısı artışına sebebiyet verebilir [21].

İlerleme Oranı (Devir Başına İlerleme)

Devir başına ilerleme (f_n) kesici takımın bir tam turda aldığı yol miktarıdır. Diş başı ilerleme (f_z) ile kesici ağız sayısının (z_c) çarpımından meydana gelen bu parametre yüzey kalitesini ve talaş oluşumunu doğrudan etkilemektedir (Eşitlik 3.2). Bu değer devir (N) ile çarpımı ise ilerleme hızını (V_f) vermektedir (Eşitlik 3.3). İlerleme hızı, eksenel hareket hızı olarak ifade edilebilir ve maliyeti direk olarak etkiler [22].

$$f_n = z_c \times f_z \text{ (mm/dev)} \quad (3.2)$$

$$V_f = f_n \times N \text{ (mm/dak)} \quad (3.3)$$

Talaş Kesiti

Talaş kesiti (a_p) kesici takımın işlediği deliğin yarıçapı (d) ile talaşa girmeden önceki yarıçap (D) arasındaki farkı ifade eder (Eşitlik 3.4). Talaş kesiti, talaş kaldırma oranını dolayısıyla harcanan gücü etkileyen bir parametredir. Talaş kesitinin kesme hızı ve devir başına ilerleme ile çarpımı talaş kaldırma oranını vermektedir (Eşitlik 3.5). Bu parametre kararlı bir talaş kaldırma yapabilmek için oldukça önemlidir.

$$a_p = \frac{D - d}{2} \text{ (mm)} \quad (3.4)$$

$$Q = f_n \times a_p \times V_c \text{ (cm}^3\text{/dak)} \quad (3.5)$$

3.4. Delik Delme İşleminde Performans Karakteristikleri

Teknolojideki gelişmelere bağlı olarak artan endüstriyel ihtiyaçlara istinaden deliklerden beklenen performans çıktıları da giderek artmaktadır. Delikler fonksiyonları itibarıyla bağlama-montaj ya da referanslama amacıyla kullanılmaktadır. Uzay ve havacılık sanayi, savunma sanayi, otomotiv sanayii gibi sektörlerde deliklerde yüksek hassasiyet ve dar

tolerans gereksinimleri aranmaktadır.

Bu kalite karakteristiklerinden en önemlileri;

- Delik pozisyonu (Konum)
- Delik yüzey kalitesi
- Silindiriklik
- Dairesellik
- Ölçü tamlığı'dır.

Kalite karakteristikleri Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Delik delme operasyonunda kalite karakteristiklerinin şekilsel gösterimi

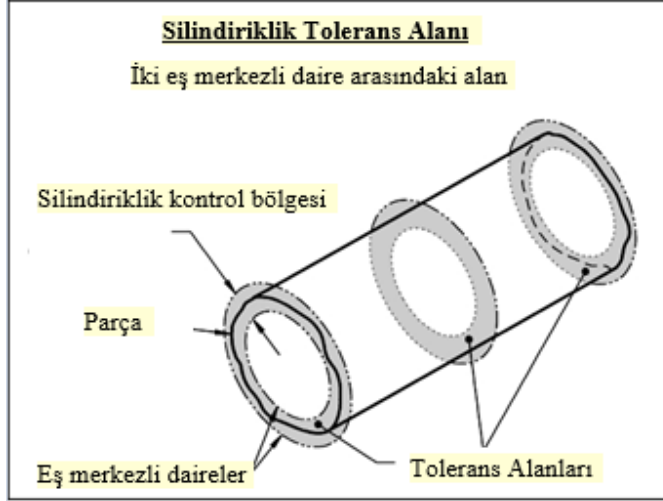
Bu beklentileri karşılamak için matkap ile delik delmenin yetersiz kaldığı noktalarda istenen çaptan küçük delinen delikler rayba çekme, baralama gibi hassas ikincil işlemlerle nihai ölçüsüne getirilmektedir. Ancak günümüzde gelişen tezgâh ve kesici takım teknolojileri ile doğru parametreler kullanılır ise yüksek kalite gereksinimleri ikincil operasyonlara gerek kalmadan yakalanabilmektedir [17, 21].

3.4.1. ap

Deliklerde kalite gereksinimlerinden en önemlilerinden biri deliğın çap ölçüsünün nominal değere en yakın seviyede olmasıdır. ISO tolerans sistemine göre deliğın anma ölçüsü sıfır çizgisini verirken, tolerans bandını büyük harfler gösterir. Bu harflerin yanına F5, H7, G8 gibi kalite derecesini gösteren sayılar yazılır. Bu değler deliğın artı ve eksi yönlerde ne kadar sapacağına işaret etmektedir. Deliğın anma çapından belirlenen tolerans bandı ve kalitesine göre büyük ya da kk olması halinde geçme bağlantısının engeline ya da boşluklu yapıya sebebiyet verebilir. Deliğın çaptan sapmasının sebepleri tezgâh rijitliğinin uygun olmaması, yetersiz bağlama kuvveti, matkabın deliğı merkezleyememesi, kalitesi düşük yüzeyden ilk giriş ya da yüksek ilerleme oranı olabilir [12]. Özellikle hassas deliklerde bütün bu parametrelerin en uygun olan kombinasyonunda yapılması büyük önem arz etmektedir.

3.4.2. Silindiriklik

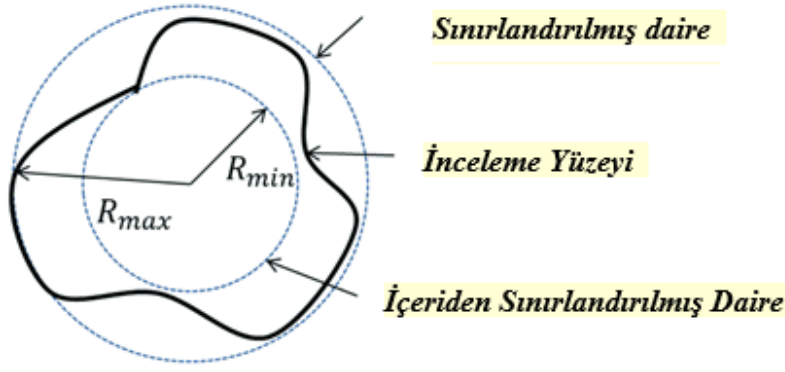
Deliğın etrafında belirlenen tolerans aralığına göre artı ya da eksi yönde hayali bir silindir olduğu varsayılırsa kesici takımın düşey eksenenden saparak bu tolerans silindirinin dışına çıkmasına silindirikten sapma denir. şekil 3.7’de bu tolerans alanı şekilsel olarak verilmiştir. Bu problem özellikle derin deliklerde daha sık şekilde ortaya çıkabilmektedir. Bu hata bağlantının arzulanan eksenenden sapmasına ve deliğın konik biçimde olmasına yol açabilir. Bu sapmaya talaşın tahliye edilememesi, kesici takımın boyunun uzun olması veya tezgâh ana milinin rijitliğinin yetersizliğı sebep olabilir. Bunların haricinde ısıl dengesizliklerde bu sapmayı olumsuz yönde etkilemektedir [23].



Şekil 3.7. Silindiriklik tolerans bölgesi gösterimi [24]

3.4.3. Dairesellik

Delik merkezinden referans alınarak yapılan ölçümde maksimum (R_{max}) ve minimum (R_{min}) olarak ölçülen yarıçap arasındaki farklılık miktarı dairesellikten sapmayı (ovalite) vermektedir (Şekil 3.8). İki boyutlu bir ölçümdür. Dairesellikten sapmanın en büyük sebeplerinden biri bağlama ve tezgâh rijitliğinin yetersiz kalması sonucu ortaya çıkan titreşim olarak görülmektedir. Uygun kesme parametrelerinin seçilmemesi ve kesme sıvısının doğru miktarda verilmemesi de dairesellikten sapma değerlerinin artmasına neden olabilir. Literatürde; delik girişinin çıkışına göre boyutsal tamlik ve dairesellik bakımından daha fazla saptığı belirtilmektedir. Bunun sebebi olarak, deliğin sonlarına doğru yaklaştıkça deliğin yataklama etkisinin artmasından dolayı kesici takımın rijitliğinin de artması olarak gösterilmektedir [11].



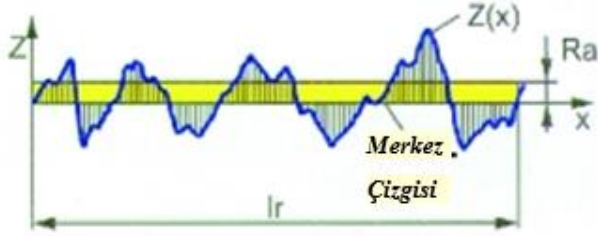
Şekil 3.8. Oval deliğin şekilsel gösterimi [25]

3.4.4. Yüzey kalitesi

Delik yüzey kalitesi; sağlıklı şekilde hassas montaj işlemlerinin gerçekleştirilmesi, yorulma dayanımının yüksek olması, korozyon mukavemetinin iyileştirilmesi ve görsellik açısından oldukça önemli bir parametredir [26]. Delik yüzey kalitesini esas olarak belirleyen parametre yüzey pürüzlülüğüdür [17]. Yüzey pürüzlülüğü yüzeyin mikro yapısını ifade ederken, yüzeyin düzenini ortaya koymaktadır. Yüzey pürüzlülüğünün ölçümü profilometre isimli cihazla yapılır ve nominal yüzey orta çizgi olarak kabul edilir. Cihazla belirlenen örneklerde ölçüm yapılarak nominal değerden sapmaların en alt ve en üst noktaları alınır. Bu değerlerin ortalaması, ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri R_a 'yı verirken, ölçümlerin karelerinin toplanarak örneklem sayısına bölünmesi ve ortaya çıkan değerın karekökünün alınması ise R_q değerini vermektedir (Eşitlik 3.6) [21, 27].

$$R_a = \frac{a+b+c}{3} \text{ ve } R_q = \sqrt{\frac{a^2+b^2+c^2}{3}} \quad (3.6)$$

Ortalama yüzey pürüzlülüğünün grafiksel ifadesi Şekil 3.9.'da gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Ortalama yüzey pürüzlülüğü grafiksel gösterimi [28]

3.4.5. Konum (pozisyon)

Konum toleransı, tasarımcının belirlediği referans yüzeylerinden uzaklığı tam ölçüsünde bulunan noktaya tolerans miktarı dikkate alınarak hayali bir daire ya da küre formunda kabul edilebilir sınırları belirtir. Özellikle hassas montaj işlemlerinde hayati önem taşımaktadır. Parçanın referans yüzeylerine göre doğru ve iyi bir şekilde bağlanması, işleme stratejisinin bu referanslara uygun olarak oluşturulması ve tezgâh kinematik rijitliğinin yüksek olması pozisyon (konum) toleransından sapmaları engellemek için büyük önem arz etmektedir.

4. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

4.1. Literatür Araştırmasına Giriş

İmalat sektöründe çok önemli bir yere sahip olan delik delme ve delik genişletme operasyonları üzerine çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda kesme hızı, ilerleme oranı, soğutma sıvısı, kesici takım kaplaması, kesici takım geometrisi gibi farklı delik işleme parametrelerinin delik performansını belirleyen kuvvet, moment, takım aşınması, yüzey kalitesi, delik kalitesi, ısı oluşumu gibi çıktı parametreleri üzerine etkileri gözlemlenmiştir. Taranan çalışmalarda ağırlıklı olarak kesme hızı ve ilerleme oranının işleme esnasında meydana gelen kuvvetlere ve işleme neticesinde ortaya çıkan deliğin kalitesine olan etkilerinin incelendiği tespit edilmiştir.

Özellikle savunma ve havacılık sanayi gibi yüksek hassasiyetin arandığı sektörlerde uygun delik kalitesinin doğru maliyete çıkarılması oldukça önemlidir. Bu sebeple yapılan çalışmalarda uygulanan işlem üzerinde belirlenen performans beklentilerini verecek en uygun değişkenler ve bu değişkenlerin etki düzeyleri bulunmaya çalışılmıştır.

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde genellikle matkap kesici takımı ile delik delme üzerine araştırmaların yapıldığı, bara takımı ile delik işleme üzerine çok sınırlı sayıda çalışma olduğu değerlendirilmiştir. Mevcut durumun sebebinin baralama operasyonun kurulum ve işleme süresinin oldukça uzun ve bu prosesin işlem tipi itibarıyla delik delme ve tornalama operasyonlarından farklı ve karmaşık yapıda olması olarak düşünülmektedir.

Deney sonucunun sağlıklı şekilde değerlendirilmesi ve doğrulanması için matkap, raybalama, delik işleme gibi çeşitli delik bitirme operasyonları üzerine yapılan teorik ve deneysel çalışmalar irdelenmiştir. Çalışmanın delik işleme parametrelerinin dört kalite karakteristiği üzerine olan etkisinin incelenmesi üzerinden geniş bir çerçevede ele alınması ve baralama üzerine oldukça az sayıda çalışmanın bulunması sebebiyle literatürdeki açığı kapatması hedeflenmiştir.

4.2. DeneySEL ve Teorik Çalışmalar

Yağmur ve arkadaşları, delik delme işleminde kesme parametreleri ve takım kaplamasının dairesellik üzerine olan etkisini araştırmışlardır. Deney malzemesi olarak AISI 1050 malzemesi kullanılmıştır. Değişkenler olarak dört farklı kesme hızı, üç farklı ilerleme oranı değeri, kaplamasız kesici takım ve üç farklı kaplama tipi (TiN/TiAl/TiCN) kullanılmıştır. Deney neticesinde kesme hızı ve ilerleme oranındaki düşüşün delik ölçüsünde sapmaları azalttığı, kaplamanın ise delik doğruluğunda pozitif etki ettiği saptanmıştır [29].

Meral, delik delme operasyonu üzerine yaptığı deneySEL çalışmada takım çapının, kaplamanın ve kesme parametrelerinin kesme esnasında meydana gelen kuvvet, yüzey kalitesi ve delik kalitesine olan tesirini incelemişlerdir. Deney malzemesi olarak AISI 1050 malzemesi kullanılmıştır. Deneyde üç farklı kesme hızı, üç farklı ilerleme oranı, üç farklı çapta kaplamasız matkap ve TiAlN kaplamalı HSS kesici takımlar kullanılmıştır. Deney neticesinde kaplamanın bütün kriterleri pozitif olarak etkilediği, ilerleme oranının kuvvet üzerinde en etkili parametre olduğu, kesme hızındaki yükselme yüzey kalitesini pozitif olarak etkilerken ilerleme oranındaki artışın yüzey kalitesinde düşüşe yol açtığı çıkarımlarına ulaşılmıştır [30].

Kaplan ve arkadaşları, delik delme işlemi esnasında birden fazla parametrenin delik kalitesi, kuvvet, moment oluşumu, aşınma gibi farklı çıktılarına etkisini incelemişlerdir. Yapılan deneyler, iki ayrı sertlikte (20 HRC ve 28 HRC) soğuk iş takım çeliği, farklı çapta (Ø8 mm ve Ø10 mm) ve iki farklı uzunluktaki HSS kesici takımlarla gerçekleştirilmiştir. Kesme parametreleri olarak üç farklı kesme hızı ve üç farklı ilerleme oranı kullanmışlardır. Tam faktöriyel düzende gerçekleştirilen deneylerde sonuçlar varyans ve regresyon analizleriyle değerlendirilmiştir. Sonuçlar ışığında malzeme sertliğinin, matkap çapı ve boyunun, kesme hızının, ilerleme oranının ve delik sayısının titreşim genliğini artırarak ilerleme kuvveti, moment ve titreşim değerlerini yükselttiği, diğer parametrelerin ise düşük derecede bu çıktılarına etki ettiği tespit edilmiştir. Matkap çapının ise yüzey pürüzlülüğü ve çapak oluşuma etki etmediği diğer bütün etkenlerin ise bu iki çıktıyı etkilediği değerlendirilmiştir [31].

Kahraman ve arkadaşları, kesme sıvısı kullanımı ile delik delme operasyonunda kesme parametrelerinin yüzey kalitesine olan etkisini araştırmalarında konu etmişlerdir. Deney malzemesi olarak 5754 alüminyum alaşımı kullanılmıştır. Deneyde giriş değişkenleri olarak

üç farklı kesme hızı, üç farklı ilerleme oranı, üç farklı kesme derinliği kullanılmıştır. Deney sonuçları varyans analizi ile değerlendirilmiş olup ilerleme oranının en üst düzeyde etki ederken kesme derinliğinin ciddi bir etki yaratmadığı sonucuna varılmıştır [32].

Çakır ve arkadaşları, kesici takımın, iş parçası malzemesinin ve kesme parametrelerinin kesici takım üzerinde oluşan kuvvet ve momentlere etkisini araştırmışlardır. Tam faktöriyel düzende yaptıkları deneyde malzeme olarak 7075 ve 6013 alüminyum alaşımlarını, kesici takım olarak iki ağızlı HSS ve karbür matkap takımları kullanmışlardır. Kesme parametreleri olarak ise 4 farklı kesme hızı ve 4 farklı ilerleme oranı ile deneylerini gerçekleştirmişler ve deney çıktıları varyans analizi ile değerlendirmişlerdir. Deney sonucunda kesici takım malzemesi ve kesme parametrelerinin delik performansına direk olarak ve maksimum seviyede etki ettiği tespit edilmiştir. Bu parametrelerden ilerleme oranındaki yükselmenin kuvvet ve momentleri arttırdığı belirlenirken iş parçasının diğer parametreler kadar kuvvete etki etmediği görülmüştür [33].

Çakır ve arkadaşları, delik delme işleminde kesme hızının, ilerleme oranının ve soğutmanın, kesme kuvvetleri, moment, delik kalitesi ve yüzey pürüzlülüğü üzerine olan etkisini incelemişlerdir. Deney malzemesi olarak 7075 ve 2024 alüminyum alaşımları kullanılmışlardır. Deney neticesinde, klasik tip soğutmanın çıktı değişkenlerinin hepsinde en küçük sonuç ortaya çıkarken, basınçlı soğutmada ise en yüksek değerlerin görüldüğünü saptamışlardır. Çalışmada, ilerleme oranındaki artışın tüm sapmaların artışında ciddi bir etkisi sonucuna varılırken, kesme hızının etkisinin ilerleme oranına göre çok daha sınırlı olduğu gözlemlenmiştir [11].

Galloway ve arkadaşları, delik delme işleminin kalite çıktıları etkileyen parametreleri ve bu kalite çıktılarının kriterlerini belirleme maksadı ile incelemelerini yapmışlardır. Çalışmada kendiliğinden gerilmeli titreşim teorisi ve kesici takımın geometrik yapısı detaylı şekilde irdelenirken, delik kalitesinde meydana gelen hatalar üzerine araştırmalarını geliştirmişlerdir [34].

Nouari, kuru delik delme işleminde takım aşınmasının en uygun değerlerini bulmak ve analiz etmek amacıyla deneysel çalışmalar yapmıştır. Deney malzemesi olarak ise alüminyum alaşım kullanmıştır. Delik kalitesine kesme parametrelerinin etkisini inceleyen Nouari, işleme parametrelerin yüzey pürüzlülüğü ve çapak boyuna olan etkisini araştırmıştır.

Alüminyum malzemelerin işlenmesinde ideal kesme hızı tespit edilmiştir. Kaplama çeşitlerinin delik kalitesine etkisinin de araştırıldığı deneyde sonuç olarak kaplama tipinin ciddiye alınmayacak seviyede etki meydana getirdiği sonucuna varılmıştır [35].

Kıvak ve arkadaşları, yaptıkları çalışmada kesme hızının, ilerleme oranının ve kesici takım kaplamasının yüzey pürüzlülüğü, kesme kuvvetleri, delik kalitesi ve talaş oluşumu gibi çeşitli çıktıların üzerine olan etkisini deneysel bir çalışma ile araştırmışlardır. Kuru kesme şartları altında Inconel 718 malzemenin en iyi performans sonuçları kaplamasız takım ile alınırken, en kötü sonuçlar ise TiAlN kaplamalı takımdan alınmıştır. Yüksek kesme hızı ve ilerleme oranı kombinasyonunda ise hem takım ömrünün hem de delik kalitesinin düştüğü gözlemlenmiştir [36].

Kıvak ve arkadaşları, yaptıkları deneysel çalışmada kesme hızının, ilerleme oranının ve kesici takım kaplamasının dairesellik, delik çapı ve talaş oluşumu gibi delik kalitesini oluşturan çıktılarına olan tesirini araştırmışlardır. Deneyde HSS takım üç farklı kaplama ile kullanılırken deney malzemesi olarak AISI 316 çeliği kullanılmışlardır. TiAlN/TiN kaplamalı takımlarla yapılan delik delme işleminde delik çapı ve dairesellik açısından en iyi sonuçlar elde edilmiştir [37].

Siyambaş ve Turgut, kesici takım kaplamasının ve kesme parametrelerinin kuvvet ve momente olan tesirini yaptıkları deneysel çalışma ile incelemişlerdir. Deney malzemesi olarak HSLA-DIN EN 10149 malzeme kullanılmışlardır. Kesme parametreleri olarak üç ilerleme oranı ve beş kesme hızı değeri kullanılmışlardır. Deney neticesinde kaplamanın kuvvet ve momentin azaltılmasında etkili olduğu ortaya çıkmıştır [38].

Chiffre ve arkadaşları, yaptıkları deneysel çalışmada organik içerikli bir yağın kılavuz çekme, raybalama ve delik delme operasyonundaki kesme kuvvetleri ve moment üzerine araştırma yapmışlardır. Deney malzemesi olarak AISI316L paslanmaz çelik seçilirken, kesici takım olarak ise HSS-E. kullanılmışlardır. Sonuç olarak, deney konusu olan bitkisel yağın referans alınan ticari yağlardan performans manasında daha iyi ya da eşit olduğuna ulaşmışlardır [39].

Beauchamp ve arkadaşları, yaptıkları deneysel çalışmada, delik tornalama işleminde kesme parametrelerinin kuru kesme şartları altında yüzey kalitesi üzerine etkisini incelemişlerdir.

Kesme hızı, ilerleme oranı, kesme derinliği, takım uç radüsü, takım boyu ve takım tutucu tipinin iki düzeyli etkileşimde ful faktöriyel deney kurgusu ile yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisini araştırmışlardır. Takım boyu uzadıkça yüzey kalitesinin düştüğü saptanırken diğer faktörlerin yüzey pürüzlülüğü üzerinde çok daha az ölçüde etkisi olduğu saptanmıştır [40].

Pirtini ve Lazoğlu, çalışmalarında teorik modelleme ve deneysel metotları kullanarak delik delme operasyonundaki delik kalitesini ve ortaya çıkan kuvvetleri incelemişlerdir. Deney malzemesi olarak 7039 alüminyum alaşımını kullanmışlardır. Deneylerini, kesme hızı sabit tutularak 5 farklı ilerleme hızı ile gerçekleştirmişler ve ortaya çıkarttıkları teorik modelle her farklı çalışma şartları kombinasyonu için ortaya çıkacak kesme kuvvetlerini tahmin etmişlerdir. Teorik modelle hesapladıkları bu sonuçları CMM çıktıları ile teyit ederek aralarındaki uyumu ispat etmişlerdir ve oluşturdukları modelin kesme kuvveti tahminindeki başarısını ortaya koymuşlardır[41].

Yuzo ve arkadaşları, 6 farklı delik boyu ve talaş kalınlığı, şekli bakımından 4 farklı çapın, delik delme işleminde kesme kuvvetine olan etkisini gözlemlemişlerdir. Deney malzemesi olarak 1100-0 alüminyum alaşımını kullanılmıştır. Deney neticesinde kesme hızı ve ilerleme oranı değerlerindeki yükselmenin kesme kuvvetini de yukarı taşıdığı sonucuna varmışlardır. İlerleme oranındaki artışın keza kesme kuvvetleri arasındaki maksimum farkı ortaya çıkardığını gözlemlemişlerdir [42].

Çakıroğlu ve arkadaşları, girdi değişkenleri olarak kaplamalı (TiN/TiAl/TiCN) ve kaplamasız kesici takım, 3 farklı ilerleme oranı ve 3 farklı kesme hızını kullanarak AA6061 malzeme üzerinde, kuru kesme koşulları altında delik delme işleminin verimini deneysel olarak incelemişlerdir. Deney çıktısı olarak ise kesme kuvvetlerini ve takım-talaş arasında ortaya çıkan ısıyı gözlemlemişlerdir. Deney kurgusu Taguchi $L_{18} (2^1 \times 3^2)$ tertibine göre hazırlanırken ortaya çıkan veriler; regresyon, analizi ve yapay sinir ağları (YSA) ile optimize edilerek yeni modeller ortaya çıkarılmıştır. En ideal kesme şartları Taguchi yöntemi ile elde edilmiştir. Kesme kuvveti için en uygun şart kaplamasız takım, düşük seviye ilerleme ve yüksek seviye devir oranı ile elde edilmiştir. Deney çıktıları ile en yakın sonuçları veren model ise YSA ile hazırlanan model olmuştur. YSA'nın çoklu işleme parametrelerinin mevcut olduğu durumlarda delik performansını iyileştirebileceği, hızlı ve doğru bir şekilde çözüm ortaya koyabileceği gözlemlenmiştir [43].

Chelladurai ve arkadaşları, tornalama işlemi esnasında meydana gelen titreşim ve momentleri ölçerek yanal yüzey aşınmasının etkisini gözlemlemeye çalışmışlardır. Deney sonucunda çoklu regresyon modeli meydana getirmişlerdir. Deney sonucunda aşınmanın yükselmesinin titreşimi arttırdığı kanaatine varmışlardır [44].

Fernandes ve arkadaşları, yaptıkları deneysel çalışmada delik delme işleminde meydana gelen kuvvet ve momentin delik kalitesine ve aşınma üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Bu araştırmaya ek olarak işlenen parçanın et kalınlığının ve takımda meydana gelen aşınmanın kesme kuvveti ile momente olan etkisini gözlemlemişlerdir. Deney malzemesi olarak karbon kompozit malzeme kullanmışlardır. Matkap değiştirilmeden kullanılmaya devam edildiğinden, ortaya çıkan aşınma ilerleme kuvvetinde artış meydana getirirken, moment üzerinde büyük bir etkisinin olmadığı sonucuna varmışlardır. İşlenen parçanın et kalınlığındaki artışın ise ilerleme kuvveti ve takım aşınmasını ciddi oranlarda arttırdığı deney sonucunda gözlemlenmiştir [45].

Stephenson ve arkadaşları, bilgisayar programı oluşturarak tornalama ve delik delme işlemlerindeki kesme mekaniğini modellemişlerdir. Deneyde 6061 alüminyum alaşımı kullanılmıştır. İki farklı çapta HSS kesici takım, iki farklı devir sayısı ve iki farklı ilerleme oranı seviyesi ile deney gerçekleştirilmiş, elde edilen verileri teorik ve pratik açıdan mukayese etmişlerdir [46].

4.3. Literatür Araştırmalarının Değerlendirilmesi

Literatürde delik delme ve delik işleme üzerine birçok araştırılma yapıldığı gözlemlenmiştir. Yapılan araştırmalarda ilerleme oranı, kesme hızı, kesme derinliği, iş parçası, kesici takım kaplaması, kesici takım geometrisi, tezgâh tipi ve rijitliği, soğutma sıvısı gibi farklı işleme parametrelerinin farklı seviyeleri kullanılmıştır. Delik delme işlemlerine ait çalışma parametrelerinin farklı kombinasyonları dikkate alınarak, takım aşınması ve ömrü, yüzey pürüzlülüğü, kesme kuvvetleri, sıcaklık, boyutsal ve geometrik sapmalar, titreşim, talaş şekli, işleme zamanı gibi performansı belirleyen unsurlar üzerine söz konusu çalışma parametrelerinin etkisi gözlemlenmiştir. Araştırmalar neticesinde bu performans girdi ve çıktıları arasındaki ilişkileri gösterebilmek amacıyla bazı deneyler gerçekleştirilmiş ve sonuçların modellenmesi yapılarak en uygun değerler bulunmaya çalışılmıştır. Bazı

Çalışmalarda ise teorik değerler ile deneysel sonuçların mukayeseleri yapılmıştır. Literatürde delik delme işlemleri üzerine yapılan deneysel uygulamaların ağırlığının “matkap” kesici takımı ile yapıldığı gözlemlenmiştir. Girdi parametreleri olarak genellikle kesme hızı, ilerleme oranı üzerinde durulduğu, çıktı parametrelerinden ise kesme kuvvetlerinin ve delik kalitesinin değerlendirildiği görülmüştür.

Delik boyutsal ve geometrik değişimleri ile ilişkili farklı kalite karakteristikleri üzerine delik işleme parametrelerinin etkisinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Böylelikle, deney kapsamı geniş bir yelpazede tutularak, taranan çalışmaların genelinden daha fazla sayıda karakteristiğin incelenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, baralama operasyonu üzerine literatürde oldukça az sayıda araştırma bulunması sebebiyle yapılan bu çalışmanın literatürdeki baralama ile ilgili eksikliği kapatacağı düşünülmektedir.

5. MATERİYAL VE METOD

5.1. İş Parçası Malzemesi

Deneylerde yüksek dayanıma sahip havacılık tipi alüminyum alaşımı olan Al 7050 kullanılmıştır. Malzeme T7451¹ ısıtıl işlem şartına sahip olup AMS 4050² standartlarına uygundur. Havacılıkta yapısal parçalarda kullanılan bu alaşım korozyon çatlamlarına ve pullanmaya karşı yüksek dayanım göstermektedir. Bunlara ek olarak, kırılma tokluğunun ve yorulma dayanımının yüksek olması bu alaşımın havacılık için mükemmel bir kombinasyonunu yaratmaktadır [49].

Çizelge 5.1 ve 5.2’de iş parçası malzemesinin kompozisyonu, fiziksel ve kimyasal özellikleri verilmiştir.

Çizelge 5.1. Al 7050 alüminyum alaşım iş parçasının kimyasal kompozisyonu

Kimyasal Karışım Oranları	% Değer
Silikon (Si)	0,00 - 0,12
Krom (Cr)	0,00 - 0,04
Manganez (Mn)	0,00 - 0,10
Magnezyum (Mg)	1,90 - 2,60
Bakır (Cu)	2,00 - 2,60
Titanyum (Ti)	0,08 - 0,21
Demir (Fe)	0,00 - 0,15
Çinko (Zn)	5,70 - 6,70
Alüminyum (Al)	Denge
Titanyum + Zirkonyum (Ti + Zr)	0,08 - 0,15

¹ Alüminyum alaşım malzemeye uygulanan gerilim giderme, yapay yaşlandırma ve çözeltiye alma ısıtıl işlemleri neticesinde meydana gelen ısıtıl işlem durumu.

² T7451 ısıtıl işlem durumuna, 6,2 Zn 2,3 Cu 2,2 Mg 0,12 Zr alaşım içeriğine sahip 7050 kodlu alüminyum plaka ile ilgili özellikleri içeren şartname.

Çizelge 5.2. Al 7050 alüminyum alaşım iş parçasının fiziksel ve kimyasal özellikleri

Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	Değer (birim)
Yoğunluk	2,80 g / cm ³
Termal Genleşme	22,1 x 10 ⁻⁶ (1/K)
Young's Modülü	71 GPa
Termal İletkenlik	800 J / kg-K
Kanıtlanmış Dayanımı	450 MPa
Akma Dayanımı	550 MPa
Yüzde Uzama Modülü	9%

Deneyde kullanılan malzemenin kalınlığı 25,4 mm'dir. İş parçası Şekil 5.1'de verilen şekilde 421 mm x 416 mm ölçülerinde kesilmiştir. Dört kenarı işlendikten sonra, temiz bir giriş yüzeyi elde etmek ve düzgün bir oturma yüzeyi oluşturmak amacıyla plakanın her iki yüzeyi de toz paso alınarak işlenmiştir. Böylelikle, iş parçası malzemesinin 25,4 x 416 x 421 mm³ ölçülerine sahip olması sağlanmıştır. İş parçası üzerine ön delikler 11,8 mm çapında matkap ile boydan boya delinerek hazırlanmıştır. Ölçüm ve konumlama amacıyla kullanılacak referans delikleri ise delme işlemin ardından 12 mm çapında rayba ile hassas şekilde işlenmiştir.

Çizelge 5.3. Jig Borer hassas delik işleme tezgâhının özellikleri

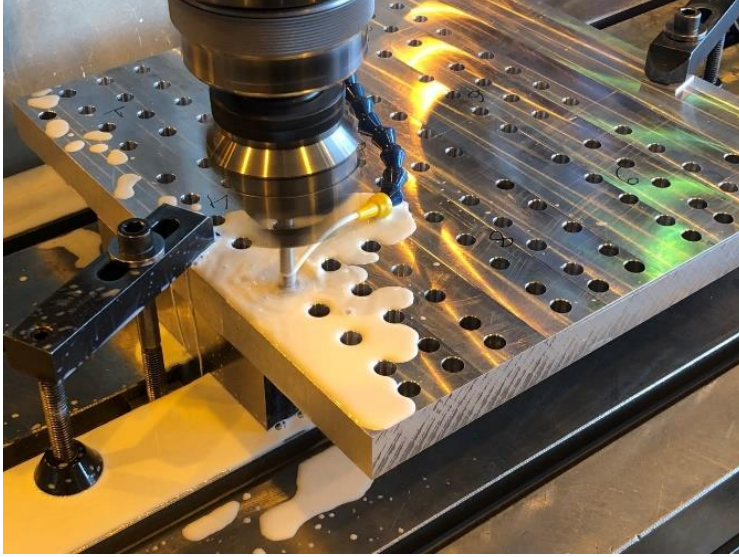
Tezgah Marka/Modeli	Tabla Uzunluğu (mm)	Tabla Genişliği (mm)	"Z"Eksen Mesafesi (mm)	Devir Sayısı (dev/dak)	Güç&Hız (hp)&-
Pratt Whitney Co. Jig Borer	1122	561	561	37 - 1800	1-1/2 & 4 vites

İş parçası, talaşın tahliyesi ve deliğin çıkış kısmından kesici takımın dışarı çıkabilmesi için yükseltici takozların üstüne yerleştirilerek tezgâh tablasına bağlanmıştır. Bağlama pabuçları yardımıyla sabitlenen iş parçasının üzerindeki referans deliklerden öncelikle kaba bir şekilde merkezlenmesi tezgâh tutucusuna takılan silindirik bir çubuk yardımıyla gerçekleştirilir. Kaba şekilde merkezlenme sağlandıktan sonra tutucuya bağlanan komparatör saatiyle deliğin hassas şekilde merkezlenmesi sağlanır ve bu nokta sıfır noktası olarak ayarlanır. Bu ayarlama, tezgâh üzerindeki dijital ölçü kontrol ünitesi aracılığı ile yapılmıştır. Pozisyonlama ve ayarlama işlemleri yapıldıktan sonra fener miline hassas delik işleme kafası takılır ve bu işleme kafasının tutucu kısmına baralama takımı bağlanır. Deneyde Wohlhaupter marka UPA3 tip 130 001-T003590 kodlu hassas delik işleme başlığı kullanılmıştır (Resim 5.1).



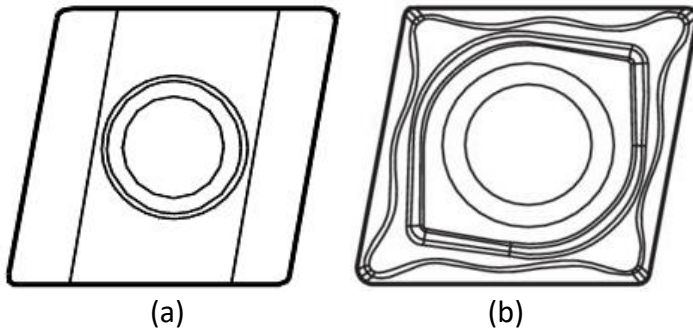
Resim 5.1. Çalışmada kullanılan Wohlhaupter marka UPA3 tip hassas delik işleme başlığı tutucu

Kaldırılacak talaş miktarı yani delik ölçüsü hassas delik işleme kafası üzerinden takım merkez ekseninden dışarı doğru ofsetlenerek ayarlanır. Ardından, baralama takımı ile hassas şekilde talaş kaldırma işlemi gerçekleştirilir. Kesme sıvısı olarak bor yağı kullanılmakta ve manuel olarak verilmektedir. Soğutma sıvısı kullanılarak gerçekleştirilen delik işleme operasyonu Resim 5.2’de gösterilmiştir.



Resim 5.2. Jig Borer tezgâhında soğutma sıvısı ile delik işleme

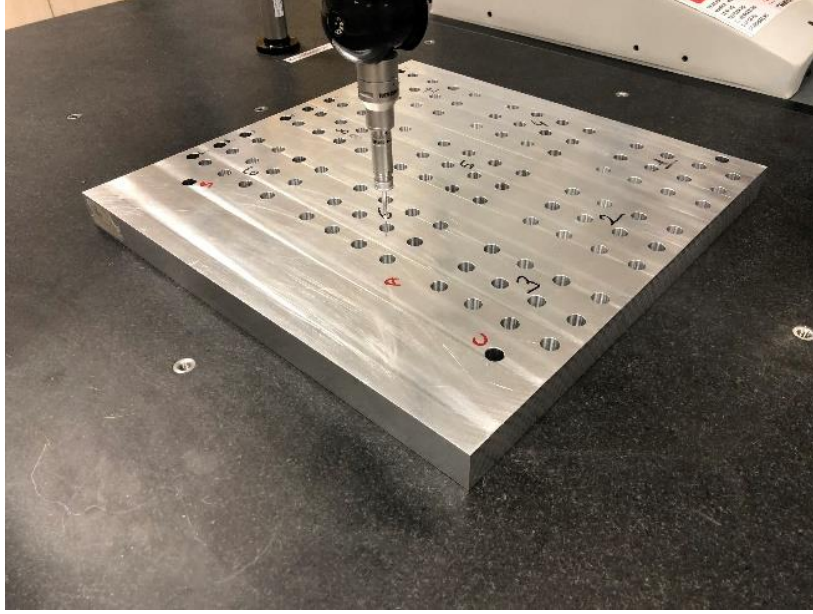
Çalışmada ön deliklerin baralama takımı ile işlenmesi için SECO firması tarafında üretilmiş hem farklı geometrik özelliklerle sahip hem de kaplamalı ve kaplamasız olmak üzere iki farklı kesici takım kullanılmıştır. Bu kesici takımlar, sırasıyla, $(Ti,Al)N + TiN$ kaplamaya sahip CCGT060202 26G6 ve kaplamasız CCGT060202F-AL KX kodlu takımlardır. Kesici takımların geometrisi Şekil 5.2’de verilmiştir.



Şekil 5.2. Deneysel çalışmada kullanılan değiştirilebilir kesici uçlar; (a) CCGT060202 26G6, (b) CCGT060202F-AL KX.

5.3. Ölçüm Cihazları

Deneyde, geometrik ve boyutsal toleransları ölçmek amacıyla DEA Global Performans marka CMM cihazı kullanılmıştır (Resim 5.3). CMM cihazının boyutları 700 x 700 x 500 mm olup hassasiyeti 0.001 mm'dir. CMM cihazının özellikleri Çizelge 5.4'de verilmiştir.



Resim 5.3. CMM cihazı ile ölçüm

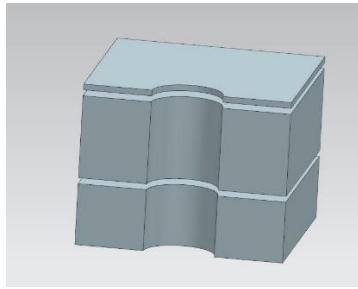
Çizelge 5.4. CMM ölçüm cihazının özellikleri

Tezgah İsmi	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	Hacimsel Hassasiyet (μm)	Hassasiyet (mm)
DEA GLOBAL PERFORMANCE	700	700	500	$M = \pm(2 \mu\text{m} + 3.L/1000)$	0,001

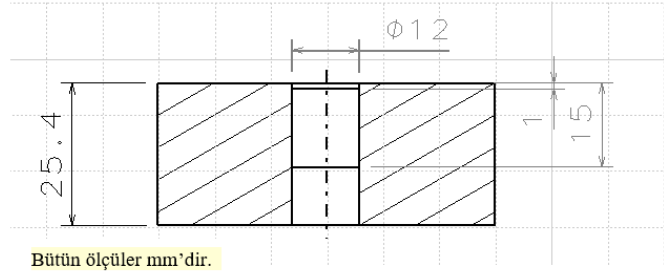
Hacimsel hassasiyet, ölçüm hacmindeki belirlenen bir uzaklıktaki herhangi bir düzlem üzerinde alınan iki nokta arasındaki en büyük hata miktarıdır.

İlgili deneyler tamamlandıktan sonra, gerekli ölçüm işlemleri CMM tezgâhında plaka üzerindeki referans delikler dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir.

Delik girişindeki deformasyonun sonuçları etkilememesi maksadıyla iş parçası yüzeyinden 1 mm ve 15 mm aşağısındaki iki kesitten ölçüm yapılmıştır (Şekil 5.3). Her iki kesitte de sekiz nokta üzerinden referans daireler oluşturulmuştur. Bu dairelerin çapı ve dairesellikten sapması ölçülmüş ve ortalaması alınmıştır. Yine bu iki kesit üzerindeki daire bileşenleri birleştirilerek sanal silindirler oluşturulmuş, oluşturulan sanal silindir ile nominal silindirin farkı hesaplanarak silindiriklikten sapma belirlenmiştir.



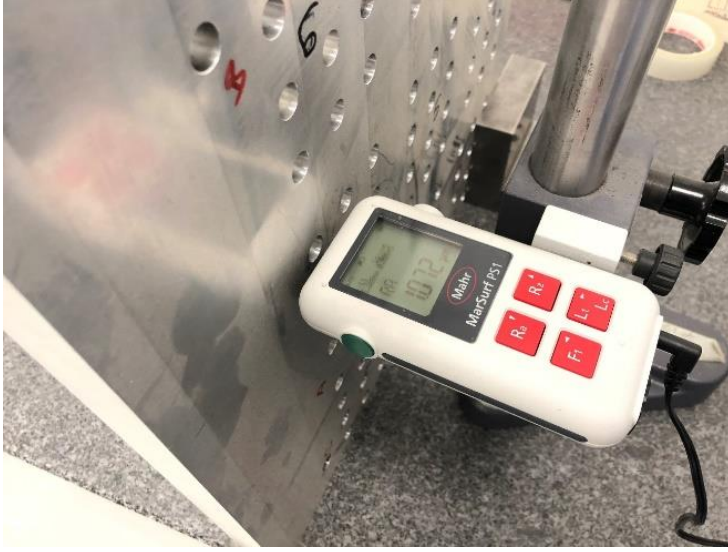
(a)



(b)

Şekil 5.3. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm kesitlerinin gösterimi; (a) katı model ile gösterimi, (b) teknik çizim ile gösterimi

Yüzey pürüzlülüğünü (R_a) ölçmek için ise portatif bir yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı olan MAHR-MARSURF PS1 cihazı kullanılmıştır (Resim 5.4). Parça sabitlendikten sonra deliğin içerisinde 5.6 mm örneklem uzunluğunda ilerleyen cihaz yüzey pürüzlülüğünün homojen dağılımda olduğuna karar verdikten sonra sonucu göstermektedir. Ölçümler ikişer defa tekrar edildikten sonra ortalamaları alınarak ortalama yüzey pürüzlülüğü R_a tespit edilmiştir.



Resim 5.4. Yüzey pürüzlülük değeri ölçümü

5.4. Deney Tasarımı

Taguchi yöntemi çok çeşitli problemlere uygulanabilecek kararlı bir deney tasarımı yaklaşımıdır. Sonuçlara yüksek düzeyde etki ettiği düşünülen faktörler ana parametreler olarak kabul edilir. Bu faktörler orthogonal düzeyde farklı satırlara yerleştirilir. Bu yapı tamamen rastlantısal deneyler yapılmasına olanak sağlamaktadır [47].

Taguchi yöntemi, sinyal/gürültü konseptini (S/N & sinyal/gürültü oranı) birçok faktör içerecek şekilde genişletmiştir. Bu tip deneyler çok faktörlü deneyler olarak adlandırılmaktadır. Deneyler, kalite karakteristiklerini optimize etmek maksadıyla en geniş aralıkta faktör seviyelerini seçecek şekilde tasarlanmıştır. Kalite karakteristiklerinin hedeflenen en iyi şartlarını tespit etmek için, S/N oranı hesaplamasında en küçük-en iyi, en büyük-en iyi ya da nominal-en iyi yaklaşımlarından biri kullanılabilir. [48].

Çalışmada, silindiriklikten sapma, dairesellikten sapma, çaptan sapma ve ortalama yüzey pürüzlülüğü değerlerini içeren kalite karakteristikleri için eşitlik 5.1 ile gösterilen “en küçük-en iyi” kalite hedefi seçilmiştir. Sapmaların en küçük olması en iyi delik kalite sonucuna ve en kararlı işlem çıktısına karşılık gelmektedir.

$$\frac{S}{N} = -10 \log_{10} \left(\frac{1}{r} \sum_{i=1}^r R_i^2 \right) \quad (5.1)$$

Formülde “ S/N ” sinyal-gürültü oranına karşılık gelirken “ r ” bağımsız gerçekleştirilen deney sayısını göstermektedir. “ R_i ” ise belirli bir işlem kombinasyonu altında elde edilen ilgili kalite karakteristiğinin ölçülmüş değerini göstermektedir.

Deney Taguchi L_9 orthogonal düzene göre oluşturulmuştur. Deneylerde deliğin kalite karakteristiklerini etkilediği düşünülen devir sayısı ve ilerleme oranı çalışma parametreleri (kontrol edilebilen faktörler) olarak seçilmiş ve her biri üçer seviyeyi içerecek şekilde belirlenmiştir (Çizelge 5.5).

Çizelge 5.5. Kontrol parametreleri ve seviyeleri

Kontrol Faktörleri ve Seviyeleri					
Kontrol Edilebilen Faktörler			Seviye		
Sembol	Faktör	Birim	1	2	3
N	Devir Sayısı	dev/dak	66	263	1050
f	İlerleme Oranı	inc/dev	0,001	0,002	0,003

Kalite karakteristikleri üzerinde kontrol edilemeyen faktörler olarak düşünülen kesme sıvısı ve takım özelliği ise gürültü faktörü olarak seçilmiştir ve her biri ikişer seviyeyi içerecek şekilde belirlenmiştir (Çizelge 5.6).

Çizelge 5.6. Kontrol edilemeyen parametreler ve seviyeleri

Gürültü Faktörleri ve Seviyeleri			
Kontrol Edilemeyen Faktörler		Seviye	
Faktör	Birim	1	2
Kesme Şartı	-	Kuru	Yaş
Kesici Takım Özelliği	-	26G6	KX

Deneydeki hata oranını düşürmek ve sonuçların kararlılığının sağlanması bakımından her bir kombinasyon altındaki delik üç defa delinerek işlem tekrarlanmıştır. .

Kontrol planına göre yapılan deney planına göre 9, gürültü parametrelerine göre 4 farklı grup olduğundan toplam 36 deney ihtimali ortaya çıkmaktadır. Her deney 3 defa tekrar edildiğinden çalışmada toplam 108 deney yapılmıştır. $L_9 (3^2)$ Orthogonal deney düzeni Çizelge 5.7’da verilmiştir.

Çizelge 5.7. $L_9 (3^2)$ orthogonal deney düzeni ve kontrol faktörlerinin etkileşimi

$L_9 (3^2)$ Orthogonal Düzeni				
Deney No	Sütun No			
	1	2	3	4
	N	f	Nxf	Nxf^2
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

6. DENEY/ANALİZ SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Deneysel tasarım (DOE) teknikleri, işleme deneylerinin analizinde yaygın olarak kullanılmaktadır [50, 51]. DOE, deneylerin planlanmasına yardımcı olur ve bu da sürecin analizi ve modellenmesi için yararlıdır. Bu çalışmada, ilgili işleme deneyleri Çizelge 5.7’de verilen Taguchi L_9 orthogonal düzenine göre planlanarak oluşturulmuştur. Deneysel çalışmada oluşabilecek hata oranını düşürmek ve sonuçların kararlılığını sağlamak için her deney kombinasyonu üç defa tekrarlanmıştır. Her bir kalite karakteristiği için en iyi kontrol faktörü kombinasyonunu belirlemek için Taguchi cevap tablosu kullanılmıştır.

Çizelge 6.1, Çizelge 5.7’ de verilen deney planına göre CCGT 060202 26G6-kuru ve CCGT 060202 26G6-yaş takım/işleme şartı kombinasyonları için gerçekleştirilmiş deneylerden elde edilen çaptan sapma, dairesellik, silindiriklik ve yüzey pürüzlülüğü ile ilgili kalite karakteristiklerinin ölçülmüş değerlerini, hesaplanmış ortalamayı ve standart sapmayı ve yukarıda verilen eşitlik 5.1 kullanılarak hesaplanmış S/N değerlerini göstermektedir. Çizelge 6.2, Çizelge 6.1’ de uygulanan tarz uygulanarak elde edilmiştir. Farklı olarak Çizelge 6.2 CCGT 060202F-AL KX-kuru ve CCGT 060202F-AL KX-yaş takım/işleme şartı kombinasyonları için ölçülmüş ve hesaplanmış değerleri göstermektedir.

Çizelge 6.1. CCGT 060202 26G6 numaralı kesici takımın deney sonuçları, sonuçların standart sapması ve hesaplanan sinyal gürültü oranı

Kalite Paramatresi		Devir Sayısı (N)	İlerleme Oranı (f)	26G6-Kuru						26G6-yaş					
		dev/dak	inch/dev	1	2	3	Ort.	St. Sap	S/N (dB)	1	2	3	Ort.	St. Sap	S/N (dB)
Çapta Sapma (µm)	1	66	0,001	-7,0	-7,0	74,0	29,3	38,7	-32,7	-21,0	53,0	26,0	33,3	17,2	-31,2
	2	66	0,002	-15,0	10,0	-16,0	13,7	3,2	-22,9	-16,0	-8,0	-21,0	15,0	6,6	-24,0
	3	66	0,003	-13,0	-25,0	-25,0	21,0	6,9	-26,7	-11,0	-23,0	2,0	12,0	10,5	-23,4
	4	263	0,001	-12,0	-10,0	-9,0	10,3	1,5	-20,3	-11,0	-13,0	-14,0	12,7	1,5	-22,1
	5	263	0,002	-48,0	-44,0	-58,0	50,0	7,2	-34,0	-56,0	-51,0	-60,0	55,7	4,5	-34,9
	6	263	0,003	-66,0	-47,0	-59,0	57,3	9,6	-35,2	-20,0	-22,0	-27,0	23,0	3,6	-27,3
	7	1050	0,001	-11,0	-7,0	-4,0	7,3	3,5	-17,9	-3,0	11,0	12,0	8,7	4,9	-19,6
	8	1050	0,002	-4,0	-7,0	5,0	5,3	1,5	-14,8	3,0	-17,0	-13,0	11,0	7,2	-21,9
	9	1050	0,003	5,0	-6,0	-10,0	7,0	2,6	-17,3	11,0	-8,0	-7,0	8,7	2,1	-18,9
Dairesellik (µm)	1	66	0,001	22,0	31,0	32,0	28,3	5,5	-29,2	33,0	34,0	35,0	34,0	1,0	-30,6
	2	66	0,002	7,0	6,0	7,0	6,7	0,6	-16,5	13,0	32,0	8,0	17,7	12,7	-26,2
	3	66	0,003	12,0	8,0	8,0	9,3	2,3	-19,6	6,0	16,0	3,0	8,3	6,8	-20,0
	4	263	0,001	13,0	28,0	36,0	25,7	11,7	-28,7	20,0	29,0	35,0	28,0	7,5	-29,1
	5	263	0,002	2,0	1,0	8,0	3,7	3,8	-13,6	5,0	11,0	3,0	6,3	4,2	-17,1
	6	263	0,003	12,0	10,0	7,0	9,7	2,5	-19,9	7,0	8,0	24,0	13,0	9,5	-23,6
	7	1050	0,001	5,0	32,0	5,0	14,0	15,6	-25,5	7,0	25,0	10,0	14,0	9,6	-24,1
	8	1050	0,002	2,0	4,0	3,0	3,0	1,0	-9,9	3,0	4,0	5,0	4,0	1,0	-12,2
	9	1050	0,003	5,0	53,0	3,0	20,3	28,3	-29,8	2,0	2,0	3,0	2,3	0,6	-7,5
Silindiriklik (µm)	1	66	0,001	13,0	8,0	5,0	8,7	4,0	-19,3	23,0	5,0	8,0	12,0	9,6	-23,1
	2	66	0,002	9,0	7,0	8,0	8,0	1,0	-18,1	5,0	3,0	5,0	4,3	1,2	-12,9
	3	66	0,003	12,0	10,0	7,0	9,7	2,5	-19,9	8,0	7,0	5,0	6,7	1,5	-16,6
	4	263	0,001	9,0	3,0	7,0	6,3	3,1	-16,7	5,0	6,0	5,0	5,3	0,6	-14,6
	5	263	0,002	2,0	10,0	27,0	13,0	12,8	-24,4	5,0	7,0	3,0	5,0	2,0	-14,4
	6	263	0,003	8,0	6,0	6,0	6,7	1,2	-16,6	6,0	27,0	2,0	11,7	13,4	-24,1
	7	1050	0,001	5,0	7,0	3,0	5,0	2,0	-14,4	5,0	5,0	4,0	4,7	0,6	-13,4
	8	1050	0,002	4,0	5,0	4,0	4,3	0,6	-12,8	3,0	4,0	5,0	4,0	1,0	-12,2
	9	1050	0,003	5,0	7,0	3,0	5,0	2,0	-14,4	5,0	3,0	3,0	3,7	1,2	-11,6
Yüzey Pürüzlülüğü (mm)	1	66	0,001	0,7	0,6	0,6	0,6	0,1	4,1	0,4	0,5	0,5	0,4	0,1	7,3
	2	66	0,002	0,8	0,7	0,7	0,7	0,0	2,9	0,5	0,6	0,7	0,6	0,1	4,8
	3	66	0,003	0,9	0,9	1,0	0,9	0,0	0,7	0,5	1,2	1,2	1,0	0,4	-0,3
	4	263	0,001	0,4	0,4	0,9	0,6	0,3	4,1	0,5	0,5	0,4	0,5	0,1	6,5
	5	263	0,002	0,6	0,5	0,9	0,7	0,2	3,5	0,3	0,7	0,7	0,6	0,2	4,7
	6	263	0,003	1,2	1,5	1,5	1,4	0,2	-2,9	0,5	1,2	1,2	0,9	0,4	0,1
	7	1050	0,001	0,5	0,5	0,5	0,5	0,0	6,3	0,5	0,6	0,5	0,5	0,1	5,7
	8	1050	0,002	0,7	0,8	0,8	0,8	0,0	2,4	0,9	1,0	0,9	0,9	0,0	0,8
	9	1050	0,003	1,1	1,3	1,2	1,2	0,1	-1,6	1,3	1,3	1,3	1,3	0,0	-2,4

Çizelge 6.2. CCGT 060202F-AL KX numaralı kesici takımın deney sonuçları, sonuçların standart sapması ve hesaplanan sinyal gürültü oranı

Kalite Parametresi		Devir Sayısı (N)	İlerleme Oranı (f)	KX-kuru						KX-yaş					
		dev/dak	inch/dev	1	2	3	Ort.	St. Sap	S/N (dB)	1	2	3	Ort.	St. Sap	S/N (dB)
Çapta Sapma (μm)	1	66	0,001	-10,0	-16,0	34,0	20,0	12,5	-27,0	-5,0	18,0	14,0	12,3	6,7	-22,6
	2	66	0,002	-5,0	1,0	24,0	10,0	12,3	-23,0	-4,0	-2,0	-9,0	5,0	3,6	-15,3
	3	66	0,003	-10,0	-41,0	-39,0	30,0	17,3	-30,4	-27,0	-27,0	-47,0	33,7	11,5	-30,9
	4	263	0,001	-11,0	-25,0	-7,0	14,3	9,5	-24,2	10,0	11,0	13,0	11,3	1,5	-21,1
	5	263	0,002	34,0	43,0	32,0	36,3	5,9	-31,3	14,0	13,0	26,0	17,7	7,2	-25,4
	6	263	0,003	15,0	14,0	21,0	16,7	3,8	-24,6	24,0	38,0	44,0	35,3	10,3	-31,2
	7	1050	0,001	76,0	58,0	56,0	63,3	11,0	-36,1	48,0	49,0	40,0	45,7	4,9	-33,2
	8	1050	0,002	88,0	99,0	81,0	89,3	9,1	-39,1	71,0	64,0	72,0	69,0	4,4	-36,8
	9	1050	0,003	42,0	38,0	33,0	37,7	4,5	-31,6	54,0	31,0	34,0	39,7	12,5	-32,2
Dairesellik (μm)	1	66	0,001	36,0	37,0	38,0	37,0	1,0	-31,4	39,0	15,0	27,0	27,0	12,0	-29,2
	2	66	0,002	20,0	14,0	10,0	14,7	5,0	-23,7	16,0	11,0	6,0	11,0	5,0	-21,4
	3	66	0,003	51,0	5,0	4,0	20,0	26,9	-29,4	43,0	8,0	32,0	27,7	17,9	-29,9
	4	263	0,001	16,0	17,0	78,0	37,0	35,5	-33,4	10,0	47,0	46,0	34,3	21,1	-31,7
	5	263	0,002	6,0	3,0	3,0	4,0	1,7	-12,6	6,0	3,0	4,0	4,3	1,5	-13,1
	6	263	0,003	19,0	14,0	17,0	16,7	2,5	-24,5	8,0	6,0	4,0	6,0	2,0	-15,9
	7	1050	0,001	34,0	17,0	7,0	19,3	13,7	-27,0	21,0	35,0	4,0	20,0	15,5	-27,5
	8	1050	0,002	2,0	6,0	11,0	6,3	4,5	-17,3	2,0	16,0	4,0	7,3	7,6	-19,6
	9	1050	0,003	38,0	2,0	2,0	14,0	20,8	-26,8	3,0	1,0	3,0	2,3	1,2	-8,0
Silindiriklik (μm)	1	66	0,001	5,0	5,0	6,0	5,3	0,6	-14,6	4,0	5,0	7,0	5,3	1,5	-14,8
	2	66	0,002	6,0	12,0	9,0	9,0	3,0	-19,4	7,0	11,0	8,0	8,7	2,1	-18,9
	3	66	0,003	5,0	8,0	5,0	6,0	1,7	-15,8	44,0	10,0	27,0	27,0	17,0	-29,6
	4	263	0,001	18,0	3,0	2,0	7,7	9,0	-20,5	3,0	12,0	3,0	6,0	5,2	-17,3
	5	263	0,002	4,0	5,0	13,0	7,3	4,9	-18,5	4,0	4,0	3,0	3,7	0,6	-11,4
	6	263	0,003	19,0	7,0	16,0	14,0	6,2	-23,5	6,0	21,0	6,0	11,0	8,7	-22,3
	7	1050	0,001	7,0	9,0	7,0	7,7	1,2	-17,8	6,0	21,0	6,0	11,0	8,7	-22,3
	8	1050	0,002	2,0	4,0	7,0	4,3	2,5	-13,6	6,0	4,0	7,0	5,7	1,5	-15,3
	9	1050	0,003	12,0	6,0	3,0	7,0	4,6	-18,0	10,0	4,0	6,0	6,7	3,1	-17,0
Yüzey Pürüzlülüğü (mm)	1	66	0,001	0,5	0,3	0,5	0,4	0,1	7,1	0,6	0,6	0,5	0,5	0,1	5,3
	2	66	0,002	0,8	0,8	0,8	0,8	0,0	2,2	1,0	1,0	1,1	1,1	0,1	-0,5
	3	66	0,003	1,1	1,2	1,1	1,1	0,1	-1,0	0,7	0,8	0,8	0,8	0,1	2,3
	4	263	0,001	0,3	0,4	0,4	0,3	0,1	9,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,0	10,0
	5	263	0,002	0,6	0,7	0,8	0,7	0,1	2,9	0,9	0,6	0,6	0,7	0,2	3,0
	6	263	0,003	1,0	1,2	1,0	1,0	0,1	-0,3	0,9	1,0	0,9	0,9	0,1	1,0
	7	1050	0,001	2,0	0,6	0,6	1,1	0,8	-1,9	0,8	0,6	0,5	0,6	0,2	3,9
	8	1050	0,002	0,8	0,8	0,8	0,8	0,0	1,9	0,6	0,6	0,8	0,7	0,1	3,4
	9	1050	0,003	1,0	1,1	1,0	1,0	0,0	-0,3	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	-0,2

Pareto ANOVA Yöntemi

5.4 numaralı bölümde bahsi geçen ve en uygun kesme parametrelerini bulmak için kullanılan sinyal/gürültü cevap tablosu ilgili kalite karakteristiği için en uygun kesme kombinasyonunu vermekle birlikte kesme faktörlerinin kalite karakteristiklerine olan etki düzeylerini göstermemektedir. Baralama operasyonunda her bir delik kalite karakteristiği için kontrol faktörlerinin hangi düzeyde etki ettiğini belirlemek ve değerlendirmek için alternatif bir optimizasyon yöntemi olan “Pareto ANOVA” yöntemi kullanılmıştır.

Pareto ANOVA yöntemi, her bir kontrol parametresinin ilgili kalite karakteristiği üzerine olan etkisini basit bir yolla vermektedir [50, 52]. Bu metod ANOVA tablosu ve F-testleri gerektirmemektedir [53].

Yöntemin ilk aşamasında, seviye farklarının kareleri alınarak hesaplanmış, daha sonra bu değerler toplanmıştır (Eşitlik 6.1). Her bir parametrenin etkileşiminin kareleri ortaya çıkan bu kümülatif toplama bölünerek katkı oranı bulunmuştur. Bu oranlar her bir kalite karakteristiği için en iyi kombinasyon sonucunu da ortaya çıkarmıştır. Pareto ANOVA hesaplamalarının açılımını göstermek amacıyla Çizelge 6.3 oluşturulmuştur. Çizelge 6.3’de verilen “A, B, C, D” harfleri inceleme parametrelerini sembolize etmektedir.

$$S_a = (A_1 - A_2)^2 + (A_1 - A_3)^2 + (A_2 - A_3)^2 \quad (6.1)$$

Çizelge 6.3. Pareto ANOVA şekilsel gösterim

Pareto ANOVA Tablosu				
Seviye	A	B	C	D
1	A_1	B_1	C_1	D_1
2	A_2	B_2	C_2	D_2
3	A_3	B_3	C_3	D_3
Faktör Seviyelerinin Toplamı, T	$T=A_1 + A_2 + A_3$	$T=B_1 + B_2 + B_3$	$T=C_1 + C_2 + C_3$	$T=D_1 + D_2 + D_3$
Kareler Farkının Toplamı, S_A	$S_A=(A_1-A_2)^2 + (A_1-A_3)^2 + (A_2-A_3)^2$	$S_B=(B_1-B_2)^2 + (B_1-B_3)^2 + (B_2-B_3)^2$	$S_C=(C_1-C_2)^2 + (C_1-C_3)^2 + (C_2-C_3)^2$	$S_D=(D_1-D_2)^2 + (D_1-D_3)^2 + (D_2-D_3)^2$
Toplam Kareler Farkı, S_T	$S_T = S_A + S_B + S_C + S_D$			
Katkı Oranı (%), KO	$(S_A/S_T) \times 100$	$(S_B/S_T) \times 100$	$(S_C/S_T) \times 100$	$(S_D/S_T) \times 100$

Çizelge 6.1 ve 6.2’de elde edilen S/N sonuçları kullanılarak S/N cevap tablosu ve Pareto ANOVA cevap tablosu oluşturulmuştur. Tablodaki değerler L_9 orthogonal düzene göre ilgili kombinasyona denk gelecek şekilde yerleştirilmiştir. En büyük S/N değeri ile en küçük S/N değeri arasındaki fark hesaplanmış ve her bir kalite karakteristiğine olan etki düzeyleri sıralanmıştır.

Çizelge 6.4. S/N cevap tablosu ve Pareto ANOVA için cevap tablosu

			Çaptan Sapma (dB)				Dairesellikten Sapma (dB)			
26G6-KURU	S/N Cevap Tablosu	Level	<i>N</i>	<i>f</i>	<i>N x f</i>	<i>N x f</i> ²	<i>N</i>	<i>f</i>	<i>N x f</i>	<i>N x f</i> ²
		1	-27,44	-23,65	-27,57	-28,01	-21,74	-27,81	-19,63	-24,18
		2	-29,88	-23,89	-20,17	-25,35	-20,75	-13,32	-25,01	-20,65
		3	-16,66	-26,43	-26,24	-20,62	-21,72	-23,08	-19,58	-19,39
		Fark	13,21	2,78	7,40	7,39	0,99	14,49	5,43	4,79
		Sıralama	1	4	2	3	4	1	2	3
	Pareto ANOVA Cevap Tablosu	1	-82,31	-70,96	-82,71	-84,03	-65,23	-83,44	-58,90	-72,54
		2	-89,64	-71,68	-60,52	-76,04	-62,26	-39,97	-75,02	-61,94
		3	-49,99	-79,29	-78,71	-61,87	-65,16	-69,24	-58,73	-58,18
		Fark	39,64	8,33	22,20	22,16	2,96	43,47	16,28	14,36
		Sıralama	1	4	2	3	4	1	2	3
26G6-SOĞUTMA S.	S/N Cevap Tablosu	1	-26,20	-24,29	-26,80	-28,34	-25,62	-27,97	-22,15	-18,43
		2	-28,11	-26,97	-21,69	-23,65	-23,30	-18,52	-20,97	-24,65
		3	-20,15	-23,20	-25,97	-22,47	-14,62	-17,05	-20,42	-20,46
		Fark	7,96	3,76	5,11	5,87	11,00	10,91	1,73	6,22
		Sıralama	1	4	3	2	1	2	4	3
	Pareto ANOVA Cevap Tablosu	1	-78,60	-72,87	-80,40	-85,02	-76,87	-83,90	-66,46	-55,30
		2	-84,33	-80,90	-65,06	-70,95	-69,89	-55,57	-62,90	-73,95
		3	-60,45	-69,61	-77,92	-67,40	-43,87	-51,16	-61,26	-61,38
		Fark	23,88	11,28	15,34	17,62	33,00	32,74	5,20	18,65
		Sıralama	1	4	3	2	1	2	4	3
KX-KURU	S/N Cevap Tablosu	1	-26,82	-29,13	-30,22	-29,96	-28,16	-30,59	-24,39	-23,59
		2	-26,70	-31,12	-26,27	-27,91	-23,50	-17,83	-27,98	-25,04
		3	-35,58	-28,85	-32,61	-31,23	-23,71	-26,93	-22,99	-26,73
		Fark	8,88	2,26	6,33	3,32	4,66	12,76	4,99	3,14
		Sıralama	1	4	2	3	3	1	2	4
	Pareto ANOVA Cevap Tablosu	1	-80,47	-87,38	-90,66	-89,87	-84,47	-91,78	-73,17	-70,77
		2	-80,10	-93,36	-78,82	-83,73	-70,50	-53,50	-83,95	-75,13
		3	-106,73	-86,56	-97,82	-93,70	-71,12	-80,80	-68,97	-80,19
		Fark	26,63	6,79	19,00	9,97	13,97	38,28	14,97	9,42
		Sıralama	1	4	2	3	3	1	2	4
KX-SOĞUTMA S.	S/N Cevap Tablosu	1	-22,91	-25,65	-30,19	-26,75	-26,82	-29,45	-21,56	-16,75
		2	-25,91	-25,82	-22,89	-26,57	-20,21	-18,04	-20,36	-21,58
		3	-34,09	-31,44	-29,83	-29,60	-18,38	-17,93	-23,49	-27,08
		Delta	11,17	5,79	7,31	3,03	8,44	11,51	3,13	10,32
		Sıralama	1	3	2	4	3	1	4	2
	Pareto ANOVA Cevap Tablosu	1	-68,74	-76,96	-90,58	-80,24	-80,46	-88,34	-64,68	-50,26
		2	-77,74	-77,46	-68,66	-79,70	-60,64	-54,11	-61,09	-64,75
		3	-102,26	-94,32	-89,50	-88,80	-55,14	-53,80	-70,48	-81,23
		Fark	33,52	17,36	21,92	9,10	25,32	34,54	9,38	30,97
		Sıralama	1	3	2	4	3	1	4	2

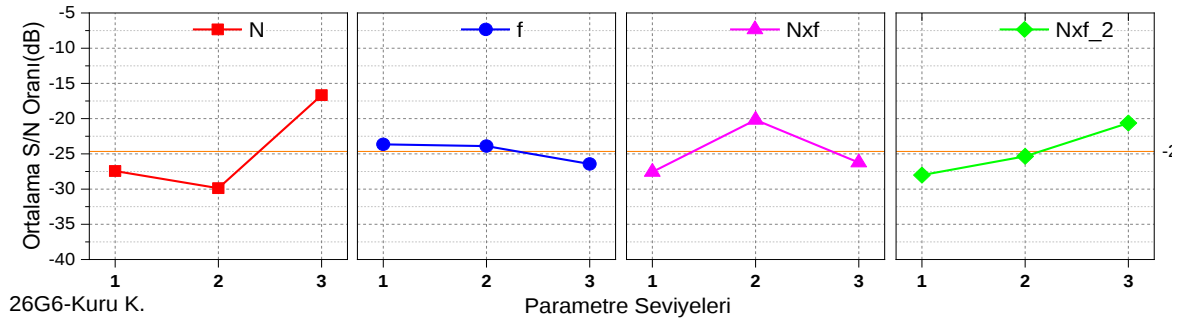
Çizelge 6.4. (devam) S/N cevap tablosu ve Pareto ANOVA için cevap tablosu

			Silindiriklikten Sapma (dB)				Yüzey Pürüzlülüğü (dB)			
		Level	<i>N</i>	<i>f</i>	<i>N x f</i>	<i>N x f</i> ²	<i>N</i>	<i>f</i>	<i>N x f</i>	<i>N x f</i> ²
26G6-KURU	S/N Cevap Tablosu	1	-19,12	-16,81	-16,23	-19,40	2,56	4,84	1,21	2,02
		2	-19,22	-18,44	-16,40	-16,36	1,59	2,96	1,82	2,09
		3	-13,88	-16,96	-19,58	-16,45	2,35	-1,28	3,48	2,41
		Fark	5,34	1,64	3,35	3,04	0,97	6,12	2,28	0,39
		Sıralama	1	4	2	3	3	1	2	4
	Pareto ANOVA Cevap Tablosu	1	-57,35	-50,42	-48,70	-58,20	7,69	14,51	3,62	6,05
		2	-57,66	-55,33	-49,19	-49,09	4,78	8,88	5,47	6,28
		3	-41,63	-50,88	-58,75	-49,34	7,06	-3,85	10,45	7,22
		Fark	16,03	4,91	10,06	9,11	2,91	18,36	6,83	1,17
		Sıralama	1	4	2	3	3	1	2	4
26G6-SOĞUTMA S.	S/N Cevap Tablosu	1	-17,57	-17,05	-19,82	-16,37	3,94	6,47	2,74	3,20
		2	-17,69	-13,19	-13,02	-16,82	3,76	3,45	2,96	3,54
		3	-12,40	-17,43	-14,82	-14,47	1,35	-0,86	3,36	2,33
		Fark	5,29	4,23	6,79	2,34	2,59	7,32	0,62	1,21
		Sıralama	2	3	1	4	2	1	4	3
	Pareto ANOVA Cevap Tablosu	1	-52,70	-51,14	-59,45	-49,12	11,83	19,40	8,22	9,59
		2	-53,08	-39,58	-39,07	-50,45	11,29	10,36	8,88	10,61
		3	-37,21	-52,28	-44,47	-43,42	4,05	-2,58	10,07	6,99
		Fark	15,88	12,70	20,37	7,03	7,78	21,97	1,85	3,62
		Sıralama	2	3	1	4	2	1	4	3
KX-KURU	S/N Cevap Tablosu	1	-16,59	-17,61	-17,22	-17,01	2,79	4,83	2,88	3,22
		2	-20,81	-17,15	-19,30	-20,21	3,93	2,33	3,74	0,01
		3	-16,46	-19,08	-17,34	-16,64	-0,09	-0,53	0,01	3,40
		Fark	4,35	1,93	2,08	3,57	4,02	5,36	3,73	3,39
		Sıralama	1	4	3	2	2	1	3	4
	Pareto ANOVA Cevap Tablosu	1	-49,77	-52,84	-51,65	-51,02	8,36	14,49	8,65	9,67
		2	-62,42	-51,46	-57,89	-60,62	11,79	7,00	11,21	0,02
		3	-49,37	-57,25	-52,01	-49,92	-0,26	-1,60	0,03	10,20
		Fark	13,05	5,79	6,24	10,70	12,05	16,09	11,18	10,18
		Sıralama	1	4	3	2	2	1	3	4
KX-SOĞUTMA S.	S/N Cevap Tablosu	1	-21,11	-18,14	-17,46	-14,39	7,12	19,15	9,73	8,18
		2	-17,00	-15,18	-17,76	-21,19	13,98	5,95	9,29	4,38
		3	-18,22	-23,01	-21,11	-20,75	7,11	3,12	9,20	15,65
		Fark	4,11	7,82	3,65	6,80	6,87	16,04	0,52	11,28
		Sıralama	3	1	4	2	3	1	4	2
	Pareto ANOVA Cevap Tablosu	1	-63,34	-54,43	-52,37	-43,18	7,12	19,15	9,73	8,18
		2	-51,01	-45,55	-53,29	-63,58	13,98	5,95	9,29	4,38
		3	-54,65	-69,02	-63,33	-62,24	7,11	3,12	9,20	15,65
		Fark	12,33	23,47	10,96	20,41	6,87	16,04	0,52	11,28
		Sıralama	3	1	4	2	3	1	4	2

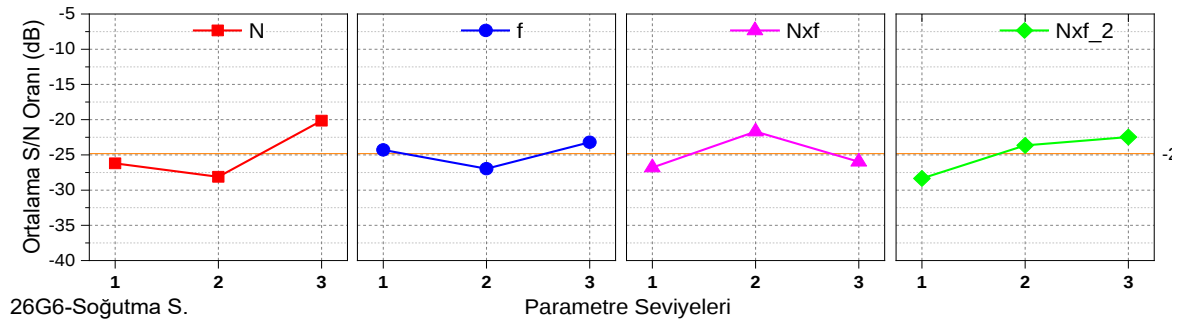
6.1. Çaptan Sapma Üzerine Etkilerin Değerlendirilmesi

Çizelge 6.4'deki S/N değerleri dikkate alınarak oluşturulmuş olan Şekil 6.1 ve 6.2 sırası ile CCGT 060202 26G6 ve CCGT 060202F-AL KX numaralı kesici takımların kuru ve soğutma sıvısı kullanılmış şartlar altında çaptan sapmaya ait S/N değerlerindeki değişimi grafiksel olarak sunmaktadır. Bütün şartlar için en yüksek seviyede etkiye devir sayısının (N) sahip olduğu, ilerleme oranının (f) ise çaptan sapmaya çok düşük düzeyde etki ettiği saptanmıştır. Bu iki parametrenin etkileşiminin çaptan sapmaya dikkate alınacak seviyede etki ettiği görülmektedir.

Her iki kesici takımında da soğutma sıvısının çaptan sapma kalite karakteristiğine ciddi bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Devir sayısının (N) yükselmesiyle birlikte CCGT 060202 26G6 numaralı kesici takım ile çaptan sapma değeri düşerken CCGT 060202F-AL KX numaralı kesici takımında ise bu kalite karakteristiğinin sapması artmaktadır. Bu durum kaplamalı kesici takımın sahip olduğu düşük sürtünme katsayısıyla talaşı ve yüksek devir sayısında (N) meydana gelen ısıyı uzaklaştırmasına atfedilmektedir. Kaplamalı kesici takım yüksek devir sayısında (N) çalışmaya olanak sağlamaktadır. Kesici takım kaplamasının çaptan sapma değerini düşürmesi literatürle paralellik göstermektedir [53].

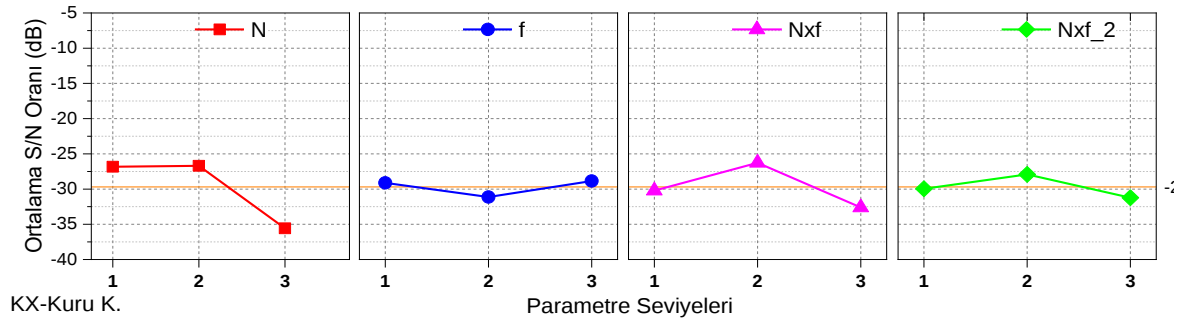


(a)

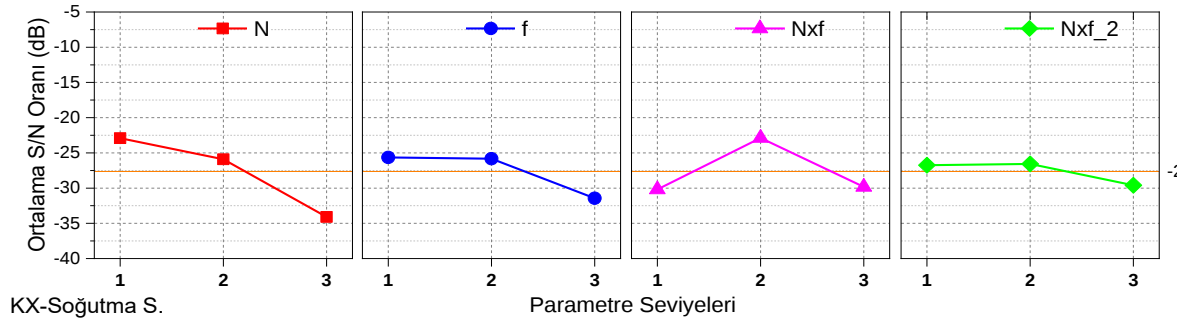


(b)

Şekil 6.1. CCGT 060202 26G6 numaralı kesici takımın çaptan sapma S/N cevap tabloları; (a) kuru kesme şartı, (b) soğutma sıvılı kesme şartı.



(a)



(b)

Şekil 6.2. CCGT 060202F-AL KX numaralı kesici takımın çaptan sapma S/N cevap tabloları; (a) kuru kesme şartı, (b) soğutma sıvılı kesme şartı.

Çizelge 6.5 ve 6.6, Çizelge 6.4’de çaptan sapma için hesaplanmış olan Pareto ANOVA değerleri kullanılarak oluşturulmuştur. Bu çizelgelerdeki Pareto ANOVA tabloları Çizelge 6.3’deki kurgu referans alınarak oluşturulmuştur. S/N cevap tablosunda elde edilen etki sırası ile aynı sıralama elde edilmiştir. Pareto ANOVA tabloları, S/N cevap tablosundan farklı olarak devir sayısı (N), ilerleme oranı (f) ve etkileşimlerinin çaptan sapmaya olan etki düzeylerini yüzdelik olarak sunmaktadır.

Çizelge 6.5. CCGT 060202 26G6 numaralı kesici takımın çaptan sapma sonuçları için Pareto ANOVA tablosu

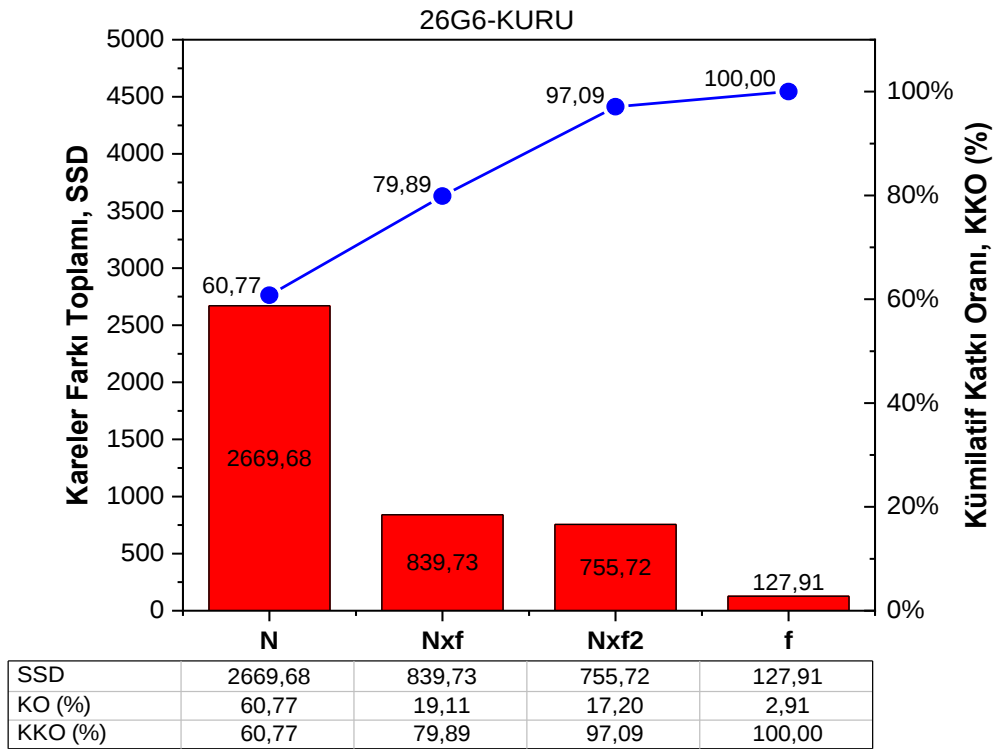
Level	26G6-Kuru				26G6-Yaş			
	<i>N</i>	<i>f</i>	<i>N x f</i>	<i>N x f²</i>	<i>N</i>	<i>f</i>	<i>N x f</i>	<i>N x f²</i>
1	-82,31	-70,96	-82,71	-84,03	-78,60	-72,87	-80,40	-85,02
2	-89,64	-71,68	-60,52	-76,04	-84,33	-80,90	-65,06	-70,95
3	-49,99	-79,29	-78,71	-61,87	-60,45	-69,61	-77,92	-67,40
Faktör seviyelerinin toplamı	-221,94	-221,94	-221,94	-221,94	-223,38	-223,38	-223,38	-223,38
Kareler farkının toplamı, SSD	2669,68	127,91	839,73	755,72	932,53	202,38	406,79	520,88
Toplam kareler farkı	4393,04				2062,58			
Katkı Oranı (%), KO	60,77	2,91	19,11	17,20	45,21	9,81	19,72	25,25
	<i>N</i>	<i>f</i>	<i>N x f</i>	<i>N x f²</i>	<i>N</i>	<i>f</i>	<i>N x f</i>	<i>N x f²</i>
Kümülatif Katkı Oran (%), KKO	60,77	79,89	97,09	100,00	45,21	70,47	90,19	100,00
	<i>N</i>	<i>N x B</i>	<i>N x f²</i>	<i>f</i>	<i>N</i>	<i>N x f²</i>	<i>N x f</i>	<i>f</i>

Çizelge 6.6. CCGT 060202F-AL KX numaralı kesici takımın çaptan sapma sonuçları için Pareto ANOVA tablosu

Level	KX-Kuru				KX-Yaş			
	<i>N</i>	<i>f</i>	<i>N x f</i>	<i>N x f²</i>	<i>N</i>	<i>f</i>	<i>N x f</i>	<i>N x f²</i>
1	-80,47	-87,38	-90,66	-89,87	-68,74	-76,96	-90,58	-80,24
2	-80,10	-93,36	-78,82	-83,73	-77,74	-77,46	-68,66	-79,70
3	-106,73	-86,56	-97,82	-93,70	-102,26	-94,32	-89,50	-88,80
Faktör seviyelerinin toplamı	-267,29	-267,29	-267,29	-267,29	-248,74	-248,74	-248,74	-248,74
Kareler farkının toplamı, SSD	1399,25	82,59	552,41	151,79	1806,12	585,85	916,24	156,34
Toplam kareler farkı	2186,03				3464,55			
Katkı Oranı (%), KO	64,01	3,78	25,27	6,94	52,13	16,91	26,45	4,51
	<i>N</i>	<i>f</i>	<i>N x f</i>	<i>N x f²</i>	<i>N</i>	<i>f</i>	<i>N x f</i>	<i>N x f²</i>
Kümülatif Katkı Oran (%), KKO	64,01	67,79	74,73	100,00	52,13	78,58	95,49	100,00
	<i>N</i>	<i>f</i>	<i>N x f²</i>	<i>N x f</i>	<i>N</i>	<i>N x f</i>	<i>f</i>	<i>N x f²</i>

Şekil 6.3 CCGT 060202 26G6 kodlu kesici takım ile kuru işleme şartı altında işlemede çaptan sapma kalite karakteristiği için Pareto ANOVA sonuçlarının grafiksel gösterimini sunmaktadır. CCGT 060202 26G6 kodlu kesici takım ile kuru kesme şartları altında yapılan

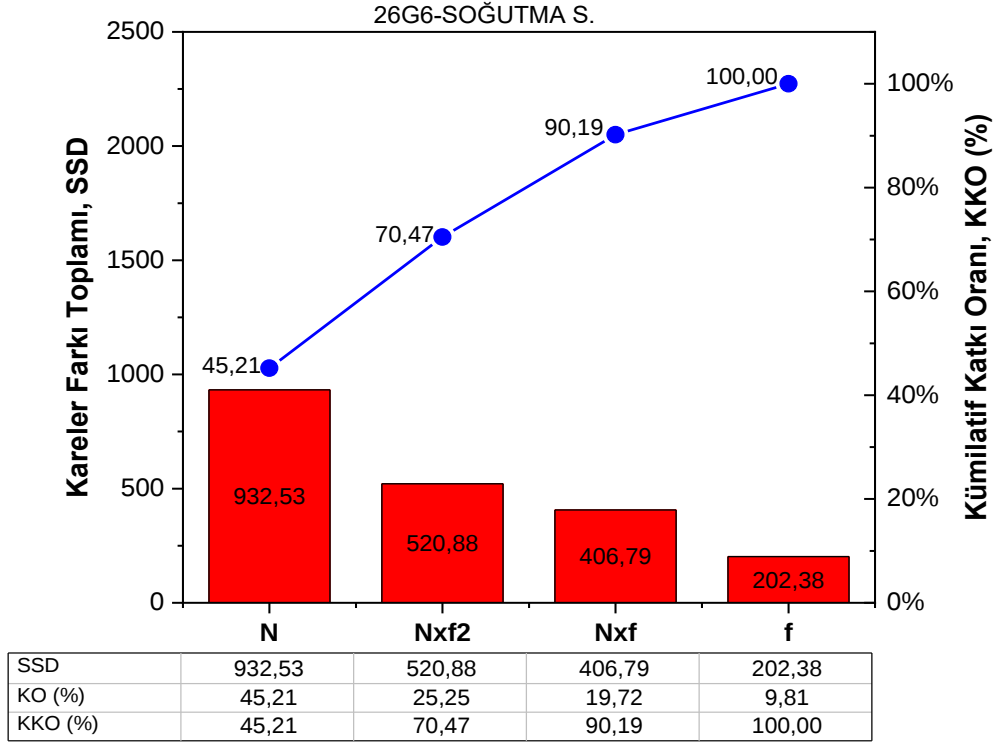
deneyde $\hat{c}$ aptan sapma kalite karakteristiği için %60,77 ile devir sayısı (N) en etkili parametre olarak çıkarken %2,91 ile ilerleme oranının (f) faktörünün çok düşük seviyede etki ettiği gözlemlenmiştir. %19,11 ile bu iki parametrenin etkileşiminin ise önemli bir etken olduğu sonucuna varılmıştır. Bu da iki parametrenin etkileşimin kuru şartlarda dikkate alınması gerektiğini ve kuru şartlarda devir ilerleme kombinasyonun önemini ortaya koymaktadır.



şekil 6.3. CCGT 060202 26G6 kodlu kesici takımın kuru kesme şartı altındaki $\hat{c}$ aptan sapma Pareto ANOVA grafiği

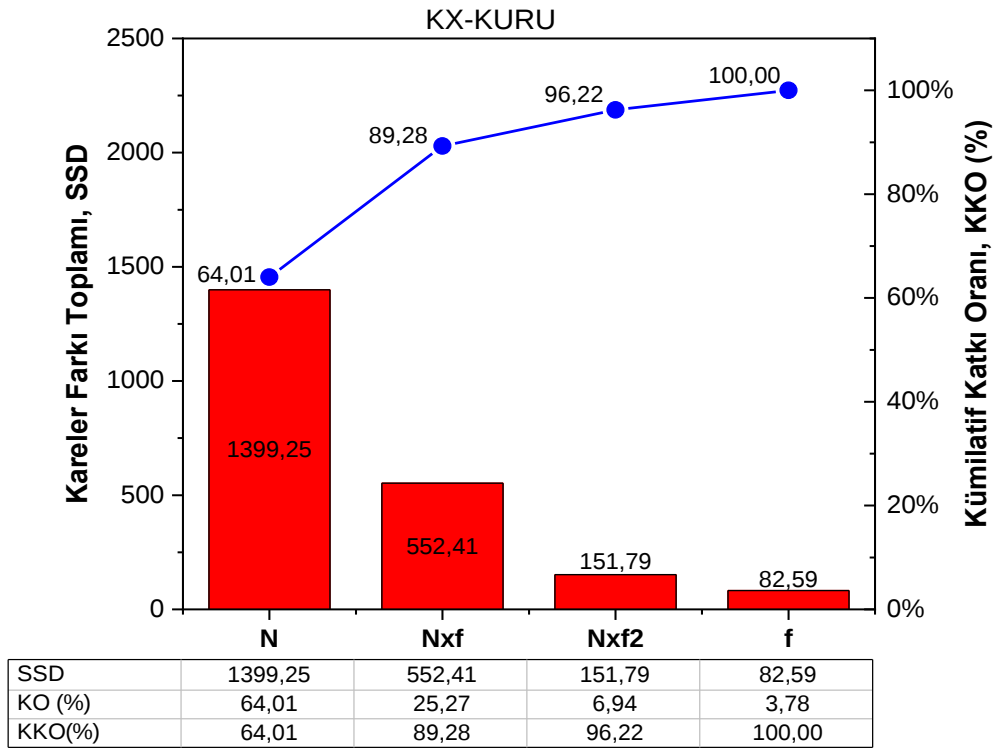
şekil 6.4 CCGT 060202 26G6 kodlu kesici takım ile soğutma sıvılı işleme şartı altında işlemede $\hat{c}$ aptan sapma kalite karakteristiği için Pareto ANOVA sonuçlarının grafiksel gösterimini sunmaktadır. CCGT 060202 26G6 kodlu kesici takımla soğutma sıvısı ile yapılan deneyde $\hat{c}$ aptan sapma kalite karakteristiği için %45,21 ile devir sayısı (N) en etkili parametre olarak çıkarken, %9,81 ile ilerleme oranı (f) faktörünün çok düşük seviyede etki ettiği gözlemlenmiştir. %25,25 ile bu iki parametrenin etkileşiminin ise önemli bir etken olduğu sonucuna varılmıştır. Etkileşimlerin etkisi burada da yüksektir, hem kuru hem de

ıslak şartlar bu kesici takımın devir-ilerleme oranı arasında sağlanacak iyi bir uyumu ile çaptan sapma özelliğinin kontrol edilebileceği söylenebilir.



Şekil 6.4. CCGT 060202 26G6 kodlu kesici takımın soğutma sıvılı kesme şartı altındaki çaptan sapma Pareto ANOVA grafiği

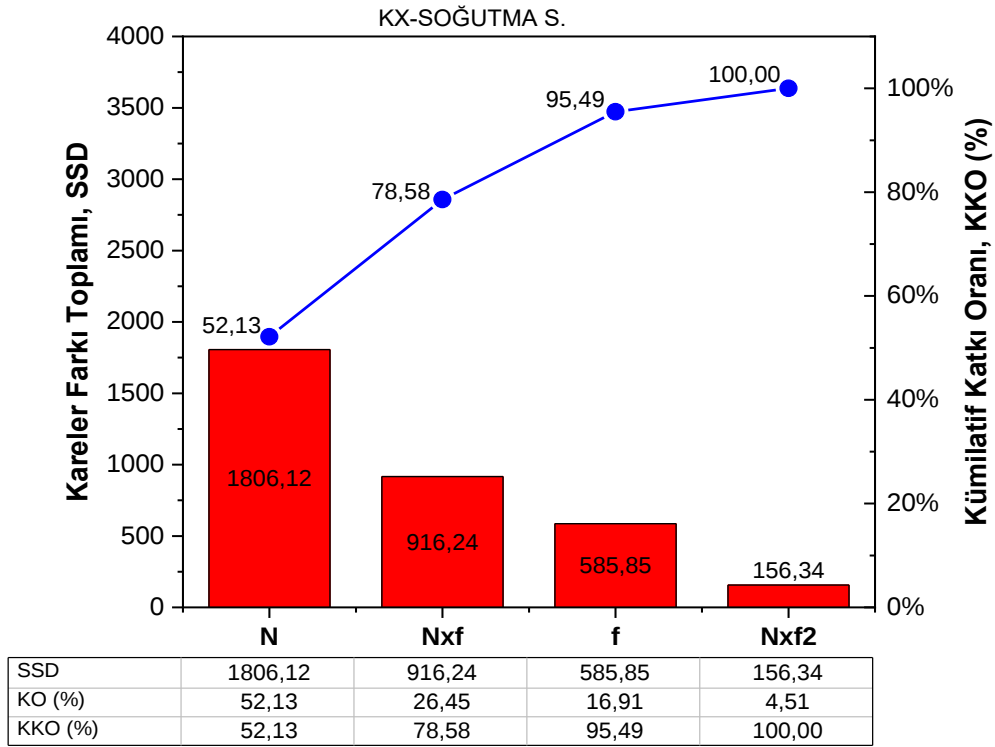
Şekil 6.5 CCGT 060202F-AL KX kodlu kesici takım ile kuru işleme şartı altında işlemede çaptan sapma kalite karakteristiği için Pareto ANOVA sonuçlarının grafiksel gösterimini sunmaktadır. CCGT 060202F-AL KX kodlu kesici takım ile kuru kesme şartları altında yapılan deneyde çaptan sapma kalite karakteristiği için %64,01 ile devir sayısı (N) en etkili parametre olarak çıkarken, %3,78 ile ilerleme oranı (f) faktörünün çok düşük seviyede etki ettiği gözlemlenmiştir. %25,27 ile bu iki parametrenin etkileşiminin ise önemli bir etken olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 6.5. CCGT 060202F-AL KX kodlu kesici takımın kuru kesme şartı altındaki çaptan sapma Pareto ANOVA grafiği

Şekil 6.6 CCGT 060202F-AL KX kodlu kesici takım ile soğutma sıvılı işleme şartı altında işlemede çaptan sapma kalite karakteristiği için Pareto ANOVA sonuçlarının grafiksel gösterimini sunmaktadır. CCGT 060202F-AL KX kodlu kesici takımla soğutma sıvısı ile yapılan deneyde çaptan sapma kalite karakteristiği için %52,13 ile devir sayısı (N) en etkili parametre olarak çıkarken, %16,91 ile ilerleme oranı (f) faktörünün diğer deney kurgularından farklı olarak daha yüksek seviyede etki ettiği gözlemlenmiştir. %26,45 ile bu iki parametrenin etkileşiminin ise önemli bir etken olduğu sonucuna varılmıştır.

CCGT 060202F-AL KX kodlu kesici takım ile çaptan sapma özelliği için elde edilen Pareto ANOVA sonuçları, kuru şartlar altında bu kesici takımın kullanılmasında devir-ilerleme oranı kombinasyonunun çok iyi seçilmesi gerektiğini ve ilerleme oranının etkisinin çok belirgin olmayacağını, ancak ıslak şartlarda kuru şart ile benzer durum söz konusu olmakla birlikte ıslak işlemede ilerleme oranının etkisinin bir miktar arttığı söylenebilir.



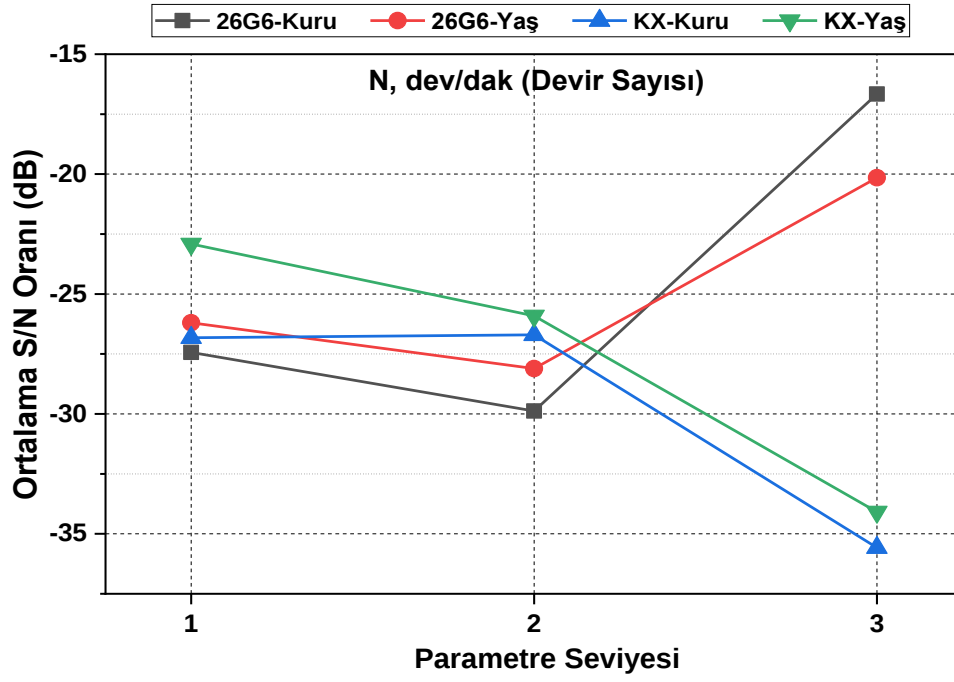
Şekil 6.6. CCGT 060202F-AL KX kodlu kesici takımın soğutma sıvılı kesme şartı altındaki çaptan sapma Pareto ANOVA grafiği

Şekil 6.7 ve 6.8 çap değişimi üzerine, sırasıyla, devir sayısı (N) ve ilerleme oranı (f) etkilerinin kontrol edilemeyen şartlar altındaki değişimi göstermektedir. Bu iki şekil incelendiğinde çap değişimi için aşağıdaki sonuçlar söylenebilir;

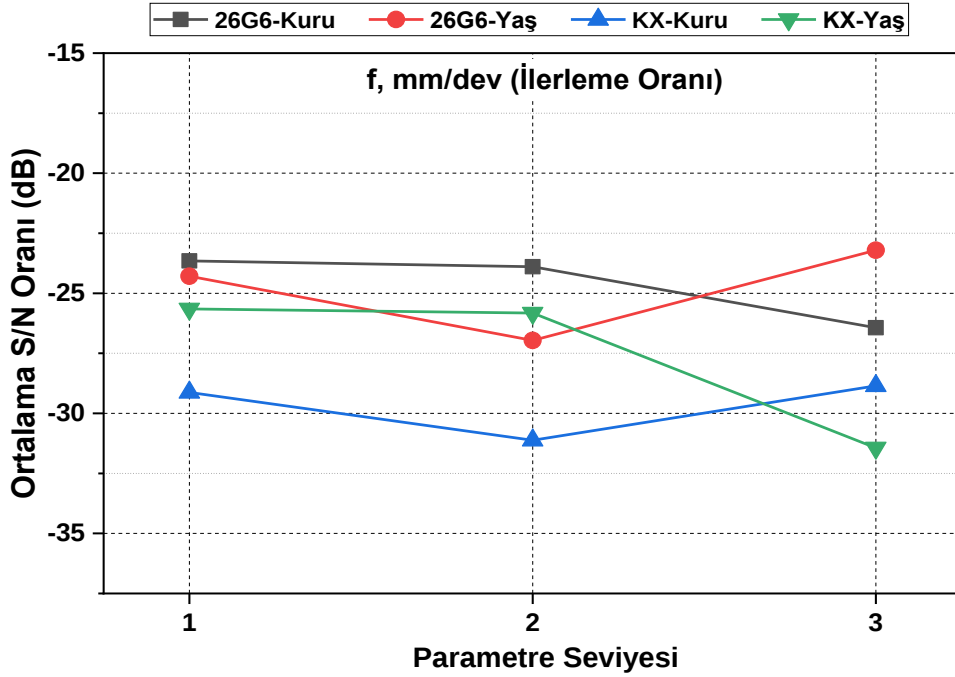
-Devir sayısındaki (N) artış (Ti,Al)N + TiN kaplamaya sahip CCGT060202, 26G6 kodlu takımında çaptan sapmayı düşürürken, kaplamasız CCGT 060202F-AL KX kesici takımında çaptan sapmayı arttırmaktadır. Buna kesici takım kaplamasının sahip olduğu düşük sürtünme katsayısının sebep olduğu düşünülmektedir. Kesici takım kaplaması bu özelliğiyle yüksek devir sayılarında (N) çalışmaya olanak sağlayabilir.

-İlerleme oranının (f) çaptan sapmaya kararlı ve ciddi seviyede bir etkisinin olmadığı görülmektedir.

-Çaptan sapma kalite karakteristiğine devir sayısı (N) ve kesici takım kaplamasının üst düzeyde etki ettiği, ilerleme oranı (f) ve soğutma şartının ise bu parametrelere göre daha düşük seviyede etki ettiği söylenebilir.



Şekil 6.7. Devir Sayısı (N) parametresinin çaptan sapmaya bütünleşik etkisi



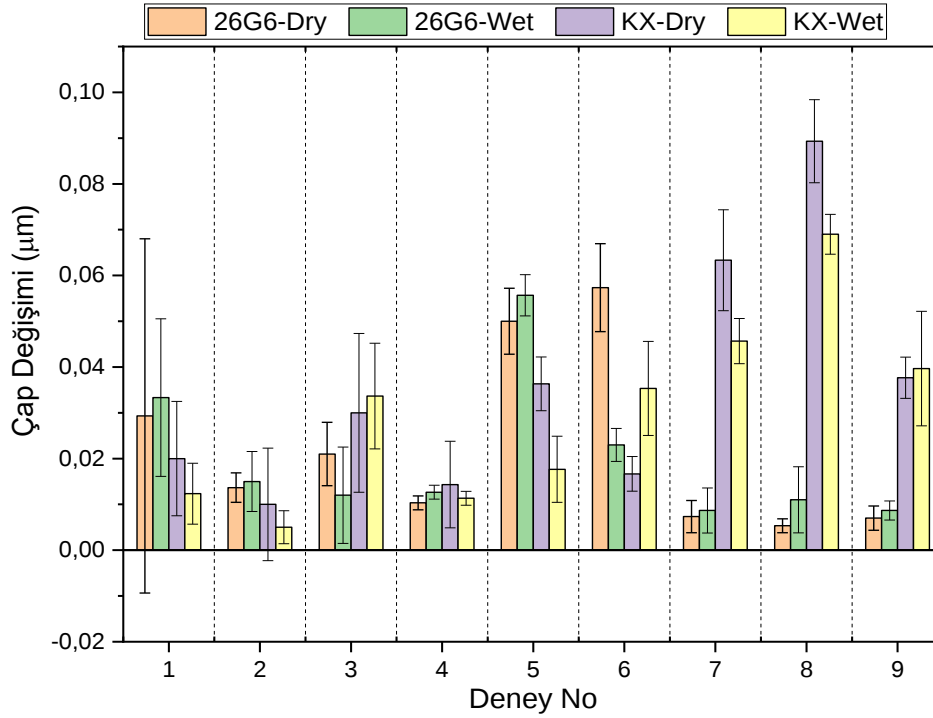
Şekil 6.8. İlerleme Oranı (f) parametresinin çaptan sapmaya bütünleşik etkisi

Şekil 6.9 Ortalama çaptan sapma sonuçlarını grafiksel olarak göstermektedir. Şekil 6.9, yukarıda elde edilen sonuçlar ile beraber incelendiğinde çaptan sapma özelliği için aşağıdakiler söylenebilir;

-Çaptan sapma için en uygun parametre kombinasyonu CCGT060202, 26G6 kodlu takım, kuru kesme şartları altında, yüksek devir sayısı (1050 dev/dak) ve ortalama ilerleme oranı değeriyle (0,002 inch/dev) elde edilmiştir.

-En büyük çaptan sapma ise CCGT 060202F-AL KX kodlu takım, kuru kesme şartları altında, yüksek devir sayısı (1050 dev/dak) ve ortalama ilerleme oranı değeriyle (0,002 inch/dev) elde edilmiştir.

-Çaptan sapma kalite karakteristiği için en uygun sonuçların kaplamalı takım, alınmasının nedeni, kaplamanın sürtünme kuvvetini düşürmesi ve kesme işleminin daha dengeli kuvvetler altında gerçekleşmesindendir [29, 37].

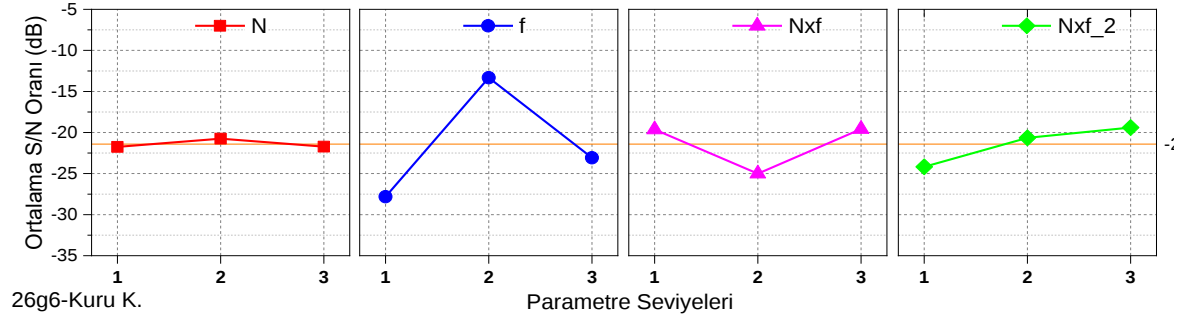


Şekil 6.9. Çaptan sapma için sonuçların grafiksel olarak gösterilmesi

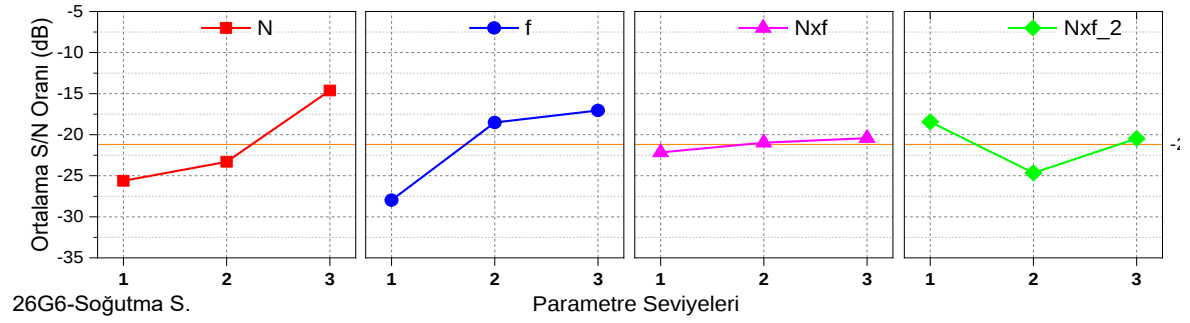
6.2. Dairesellikten Sapma (Ovalite) Üzerine Etkilerin Değerlendirilmesi

Çizelge 6.4'deki S/N değerleri kullanılarak Şekil 6.10 ve 6.11 oluşturulmuştur. Şekil 6.10 ve 6.11'de sırası ile CCGT 060202 26G6 ve CCGT 060202F-AL KX numaralı kesici takımların farklı işleme şartları altındaki dairesellikten sapma değerlerine ait S/N cevap grafikleri sunulmaktadır. Kontrol parametreleri olan devir sayısı (N) ve ilerleme oranının (f) ve bu iki parametrenin birbirlerine olan etkileşimleri incelendiğinde bütün şartlar için en yüksek seviyede etkiye ilerleme oranının (f) sahip olduğu, devir sayısının (N) ise dairesellikten saptmaya genel olarak daha düşük düzeyde etkidiği saptanmıştır. Bu iki parametrenin etkileşiminin de dairesellikten saptmaya dikkate alınacak seviyede etki ettiği görülmektedir. Grafikler incelendiğinde soğutma sıvısı kullanımının yüksek devir sayısı (N) ve yüksek ilerleme oranı (f) ile çalışmaya olanak sağladığı görülmektedir. Soğutma sıvısı kullanımının CCGT 060202 26G6 numaralı kesici takım ile düşük ve orta seviye devir sayısı kullanım şartları hariç diğer şartlarda dairesellikten sapma miktarını düşürdüğü söylenebilir. Bu durum, soğutma sıvısı kullanımının işleme neticesinde oluşan talaşı ve ısıyı uzaklaştırarak talaş kaldırmayı iyileştirmesine atfedilebilir [11]. Kesici takım kaplaması ise devir sayısı (N) ve ilerleme oranının (f) dairesellikten sapma üzerindeki eğilimini

değiştirmemekle beraber bu sapmanın miktarını genel olarak düşürmektedir ve bu durum literatürde vurgulanmıştır [29].

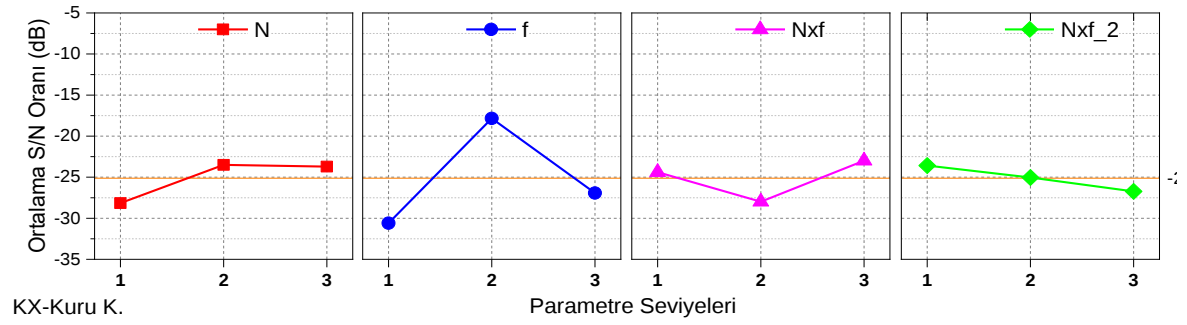


(a)

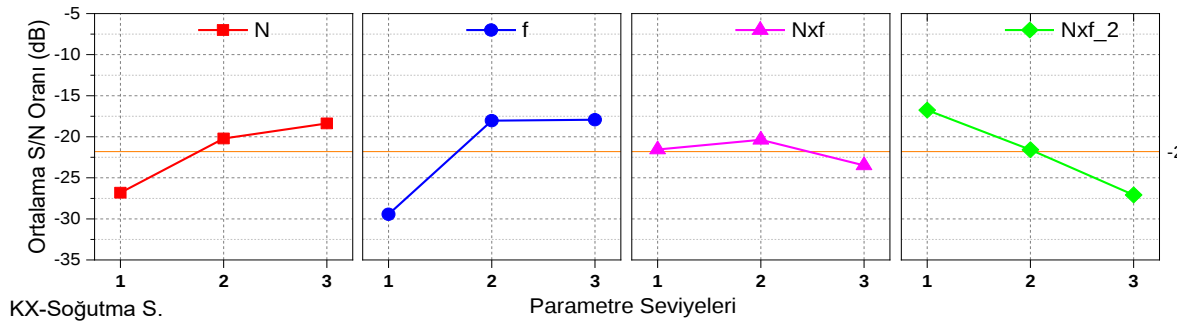


(b)

Şekil 6.10. CCGT 060202 26G6 numaralı kesici takımın dairesellikten sapma S/N cevap tabloları; (a) kuru kesme şartı, (b) soğutma sıvılı kesme şartı.



(a)



(b)

Şekil 6.11. CCGT 060202F-AL KX numaralı kesici takımın dairesellikten sapma S/N cevap tabloları; (a) kuru kesme şartı, (b) soğutma sıvılı kesme şartı.

Çizelge 6.7 ve 6.8, Çizelge 6.4’de dairesellikten sapma için hesaplanmış olan Pareto ANOVA değerleri kullanılarak oluşturulmuştur. Bu çizelgelerdeki Pareto ANOVA tabloları Çizelge 6.3’deki kurgu referans alınarak oluşturulmuştur. S/N cevap tablosunda elde edilen etki sırası ile aynı sıralama elde edilmiştir. Pareto ANOVA tabloları, S/N cevap tablosundan farklı olarak devir sayısı (N), ilerleme oranı (f) ve etkileşimlerinin dairesellikten sapmaya olan etki düzeylerini yüzdelik olarak sunmaktadır.

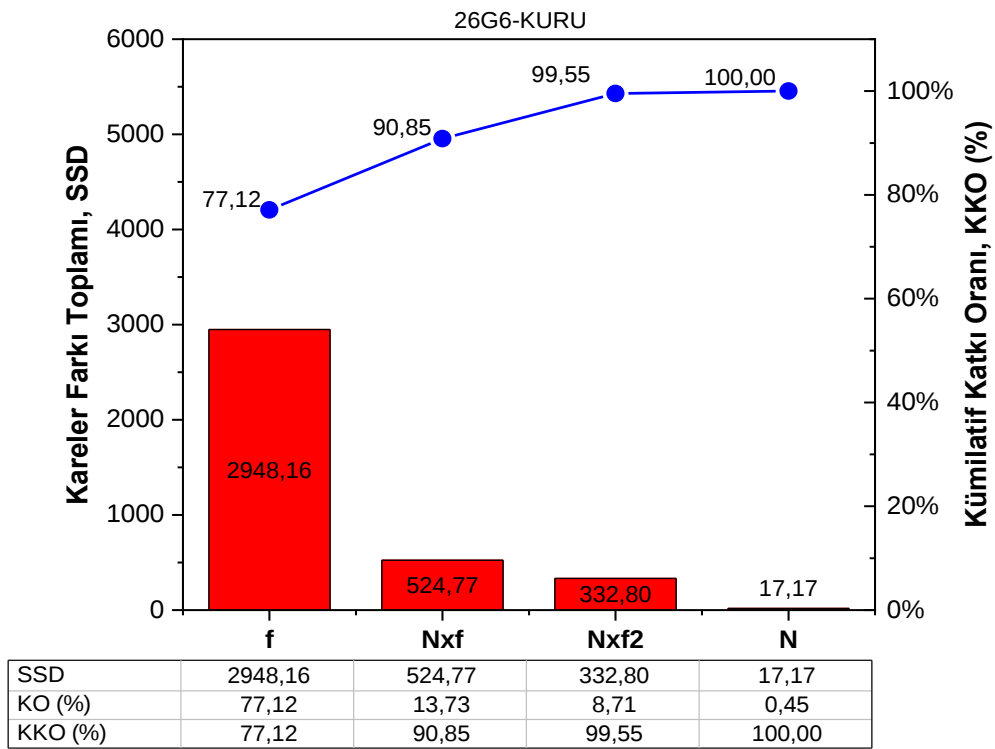
Çizelge 6.7. CCGT 060202 26G6 numaralı kesici takımın dairesellikten sapma sonuçları için Pareto ANOVA tablosu

Level	26G6-Kuru				26G6-Yaş			
	<i>N</i>	<i>f</i>	<i>N x f</i>	<i>N x f</i> ²	<i>N</i>	<i>f</i>	<i>N x f</i>	<i>N x f</i> ²
1	-65,23	-83,44	-58,90	-72,54	-76,87	-83,90	-66,46	-55,30
2	-62,26	-39,97	-75,02	-61,94	-69,89	-55,57	-62,90	-73,95
3	-65,16	-69,24	-58,73	-58,18	-43,87	-51,16	-61,26	-61,38
Faktör seviyelerinin toplamı	-192,65	-192,65	-192,65	-192,65	-190,63	-190,63	-190,63	-190,63
Kareler farkının toplamı, SSD	17,17	2948,16	524,77	332,80	1814,96	1893,54	42,38	542,86
Toplam kareler farkı	3822,91				4293,74			
Katkı Oranı (%), KO	0,45	77,12	13,73	8,71	42,27	44,10	0,99	12,64
	<i>N</i>	<i>f</i>	<i>N x f</i>	<i>N x f</i> ²	<i>N</i>	<i>f</i>	<i>N x f</i>	<i>N x f</i> ²
Kümülatif Katkı Oran (%), KKO	77,12	90,85	99,55	100,00	44,10	86,37	99,01	100,00
	<i>f</i>	<i>N x f</i>	<i>N x f</i> ²	<i>N</i>	<i>f</i>	<i>N x f</i> ²	<i>N x f</i>	<i>N x f</i> ²

Çizelge 6.8. CCGT 060202F-AL KX numaralı kesici takımın dairesellikten sapma sonuçları için Pareto ANOVA tablosu

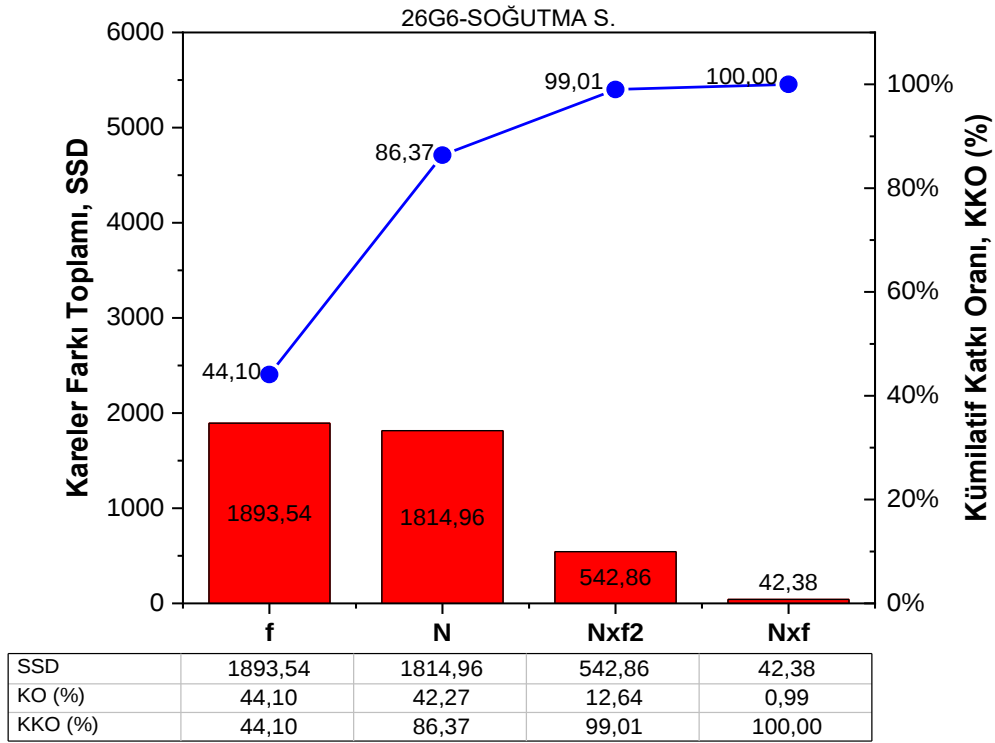
Level	KX-Kuru				KX-Yaş			
	<i>N</i>	<i>f</i>	<i>N x f</i>	<i>N x f</i> ²	<i>N</i>	<i>f</i>	<i>N x f</i>	<i>N x f</i> ²
1	-84,47	-91,78	-73,17	-70,77	-80,46	-88,34	-64,68	-50,26
2	-70,50	-53,50	-83,95	-75,13	-60,64	-54,11	-61,09	-64,75
3	-71,12	-80,80	-68,97	-80,19	-55,14	-53,80	-70,48	-81,23
Faktör seviyelerinin toplamı	-226,09	-226,09	-226,09	-226,09	-196,25	-196,25	-196,25	-196,25
Kareler farkının toplamı, SSD	373,82	2330,74	358,01	133,38	1064,07	2365,02	134,56	1440,77
Toplam kareler farkı	3195,95				5004,43			
Katkı Oranı (%), KO	11,70	72,93	11,20	4,17	21,26	47,26	2,69	28,79
	<i>N</i>	<i>f</i>	<i>N x f</i>	<i>N x f</i> ²	<i>N</i>	<i>f</i>	<i>N x f</i>	<i>N x f</i> ²
Kümülatif Katkı Oran (%), KKO	72,93	84,62	95,83	100,00	47,26	76,05	97,31	100,00
	<i>f</i>	<i>N</i>	<i>N x f</i>	<i>N x f</i> ²	<i>f</i>	<i>N x f</i> ²	<i>N</i>	<i>N x f</i>

Şekil 6.12 CCGT 060202 26G6 kodlu kesici takım ile kuru işleme şartı altında işlemede dairesellikten sapma kalite karakteristiği için Pareto ANOVA sonuçlarının grafiksel gösterimini sunmaktadır. CCGT 060202 26G6 kodlu kesici takım ve kuru kesme şartları altında yapılan deneyde dairesellikten sapma kalite karakteristiği için %77,2 ile ilerleme oranı (f) baskın şekilde en etkili parametre olarak çıkarken, % 0,45 ile devir sayısı (N) parametresinin çok düşük seviyede etki ettiği gözlemlenmiştir. %13,73 ile bu iki parametrenin etkileşiminin ise dikkate alınacak bir etken olduğu sonucuna varılmıştır.



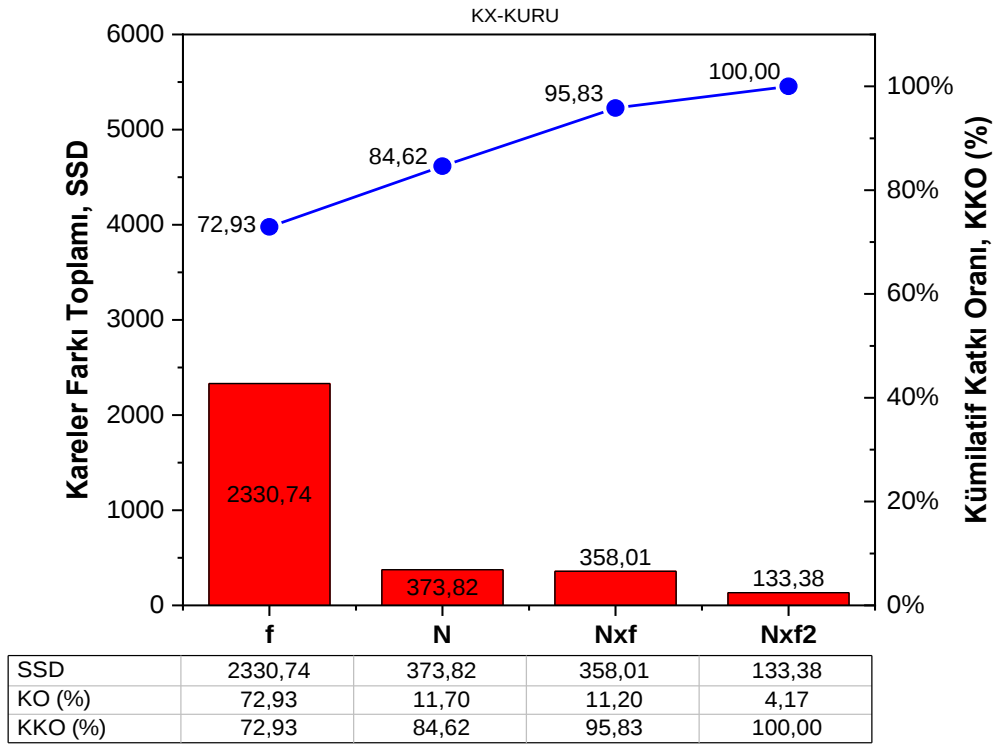
Şekil 6.12. CCGT 060202 26G6 kodlu kesici takımın kuru kesme şartı altındaki dairesellikten sapma Pareto ANOVA grafiği

Şekil 6.13 CCGT 060202 26G6 kodlu kesici takım ile soğutma sıvılı kesme şartı altında işlemede dairesellikten sapma kalite karakteristiği için Pareto ANOVA sonuçlarının grafiksel gösterimini sunmaktadır. CCGT 060202 26G6 kodlu kesici takım ve soğutma sıvısı ile yapılan deneyde dairesellikten sapma kalite karakteristiği için %44,1 ile ilerleme oranı (f) en etkili parametre olarak çıkarken, %42,27 ile devir sayısı (N) parametresinin ilerleme oranına yakın seviyede etki ettiği gözlemlenmiştir. %12,64 ile bu iki parametrenin etkileşiminin ise daha düşük seviyede bir etken olduğu sonucuna varılmıştır.



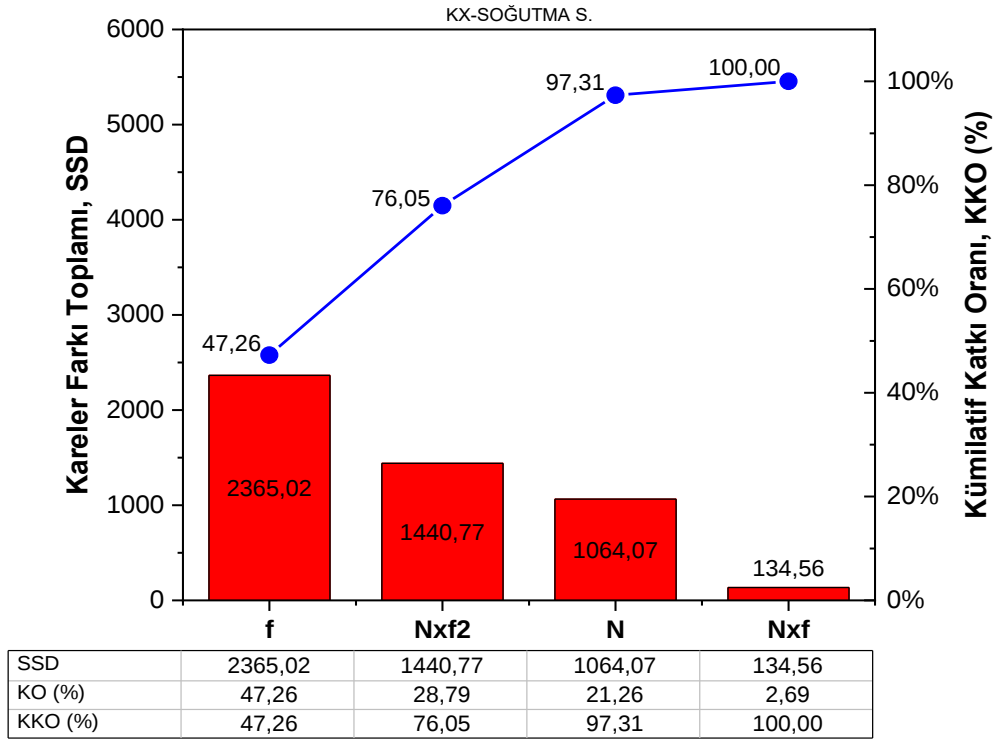
Şekil 6.13. CCGT 060202 26G6 kodlu kesici takımın soğutma sıvılı kesme şartı altındaki dairesellikten sapma Pareto ANOVA grafiği

Şekil 6.14 CCGT 060202F-AL KX kodlu kesici takım ile kuru kesme şartı altında işlemede dairesellikten sapma kalite karakteristiği için Pareto ANOVA sonuçlarının grafiksel gösterimini sunmaktadır. CCGT 060202F-AL KX kodlu kesici takım ile kuru kesme şartı altında yapılan deneyde dairesellikten sapma kalite karakteristiği için %72,93 ile ilerleme oranının (f) baskın şekilde en etkili parametredir. Bunu, %11,7'lik bir etki düzeyi ile devir sayısı (N) takip eder. %11,2 ile bu iki parametrenin etkileşiminin daha düşük seviyelerde etkili olduğu grafikten görülebilmektedir.



Şekil 6.14. CCGT 060202F-AL KX kodlu kesici takımın kuru kesme şartı altındaki dairesellikten sapma Pareto ANOVA grafiği

Şekil 6.15 CCGT 060202F-AL KX kodlu kesici takım ile soğutma sıvılı kesme şartı altında işlemede dairesellikten sapma kalite karakteristiği için Pareto ANOVA sonuçlarının grafiksel gösterimini sunmaktadır. CCGT 060202F-AL KX kodlu kesici takım ve soğutma sıvısı ile yapılan deneyde dairesellikten sapma kalite karakteristiği için %47,26 ile ilerleme oranı (f) en etkili parametre olarak çıkarken, %28,79 ile bu iki parametrenin etkileşiminin ve %21,26 ile devir sayısı (N) parametresinin önemli etkenler olduğu saptanmıştır.



Şekil 6.15. CCGT 060202F-AL KX kodlu kesici takımın soğutma sıvılı kesme şartı altındaki dairesellikten sapma Pareto ANOVA grafiği

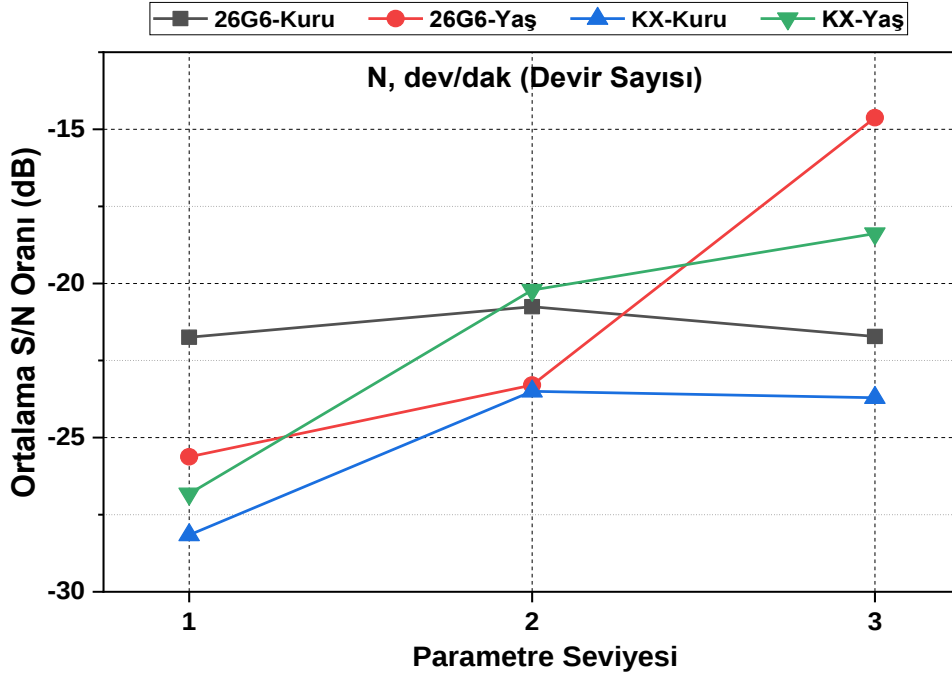
Şekil 6.16 ve 6.17 dairesellikten sapma üzerine, sırasıyla, devir sayısı (N) ve ilerleme oranı (f) etkilerinin kontrol edilemeyen şartlar altındaki değişimi göstermektedir. Bu iki grafik ve yukarıdaki analizler ışığında dairesellikten sapma özelliği için aşağıdakiler söylenebilir:

-Devir sayısı (N) değerindeki artış soğutma sıvısı ile gerçekleştirilen deneylerde her iki kesici takımında da dairesellikten sapma değerlerini düşürmektedir. Kuru kesme şartlarında ise iki kesici takımında da orta seviye devir sayısı (N) değerinde en düşük dairesellikten sapma değerleri görülmüştür. Soğutma sıvısı kullanımının dairesellikten sapma kalite karakteristiği için yüksek seviye devir sayısı (N) ve yüksek ilerleme oranı (f) kullanımına izin verdiği sonucuna varılmıştır. Bu durumun sebebi olarak soğutma sıvısının işleme sırasında meydana gelen ısı ve talaşı uzaklaştırması olarak yorumlanmıştır.

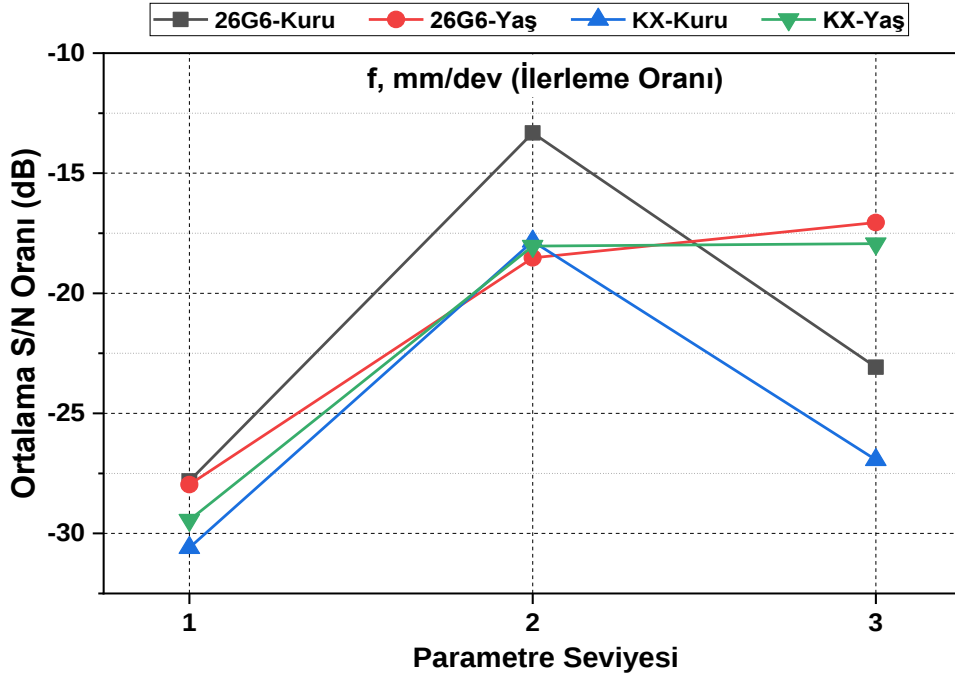
-Soğutma sıvısı kullanımının istisnai durumlar hariç dairesellikten sapma miktarını düşürdüğü söylenebilir. Literatüre bakıldığında benzer sonuçlar görülmektedir [11].

-İlerleme oranı (f) değerindeki artış soğutma sıvısı ile gerçekleştirilen her iki kesici takımında da dairesellikten sapma değerlerini düşürmektedir. Kuru kesme şartlarında ise iki kesici

takımda da ortalama ilerleme oranı (f) değerinde en düşük dairesellikten sapma değerleri görülmüştür. Soğutma sıvısı kullanımı ve yüksek ilerleme oranı (f) değerlerinde dairesellikten sapma miktarını düşürebilir.



Şekil 6.16. Devir sayısı (N) parametresinin dairesellikten sapmaya bütünleşik etkisi



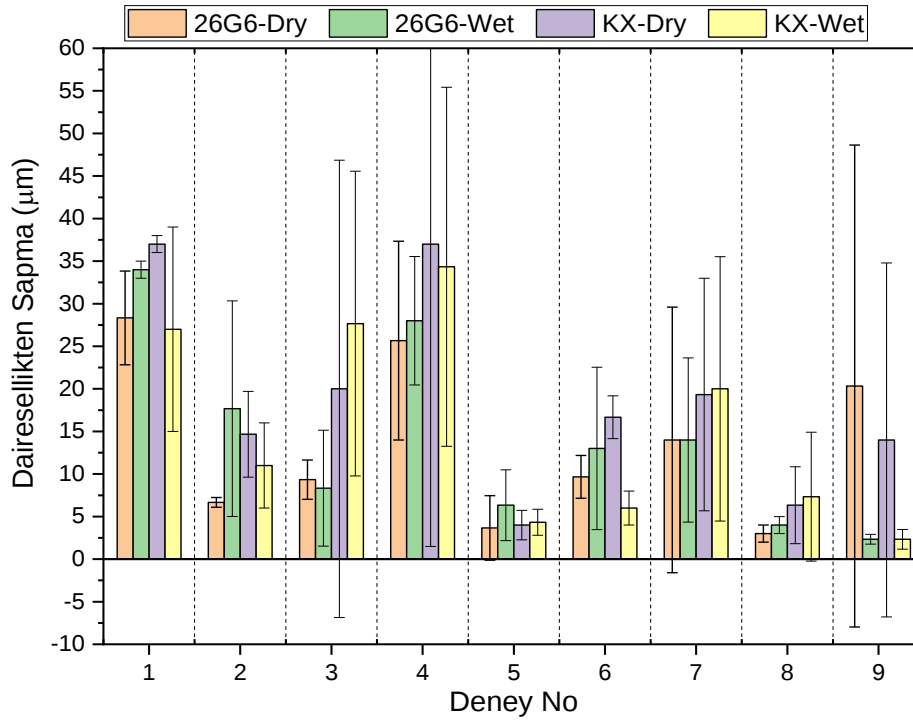
Şekil 6.17. İlerleme oranı (f) parametresinin dairesellikten sapmaya bütünleşik etkisi

Şekil 6.18 ortalama dairesellikten sapma değerleriyle oluşturulmuş sonuçları grafiksel olarak göstermektedir. Bu grafik ve yukarıda elde edilen sonuçlar ışığında dairesellikten sapma özelliğinin en uygun şartları için aşağıdakiler söylenebilir:

-Dairesellikten sapma için en uygun parametre kombinasyonu CCGT060202, 26G6 kodlu takımla, soğutma sıvılı kesme şartı altında, yüksek devir sayısı (1050 dev/dak) ve yüksek ilerleme oranı değeriyle (0,003 inch/dev) elde edilmiştir.

-En büyük dairesellikten sapma ise CCGT 060202F-AL KX kodlu takımla, kuru kesme şartları altında, düşük devir sayısı (66 dev/dak) ve düşük ilerleme oranı değeriyle (0,002 inch/dev) elde edilmiştir.

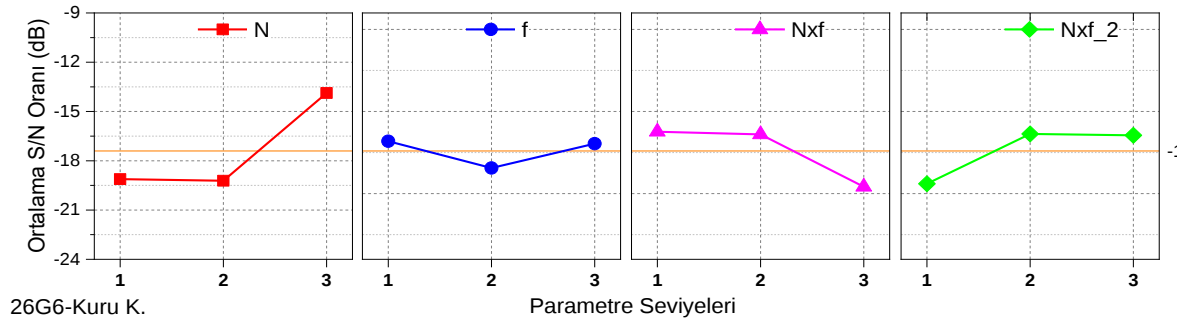
-Dairesellikten sapma kalite karakteristiği için en uygun sonuçların kaplamalı kesici takımla ve soğutma sıvısı kullanımı ile bulunması literatürde taranan çalışmalarla paralellik göstermektedir. [11, 29, 37].



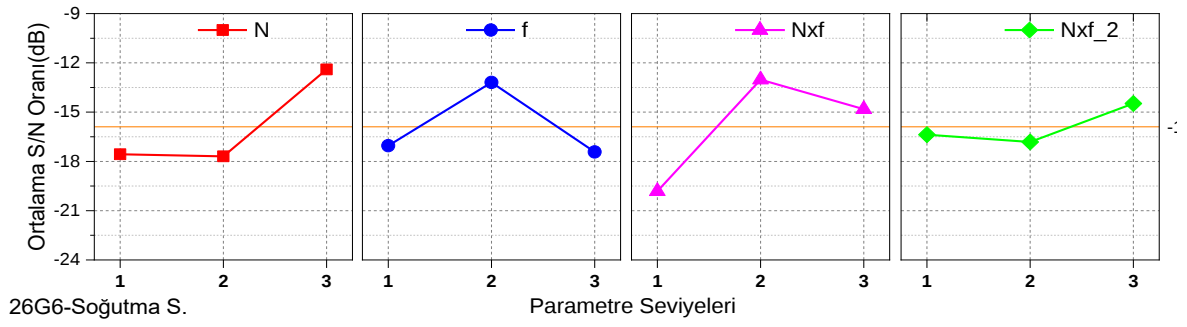
Şekil 6.18. Dairesellikten sapma için sonuçların grafiksel olarak gösterilmesi

6.3. Silindiriklikten Sapma Üzerine Etkilerin Değerlendirilmesi

Şekil 6.19 ve 6.20, Çizelge 6.4'deki S/N değerlerine göre oluşturulmuştur. Şekil 6.19 ve 6.20'de sırası ile CCGT 060202 26G6 ve CCGT 060202F-AL KX numaralı kesici takımların farklı işleme şartları altında silindiriklikten sapma özelliğine ait S/N cevap tablolarını grafiksel olarak sunulmaktadır. Kontrol parametreleri olan devir sayısı (N) ve ilerleme oranının (f) ve bu iki parametrenin birbirlerine olan etkileşimleri incelendiğinde bu parametrelerin ve etkileşimlerinin silindiriklikten sapma üzerine etkili olduğu ancak farklı şartlarda farklı parametrelerin baskın geldiği sonucuna varılmıştır. CCGT 060202 26G6 numaralı kesici takımla yapılan deneylerde yüksek seviye devir sayısının (N) ve soğutma sıvısı kullanımının silindiriklikten sapmayı düşürdüğü sonucuna varılmıştır. CCGT 060202 26G6 numaralı kesici takımla kuru kesme şartlarında yapılan deney şartı hariç bütün şartlarda orta seviye ilerleme oranı (f) en düşük silindiriklikten sapma değerini vermiştir. Silindiriklikten sapma kalite karakteristiği için işleme parametrelerinin birbirleri arasındaki ilişkinin daha karmaşık yapıda olduğu değerlendirilmiştir.

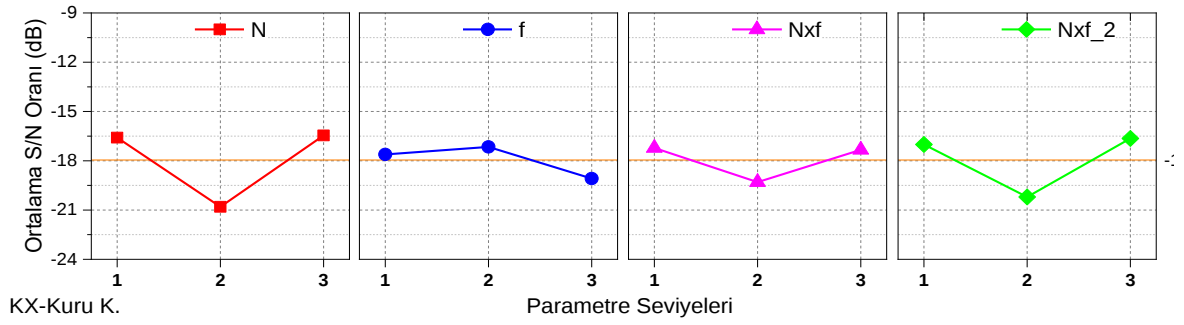


(a)

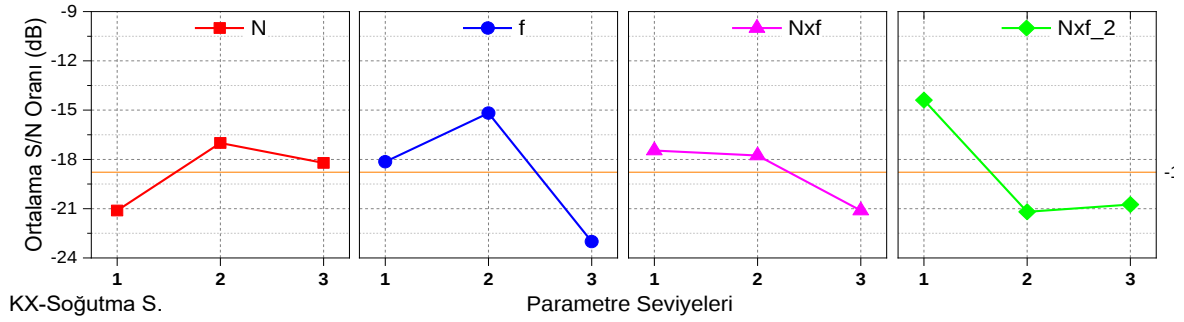


(b)

Şekil 6.19. CCGT 060202 26G6 numaralı kesici takımın silindiriklikten sapma S/N cevap tabloları; (a) kuru kesme şartı, (b) soğutma sıvılı kesme şartı.



(a)



(b)

Şekil 6.20. CCGT 060202F-AL KX numaralı kesici takımın silindiriklikten sapma S/N cevap tabloları; (a) kuru kesme şartı, (b) soğutma sıvılı kesme şartı.

Çizelge 6.3’de hesaplanmış olan silindiriklikten sapma Pareto ANOVA değerleri kullanılarak Çizelge 6.9 ve 6.10 oluşturulmuştur. Pareto ANOVA analizi tablosu Çizelge 6.4’deki kurgu referans alınarak oluşturulmuştur. S/N cevap tablosunda elde edilen etki sırası ile aynı sıralama elde edilmiştir. Pareto ANOVA tabloları, S/N cevap tablosundan farklı olarak devir sayısı (N), ilerleme oranı (f) ve bunların etkileşimlerinin silindiriklikten sapmaya olan etki düzeylerini yüzdelik olarak sunmaktadır.

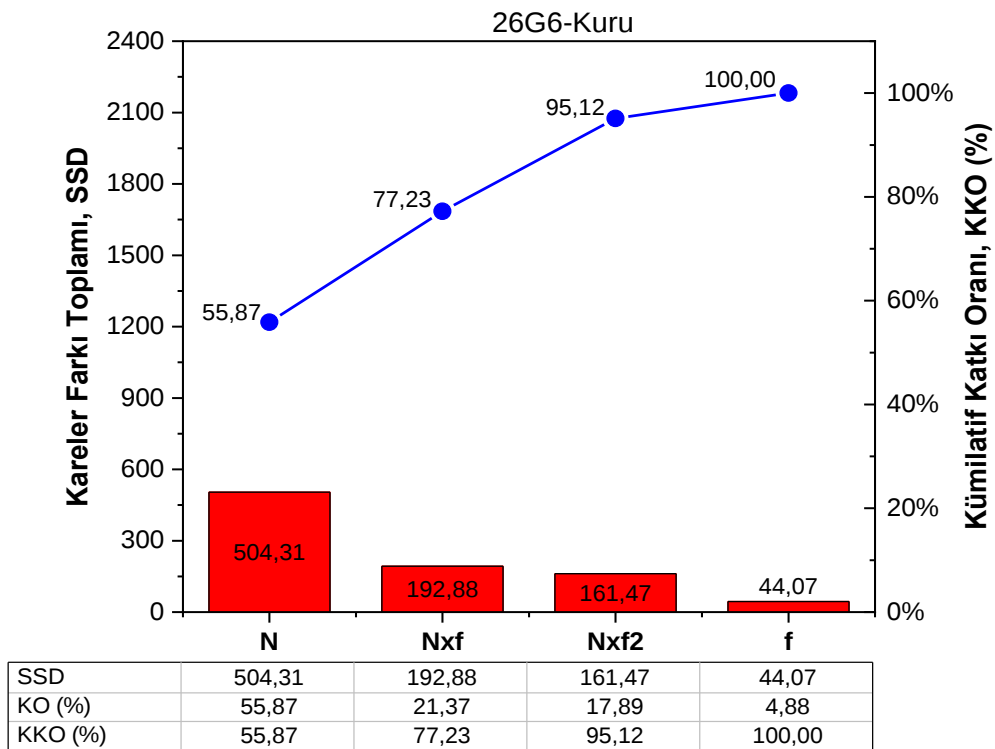
Çizelge 6.9. CCGT 060202 26G6 numaralı kesici takımın silindiriklikten sapma sonuçları için Pareto ANOVA tablosu

Level	26G6-Kuru				26G6-Yaş			
	<i>N</i>	<i>f</i>	<i>N x f</i>	<i>N x f</i> ²	<i>N</i>	<i>f</i>	<i>N x f</i>	<i>N x f</i> ²
1	-57,35	-50,42	-48,70	-58,20	-52,70	-51,14	-59,45	-49,12
2	-57,66	-55,33	-49,19	-49,09	-53,08	-39,58	-39,07	-50,45
3	-41,63	-50,88	-58,75	-49,34	-37,21	-52,28	-44,47	-43,42
Faktör seviyelerinin toplamı	-156,63	-156,63	-156,63	-156,63	-142,99	-142,99	-142,99	-142,99
Kareler farkının toplamı, SSD	504,31	44,07	192,88	161,47	492,33	296,35	668,31	83,69
Toplam kareler farkı	902,73				1540,68			
Katkı Oranı (%), KO	55,87	4,88	21,37	17,89	31,96	19,24	43,38	5,43
	<i>N</i>	<i>f</i>	<i>N x f</i>	<i>N x f</i> ²	<i>N</i>	<i>f</i>	<i>N x f</i>	<i>N x f</i> ²
Kümülatif Katkı Oran (%), KKO	55,87	77,23	95,12	100,00	43,38	75,33	94,57	100,00
	<i>N</i>	<i>N x f</i>	<i>N x f</i> ²	<i>f</i>	<i>N x f</i>	<i>N</i>	<i>f</i>	<i>N x f</i> ²

Çizelge 6.10. CCGT 060202F-AL KX numaralı kesici takımın silindiriklikten sapma sonuçları için Pareto ANOVA tablosu

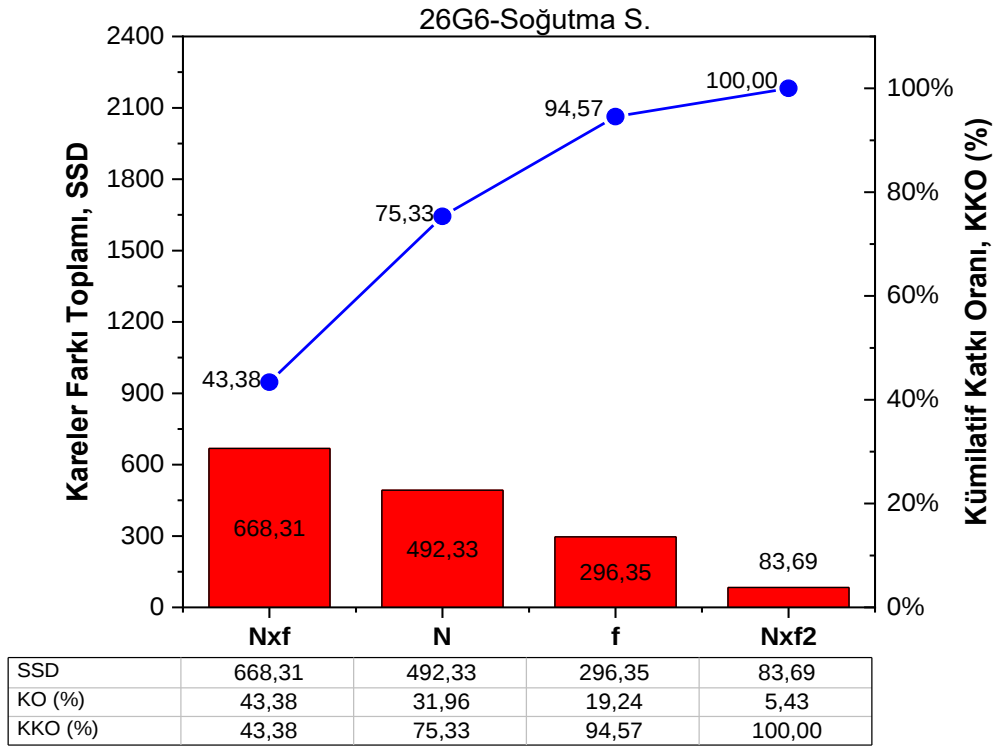
Level	KX-Kuru				KX-Yaş			
	<i>N</i>	<i>f</i>	<i>N x f</i>	<i>N x f</i> ²	<i>N</i>	<i>f</i>	<i>N x f</i>	<i>N x f</i> ²
1	-49,77	-52,84	-51,65	-51,02	-63,34	-54,43	-52,37	-43,18
2	-62,42	-51,46	-57,89	-60,62	-51,01	-45,55	-53,29	-63,58
3	-49,37	-57,25	-52,01	-49,92	-54,65	-69,02	-63,33	-62,24
Faktör seviyelerinin toplamı	-161,55	-161,55	-161,55	-161,55	-169,00	-169,00	-169,00	-169,00
Kareler farkının toplamı, SSD	330,60	54,95	73,71	207,73	240,70	842,87	221,75	781,73
Toplam kareler farkı	666,98				2087,05			
Katkı Oranı (%), KO	49,57	8,24	11,05	31,14	11,53	40,39	10,63	37,46
	<i>N</i>	<i>f</i>	<i>N x f</i>	<i>N x f</i> ²	<i>N</i>	<i>f</i>	<i>N x f</i>	<i>N x f</i> ²
Kümülatif Katkı Oran (%), KKO	49,57	80,71	91,76	100,00	40,39	77,84	89,37	100,00
	<i>N</i>	<i>N x f</i> ²	<i>N x f</i>	<i>f</i>	<i>f</i>	<i>N x f</i> ²	<i>N</i>	<i>N x f</i>

Şekil 6.21 CCGT 060202 26G6 kodlu kesici takım ile kuru kesme şartı altında işlemede silindiriklikten sapma kalite karakteristiği için Pareto ANOVA sonuçlarının grafiksel gösterimini sunmaktadır. CCGT 060202 26G6 kodlu kesici takım ile kuru kesme şartları altında yapılan deneyde silindiriklikten sapma kalite karakteristiği için %55,87 ile devir sayısı (N) en etkili parametre olarak çıkarken, %4,88 ile ilerleme oranı (f) parametresinin çok düşük seviyede etki ettiği gözlemlenmiştir. %21,37 ile bu iki parametrenin etkileşiminin ise önemli bir etken olduğu sonucuna varılmıştır.



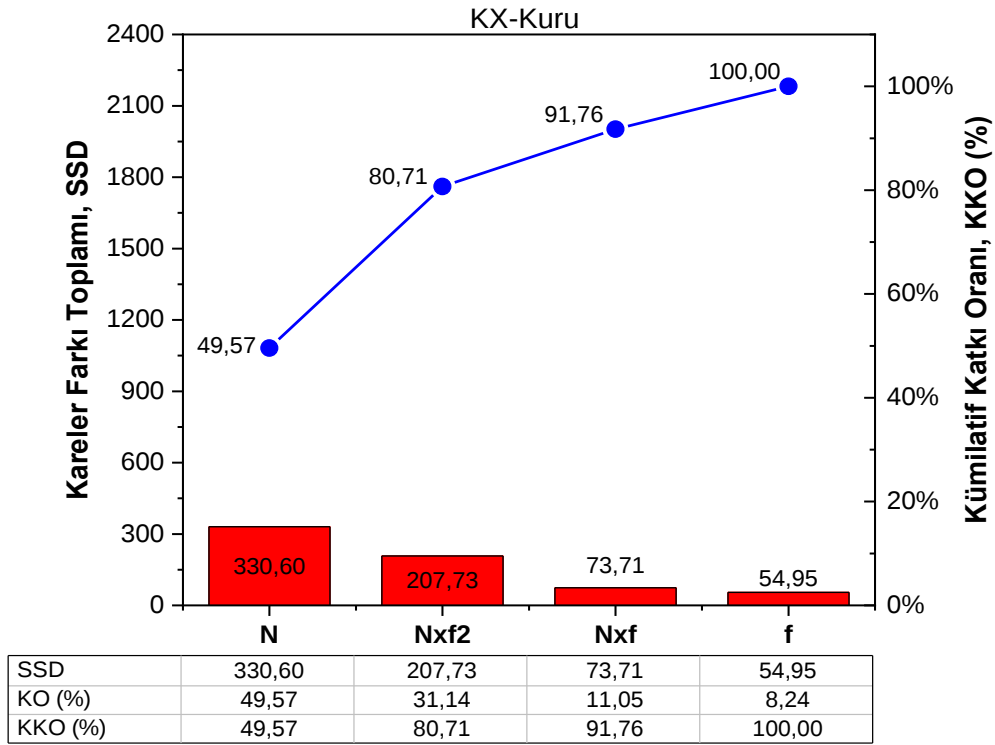
Şekil 6.21. CCGT 060202 26G6 kodlu kesici takımın kuru kesme şartı altındaki silindiriklikten sapma Pareto ANOVA grafiği

CCGT 060202 26G6 kodlu kesici takım ile soğutma sıvılı kesme şartı altında işlemede silindiriklikten sapma kalite karakteristiği için Pareto ANOVA sonuçlarının grafiksel gösterimi Şekil 6.22’de verilmiştir. CCGT 060202 26G6 kodlu kesici takım ve soğutma sıvısı ile kesme şartları altında yapılan deneyde silindiriklikten sapma kalite karakteristiği %43,38 ile ilerleme oranı (f) ve devir sayısı (N) parametrelerinin etkileşimi en etkili değişken olarak çıkarken, %31,96 ile devir sayısı (N) parametresinin yüksek seviyede etki ettiği gözlemlenmiştir. %19,24 ile ilerleme oranı (f) parametresinin ise daha düşük seviyede fakat önemli bir etken olduğu sonucuna varılmıştır.



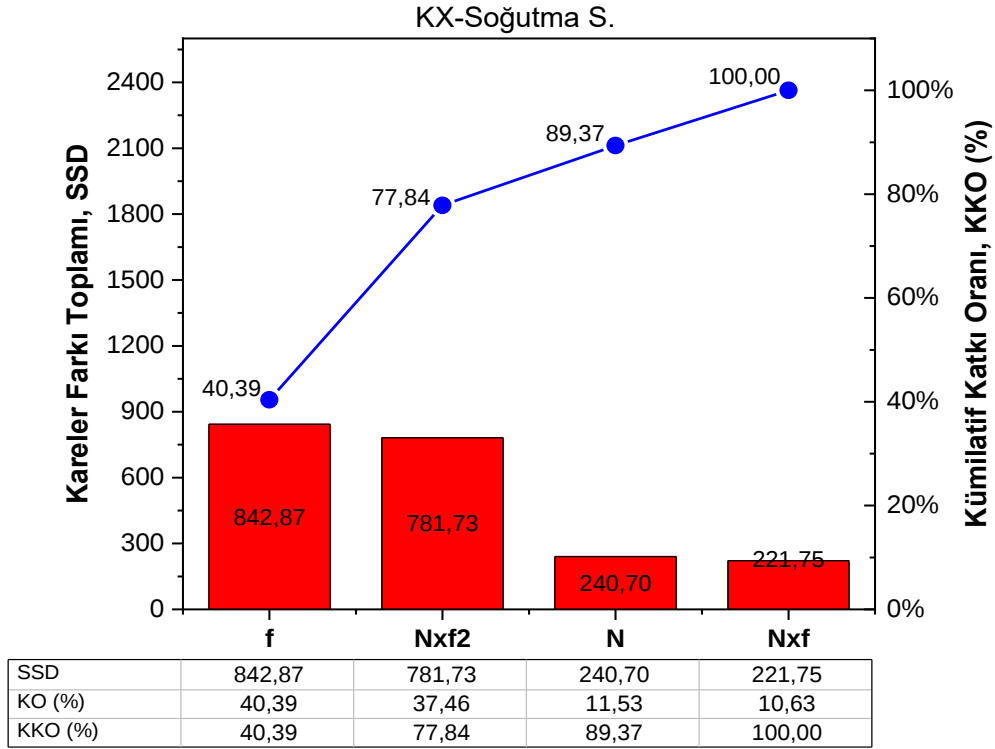
Şekil 6.22. CCGT 060202 26G6 kodlu kesici takımın soğutma sıvılı kesme şartı altındaki silindiriklikten sapma Pareto ANOVA grafiği

Şekil 6.23, CCGT 060202F-AL KX kodlu kesici takım ile kuru kesme şartı altında silindiriklikten sapma kalite karakteristiği için Pareto ANOVA sonuçlarının grafiksel gösterimini sunmaktadır. CCGT 060202F-AL KX kodlu kesici takım ile kuru kesme şartları altında yapılan deneyde silindiriklikten sapma kalite karakteristiği için %49,57 ile devir sayısının (N) en etkili parametre olduğu, % 8,24 ile ilerleme oranı (f) parametresinin ise çok daha düşük seviyede etkidiği görülmektedir. %31,14 ile bu iki parametrenin etkileşiminin ise oldukça etkili bir etken olduğu değerlendirilmiştir.



Şekil 6.23. CCGT 060202F-AL KX kodlu kesici takımın kuru kesme şartı altındaki silindiriklikten sapma Pareto ANOVA grafiği

CCGT 060202F-AL KX kodlu kesici takım ile soğutma sıvılı kesme şartı altında işlemede silindiriklikten sapma kalite karakteristiği için Pareto ANOVA sonuçlarının grafiksel gösterimi Şekil 6.24 ile verilmiştir. CCGT 060202F-AL KX kodlu kesici takım ve soğutma sıvısı ile yapılan deneyde silindiriklikten sapma kalite karakteristiği için %40,39 ile ilerleme oranı (f) en etkili parametre olarak çıkarken, %37,46 ile bu iki parametrenin etkileşiminin bu parametreye yakın seviyede bu kalite karakteristiğini etkilediği görülmüştür. %11,53 ile devir sayısı (N) parametresinin ise daha düşük seviyede bir etken olduğu değerlendirilmiştir.



Şekil 6.24. CCGT 060202F-AL KX kodlu kesici takımın soğutma sıvılı kesme şartı altındaki silindiriklikten sapma Pareto ANOVA grafiği

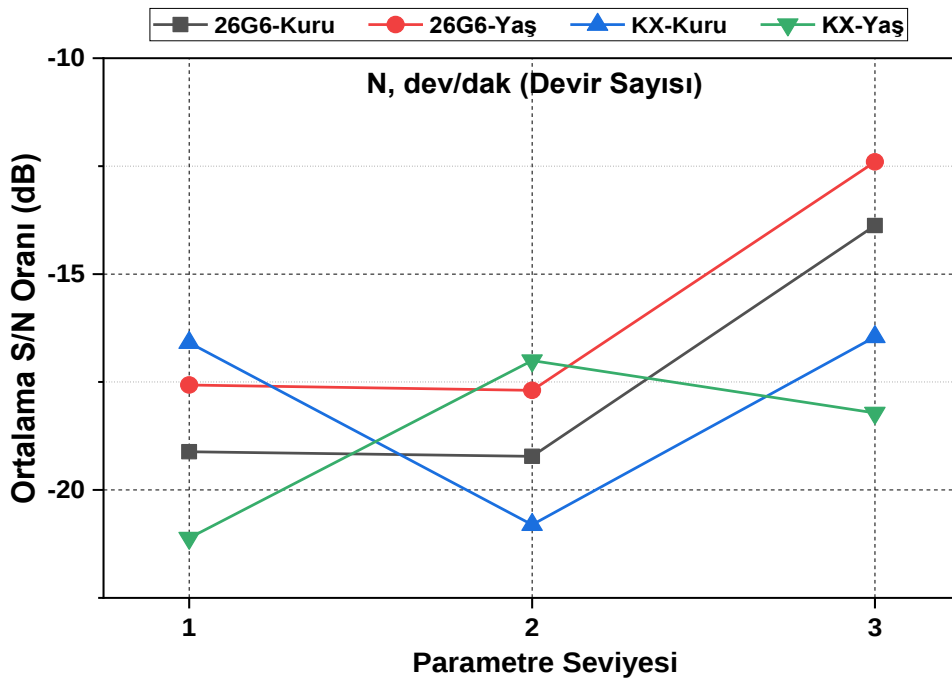
Şekil 6.25 ve 6.26 silindiriklikten sapma üzerine, sırasıyla, devir sayısı (N) ve ilerleme oranı (f) etkilerinin kontrol edilemeyen şartlar altındaki değişimini göstermektedir. Bu şekiller incelenerek aşağıdaki sonuçlar söylenebilir.

-Şekil 6.25, CCGT 060202 26G6 numaralı kesici takım her iki kesme şartında yüksek devir sayısında (N) en iyi sonuçları vermektedir. Soğutma sıvısı kullanımı CCGT 060202 26G6 numaralı kesici takım için bütün devir sayısı (N) kombinasyonlarında silindiriklikten sapmayı düşürmektedir. CCGT 060202F-AL KX kodlu kesici takımında ise soğutma sıvısı kullanımında orta seviye devir sayısı (N) için en düşük silindiriklikten sapma sonucu elde edilmiştir. Kuru kesme şartlarında ise bu kesici takım orta seviye devir sayısında (N) en yüksek silindiriklikten sapmayı vermektedir.

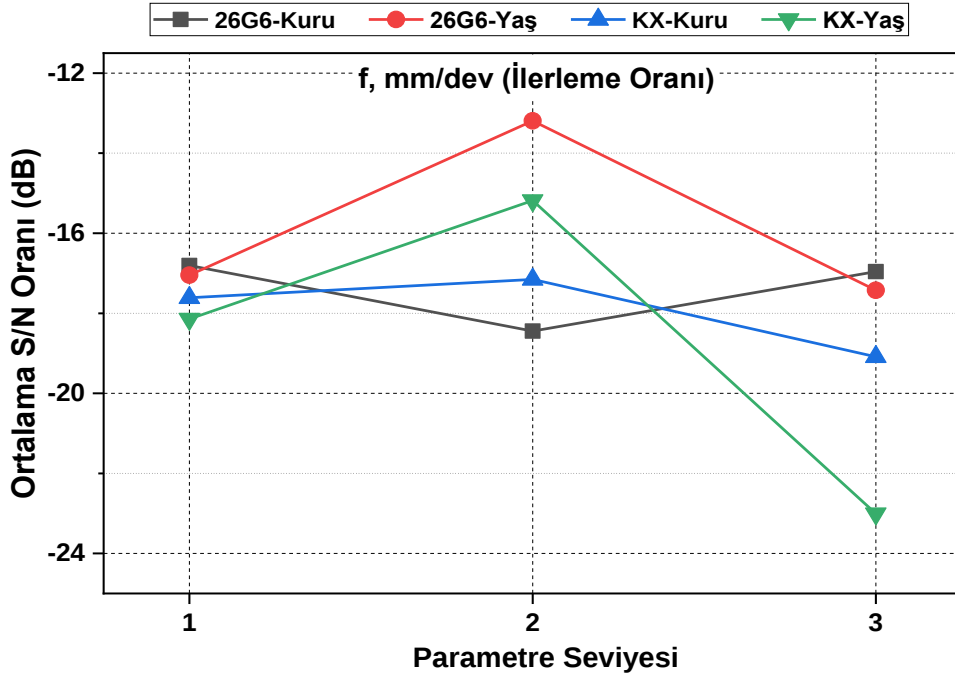
-Şekil 6.26, CCGT 060202 26G6 numaralı kaplamalı kesici takımın silindiriklikten sapma kalite karakteristiği için CCGT 060202F-AL KX kodlu kesici takıma göre daha iyi sonuçlar verildiğini göstermektedir. En düşük silindiriklikten sapma sonuçları, orta seviye ilerleme

oranı (f) ve soğutma sıvısı kullanımında CCGT 060202 26G6 numaralı kesici takım ile elde edilmiştir.

-Devir sayısı (N) ve ilerleme oranının (f) silindiriklikten sapma kalite karakteristiği üzerine kararsız bir eğilimi bulunmaktadır. Bunun nedeninin, tezgâh rijitliği, deliğin parça üzerindeki konumu, deliğin derinliği, baralama takımı ve boyutu vb. gibi, ön görülmeyen değişkenlerin etkisinden dolayı olduğu düşünülmektedir.



Şekil 6.25. Devir sayısı (N) parametresinin silindiriklikten sapmaya bütünleşik etkisi



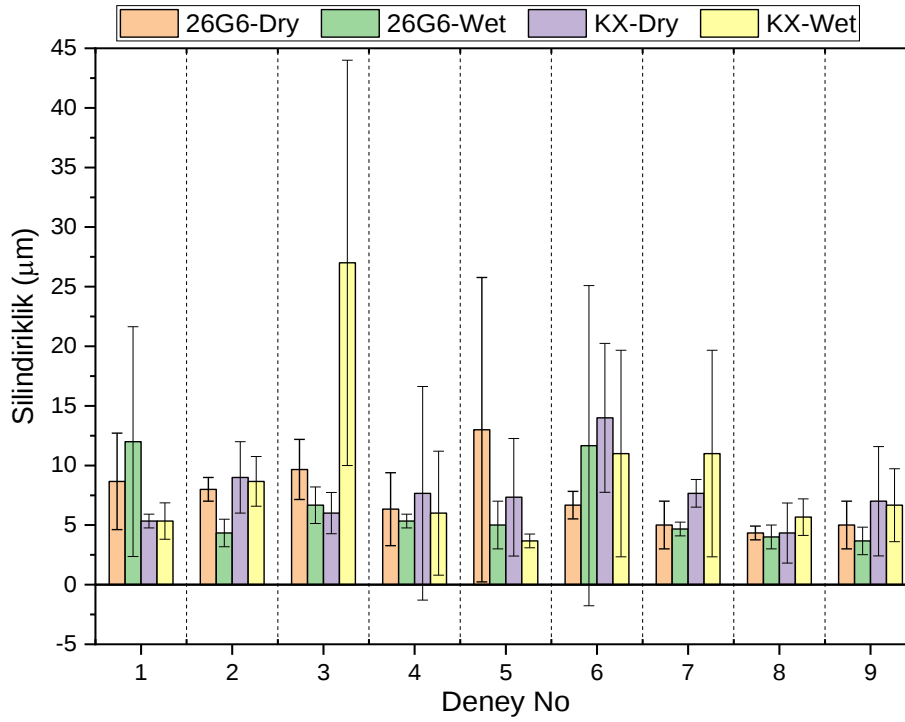
Şekil 6.26. İlerleme oranı (f) parametresinin silindiriklikten sapmaya bütünsel etkisi

Şekil 6.27 ortalama silindiriklikten sapma değerleriyle oluşturulmuş olup silindiriklikten sapma sonuçlarını grafiksel olarak göstermektedir.

-Silindiriklikten sapma için en uygun parametre kombinasyonu CCGT 060202F-AL KX kodlu takım, soğutma sıvılı kesme şartı altında, orta seviye devir sayısı (263 dev/dak) ve orta seviye ilerleme oranı değeriyle (0,002 inch/dev) elde edilmiştir.

-En büyük silindiriklikten sapma değeri ise CCGT 060202F-AL KX kodlu takım, soğutma sıvılı kesme şartı altında, düşük devir sayısı (66 dev/dak) ve yüksek ilerleme oranı değeriyle (0,003 inch/dev) elde edilmiştir.

-Diğer kalite karakteristiklerine göre istisnalar hariç bütün kesme kombinasyonlarında birbirine yakın sonuçlar elde edilmiş olup kesme parametrelerinin silindiriklikten sapmaya olan etkisi kararsız bir eğilimde olduğu değerlendirilmiştir.



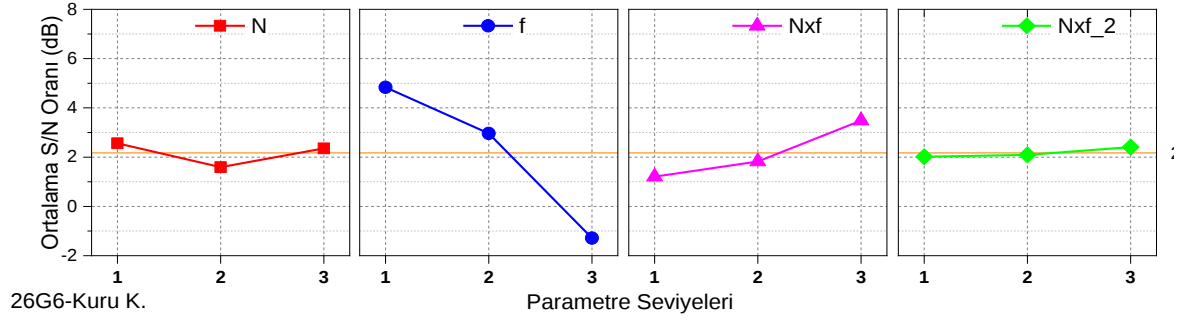
Şekil 6.27. Silindiriklikten sapma için sonuçların grafiksel olarak gösterilmesi

6.4. Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Etkilerin Değerlendirilmesi

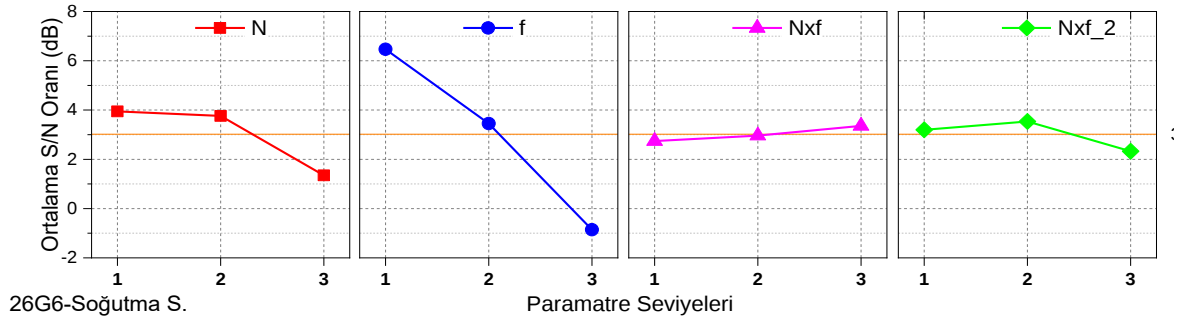
Çizelge 6.4’de yüzey pürüzlülüğü için hesaplanan S/N değerleri kullanılarak Şekil 6.28 ve 6.29’daki ortalama S/N oranları tabloları oluşturulmuştur. Şekil 6.28 ve 6.29, sırası ile, CCGT 060202 26G6 ve CCGT 060202F-AL KX numaralı kesici takımın farklı soğutma şartına bağlı yüzey pürüzlülüğüne ait ortalama S/N cevapları grafiksel olarak sunulmaktadır. Kontrol parametreleri olan devir sayısı (N) ve ilerleme oranı (f) ve bu iki parametrenin birbirlerine olan etkileşimleri incelenmiş ve ilerleme oranı (f) parametresinin bütün kombinasyonlarda baskın şekilde en önemli parametre olduğu sonucuna varılmıştır. İlerleme oranı (f) arttıkça yüzey pürüzlülüğü değeri artmaktadır. Bu durumun sebebi olarak yüksek ilerleme oranlarında (f) meydana gelen yüksek ilerleme kuvveti neticesinde delik kalitesinin bozulması olarak düşünülmektedir. Bu netice literatürde birçok çalışmada vurgulanmıştır [11, 30, 32, 33, 52].

CCGT 060202 26G6 numaralı kesici takım için düşük seviye devir sayısı (N) en düşük yüzey pürüzlülüğü değerini verirken CCGT 060202F-AL KX numaralı kesici takım için ise

en düşük yüzey pürüzlülüğü değeri orta seviye devir sayısında (N) elde edilmiştir. Soğutma sıvısı ise istisnai durumlar hariç bütün kombinasyonlarda yüzey pürüzlülüğü iyileşmiştir.

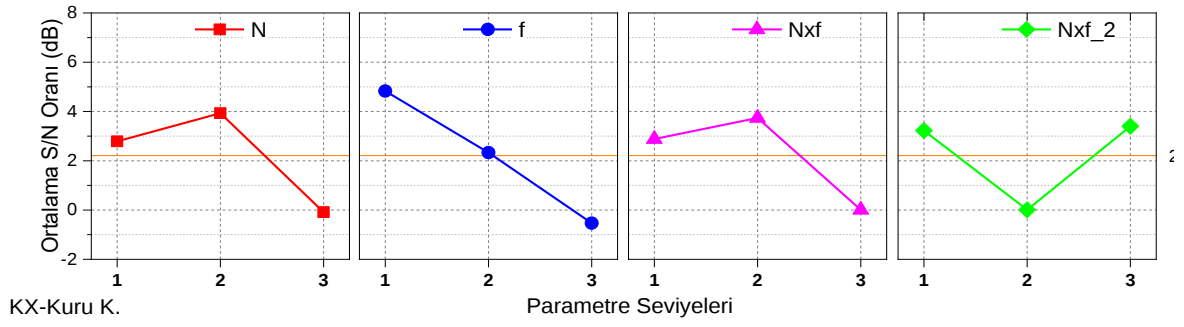


(a)

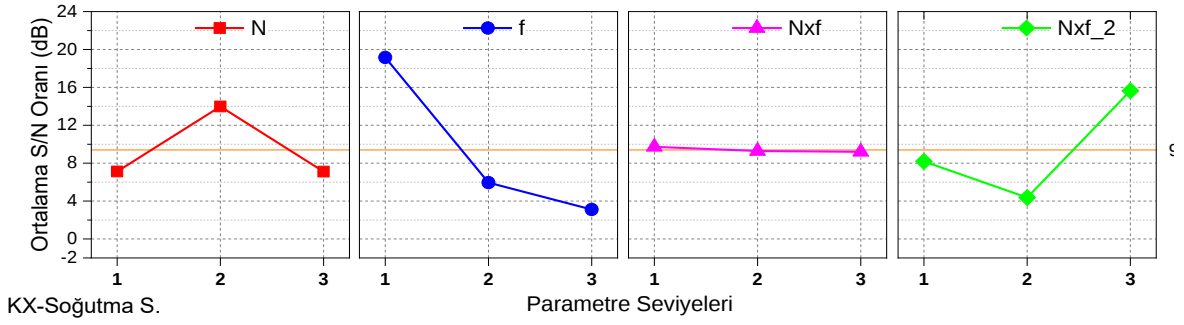


(b)

Şekil 6.28. CCGT 060202 26G6 numaralı kesici takımın yüzey pürüzlülüğü S/N cevap tabloları; (a) kuru kesme şartı, (b) soğutma sıvılı kesme şartı.



(a)



(b)

Şekil 6.29. CCGT 060202F-AL KX numaralı kesici takımın yüzey pürüzlülüğü S/N cevap tabloları; (a) kuru kesme şartı, (b) soğutma sıvılı kesme şartı.

Çizelge 6.4’de hesaplanmış olan yüzey pürüzlülüğü Pareto ANOVA değerleri kullanılarak Çizelge 6.11 ve 6.12 oluşturulmuştur. Bu Pareto ANOVA çizelgeleri, S/N cevap tablosundan farklı olarak devir sayısı (N), ilerleme oranı (f) ve bunların etkileşimlerinin yüzey pürüzlülüğüne olan etki düzeylerini yüzdelik olarak sunmaktadır.

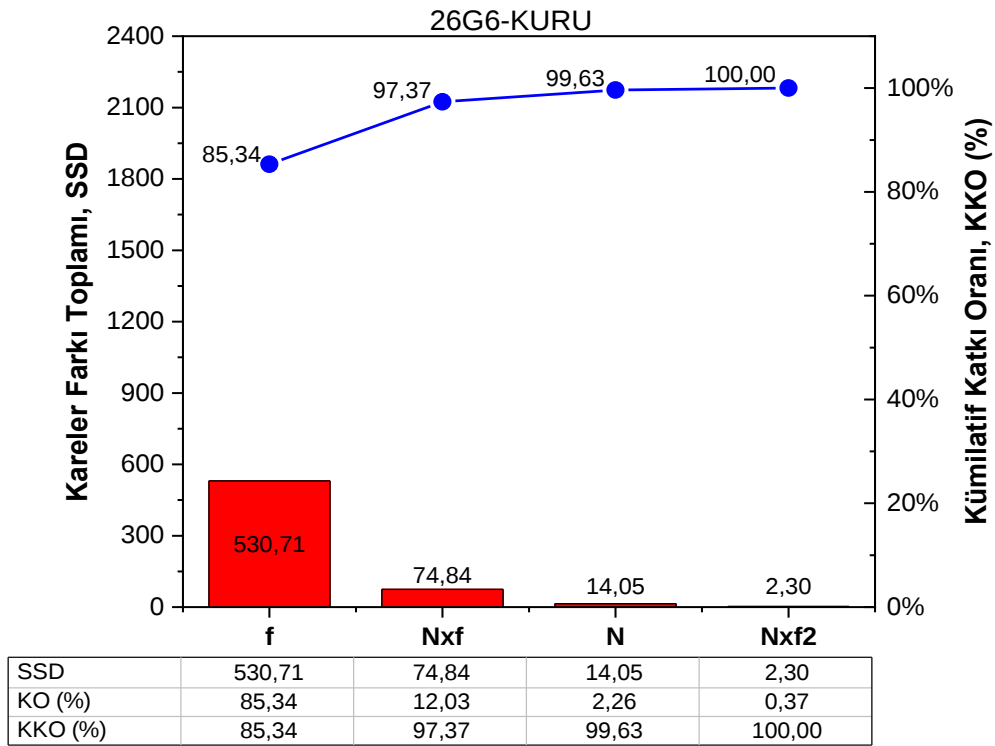
Çizelge 6.11. CCGT 060202 26G6 numaralı kesici takımın yüzey pürüzlülüğü sonuçları için Pareto ANOVA tablosu

Level	26G6-Kuru				26G6-Yaş			
	<i>N</i>	<i>f</i>	<i>N x f</i>	<i>N x f²</i>	<i>N</i>	<i>f</i>	<i>N x f</i>	<i>N x f²</i>
1	7,69	14,51	3,62	6,05	11,83	19,40	8,22	9,59
2	4,78	8,88	5,47	6,28	11,29	10,36	8,88	10,61
3	7,06	-3,85	10,45	7,22	4,05	-2,58	10,07	6,99
Faktör seviyelerinin toplamı	19,54	19,54	19,54	19,54	27,18	27,18	27,18	27,18
Kareler farkının toplamı, SSD	14,05	530,71	74,84	2,30	113,31	731,75	5,29	20,90
Toplam kareler farkı	621,90				871,25			
Katkı Oranı (%), KO	2,26	85,34	12,03	0,37	13,01	83,99	0,61	2,40
	<i>N</i>	<i>f</i>	<i>N x f</i>	<i>N x f²</i>	<i>N</i>	<i>f</i>	<i>N x f</i>	<i>N x f²</i>
Kümülatif Katkı Oran (%), KKO	85,34	97,37	99,63	100,00	83,99	96,99	99,39	100,00
	<i>f</i>	<i>N x f</i>	<i>N</i>	<i>N x f²</i>	<i>f</i>	<i>N</i>	<i>N x f²</i>	<i>N x f</i>

Çizelge 6.12. CCGT 060202F-AL KX numaralı kesici takımın yüzey pürüzlülüğü sonuçları için Pareto ANOVA tablosu

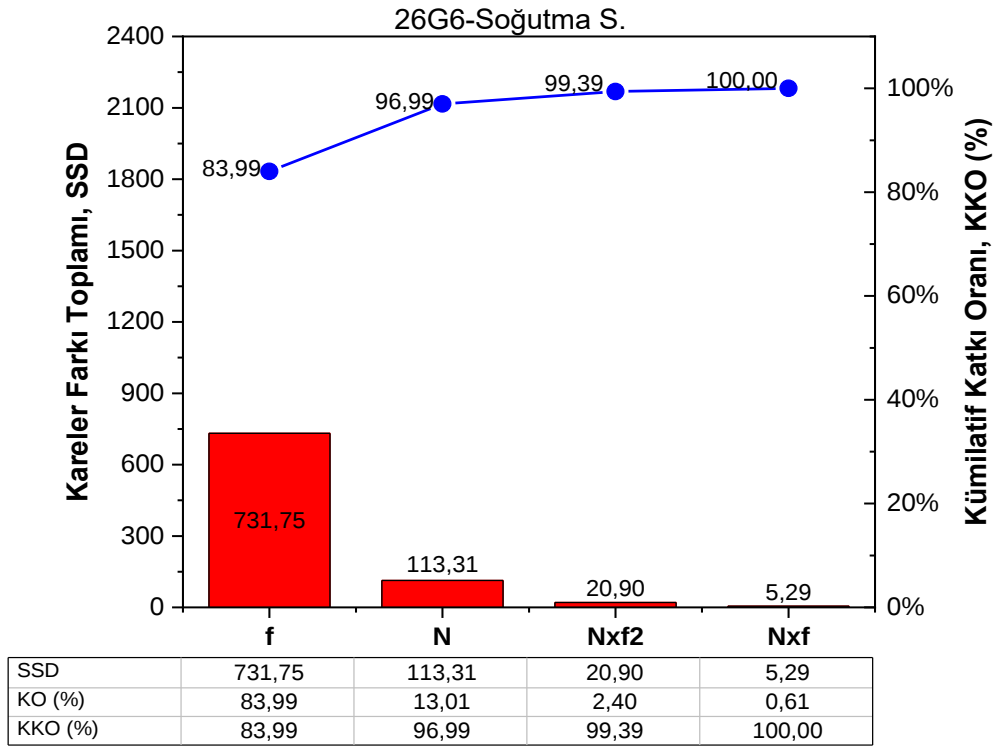
Level	KX-Kuru				KX-Yaş			
	<i>N</i>	<i>f</i>	<i>N x f</i>	<i>N x f²</i>	<i>N</i>	<i>f</i>	<i>N x f</i>	<i>N x f²</i>
1	8,36	14,49	8,65	9,67	7,12	19,15	9,73	8,18
2	11,79	7,00	11,21	0,02	13,98	5,95	9,29	4,38
3	-0,26	-1,60	0,03	10,20	7,11	3,12	9,20	15,65
Faktör seviyelerinin toplamı	19,89	19,89	19,89	19,89	28,21	28,21	28,21	28,21
Kareler farkının toplamı, SSD	231,11	388,76	205,73	197,11	94,20	439,62	0,48	197,42
Toplam kareler farkı	1022,71				731,71			
Katkı Oranı (%), KO	22,60	38,01	20,12	19,27	12,87	60,08	0,07	26,98
	<i>N</i>	<i>f</i>	<i>N x f</i>	<i>N x f²</i>	<i>N</i>	<i>f</i>	<i>N x f</i>	<i>N x f²</i>
Kümülatif Katkı Oran (%), KKO	38,01	60,61	80,73	100,00	60,08	87,06	99,93	100,00
	<i>f</i>	<i>N</i>	<i>N x f</i>	<i>N x f²</i>	<i>f</i>	<i>N x f²</i>	<i>N</i>	<i>N x f</i>

Şekil 6.30 CCGT 060202 26G6 kodlu kesici takım ile kuru kesme şartı altında deliğin yüzey pürüzlülüğü kalite karakteristiği için Pareto ANOVA sonuçlarının grafiksel gösterimini sunmaktadır. CCGT 060202 26G6 kodlu kesici takım ve kuru kesme şartları altında yapılan deneyde yüzey pürüzlülüğü kalite karakteristiği için, beklendiği gibi, %85,34 ile ilerleme oranı (f) en etkili parametre olarak çıkarken, % 2,26 ile devir sayısı (N) parametresinin çok düşük seviyede etki ettiği gözlemlenmiştir. %12,03 ile bu iki parametrenin etkileşiminin de önemli bir etken olduğu sonucuna varılmıştır.



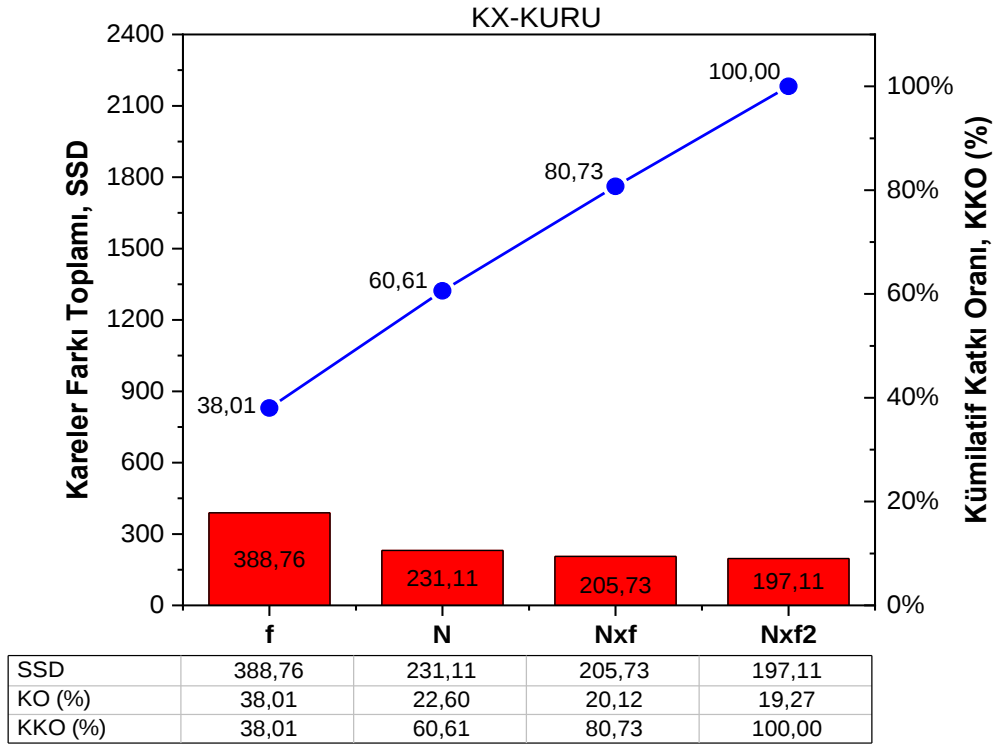
Şekil 6.30. CCGT 060202 26G6 kodlu kesici takımın kuru kesme şartı altındaki yüzey pürüzlülüğü Pareto ANOVA grafiği

Şekil 6.31 CCGT 060202 26G6 kodlu kesici takım ile soğutma sıvılı kesme şartı altında yüzey pürüzlülüğü kalite karakteristiği için Pareto ANOVA sonuçlarının grafiksel gösterimini sunmaktadır. CCGT 060202 26G6 kodlu kesici takım ve soğutma sıvısı ile yapılan deneyde yüzey pürüzlülüğü kalite karakteristiği için %83,99 ile ilerleme oranı (f) çok yüksek seviyede etkili çıkarken % 13,01 ile devir sayısı (N) parametresinin ilerleme oranına göre daha düşük seviyede etki ettiği görülmektedir. Bu iki parametre etkileşiminin yüzey pürüzlülüğüne olan etkisi ise %2,4 ile önemsiz derecede düşük seviyededir.



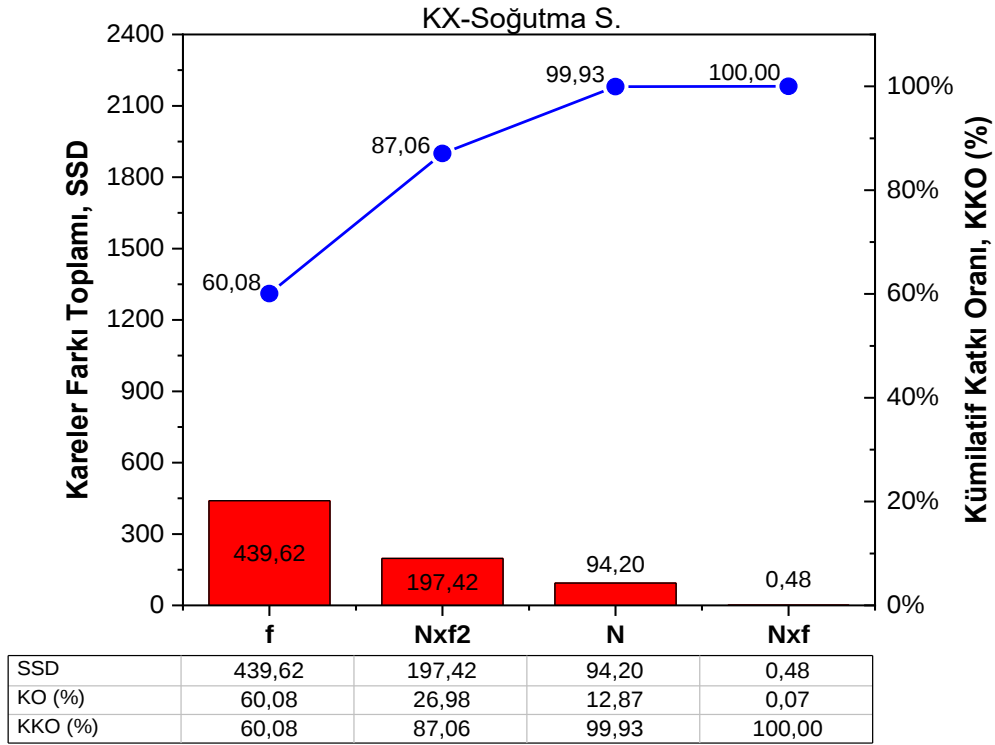
Şekil 6.31. CCGT 060202 26G6 kodlu kesici takımın soğutma sıvılı kesme şartı altındaki yüzey pürüzlülüğü Pareto ANOVA grafiği

Şekil 6.32 CCGT 060202F-AL KX kodlu kesici takım ile kuru kesme şartı altında yüzey pürüzlülüğü kalite karakteristiği için grafiksel Pareto ANOVA sonuçlarını göstermektedir. CCGT 060202F-AL KX kodlu kesici takım ile kuru kesme şartları altında yapılan deneyde yüzey pürüzlülüğü kalite karakteristiği için %38,01 ilerleme oranının (f) en etkili parametre olduğu görülmektedir. %22,60 ile devir sayısı (N) parametresinin ve %20,12 ile bu iki parametrenin etkileşiminin birbirlerine yakın seviyede ve önemli etkenler olduğu görülmektedir.



Şekil 6.32. CCGT 060202F-AL KX kodlu kesici takımın kuru kesme şartı altındaki yüzey pürüzlülüğü Pareto ANOVA grafiği

Şekil 6.33, CCGT 060202F-AL KX kodlu kesici takım ile soğutma sıvılı kesme şartı altında yüzey pürüzlülüğü kalite karakteristiği için grafiksel Pareto ANOVA sonuçlarını sunmaktadır. CCGT 060202F-AL KX kodlu kesici takım ve soğutma sıvısı ile yapılan deneyde yüzey pürüzlülüğü kalite karakteristiği için %60,08 ile ilerleme oranı (f) en etkili parametre olarak çıkarken, %26,98 ile bu iki parametrenin etkileşiminin önemli bir etken olduğu görülmektedir. %12,87 ile devir sayısı (N) parametresinin ise daha düşük seviyede bir etken olduğu değerlendirilmiştir.



Şekil 6.33. CCGT 060202F-AL KX kodlu kesici takımın soğutma sıvılı kesme şartı altındaki yüzey pürüzlülüğü Pareto ANOVA grafiği

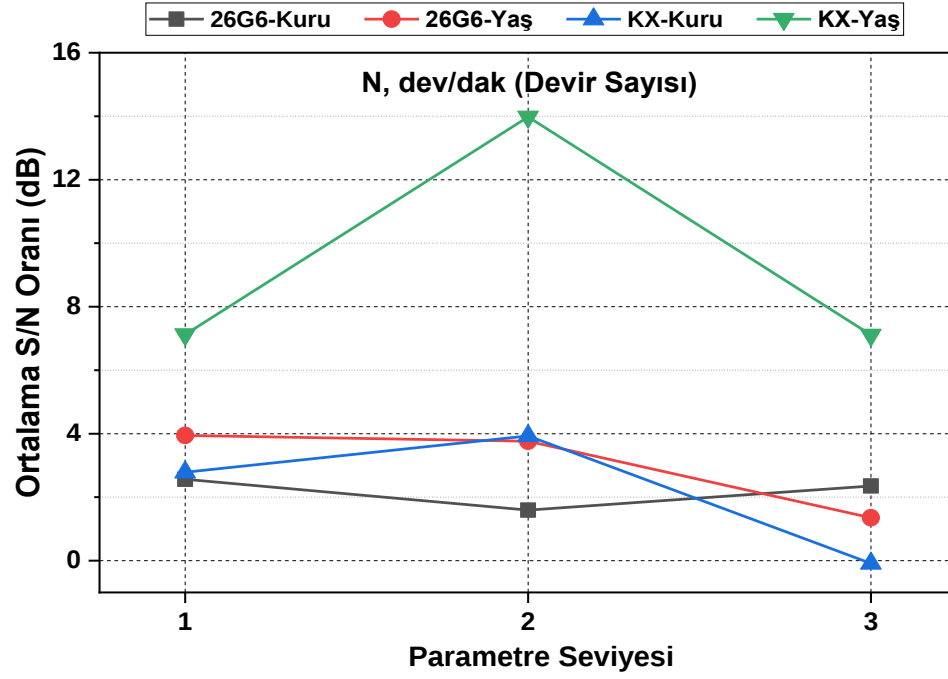
Çizelge 6.2’deki yüzey pürüzlülüğü S/N değerleri referans alınarak oluşturulan Şekil 6.34 ve 6.35, sırasıyla, yüzey pürüzlülüğü üzerine devir sayısı (N) ve ilerleme oranı (f) etkilerinin kontrol edilemeyen şartlar altındaki değişimini göstermektedir. Bu çizelgeler bize aşağıdaki bilgileri vermektedir;

-CCGT 060202F-AL KX kodlu kesici takımın soğutma sıvı kullanımı ve orta seviye devir sayısı (N) kombinasyonunda en iyi sonucu verdiği diğer kesme kombinasyonlarında ise devir sayısının (N) belirleyici bir etken olmadığı sonucuna varılmıştır.

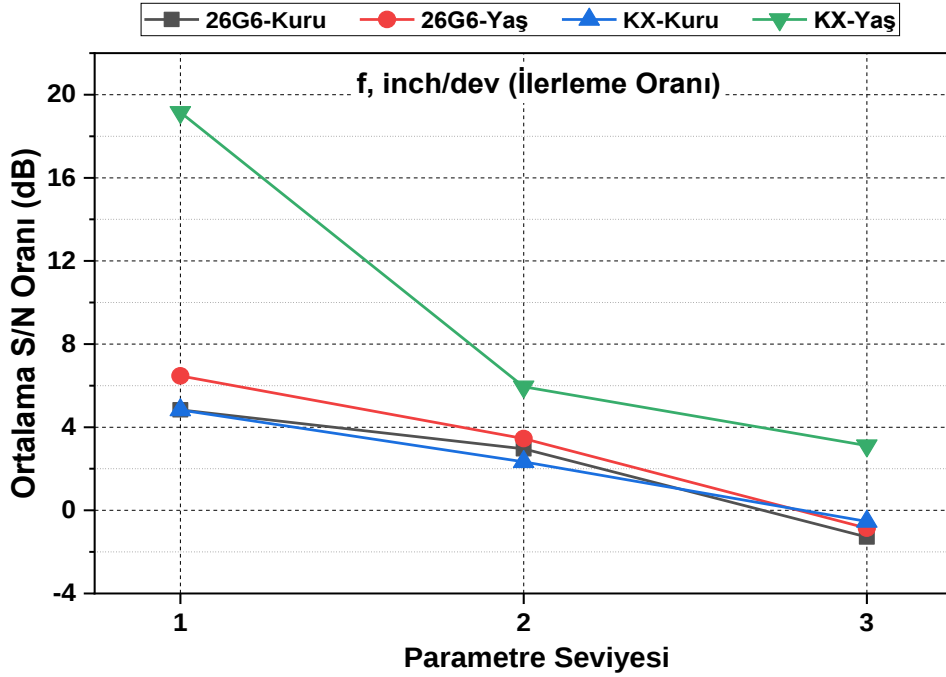
-İlerleme oranının (f) yüzey pürüzlülüğü için en kritik parametre olduğu gözükmemektedir. İlerleme oranının (f) artışı ile birlikte yüzey pürüzlülüğü değeri bütün kombinasyonlarda artmaktadır. CCGT 060202F-AL KX kodlu kesici takımın soğutma sıvısı kullanımında bütün ilerleme oranı (f) değerlerinde diğer kombinasyonlardan daha iyi sonuç alınmıştır.

-Soğutma sıvısı kullanımının yüzey pürüzlülüğünü düşürdüğü belirgin olarak gözlemlenmiştir ve bu durum literatürde de vurgulanmaktadır [11]. Bu durumun sebebi

olarak soğutma sıvısı kullanımının talaş tahliyesini kolaylaştırarak kesme kuvvetlerini düşürmesi ve oluşan ısıyı uzaklaştırması olduğu düşünülmektedir.



Şekil 6.34. Devir sayısı (N) parametresinin yüzey pürüzlülüğüne bütünleşik etkisi



Şekil 6.35. İlerleme oranı (f) parametresinin yüzey pürüzlülüğüne bütünlük etkisi

Şekil 6.36, Çizelge 6.1 ve 6.2’den alınan ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleriyle oluşturulmuş olup her bir deney şartında elde edilmiş yüzey pürüzlülüğü sonuçlarını grafiksel olarak göstermektedir.

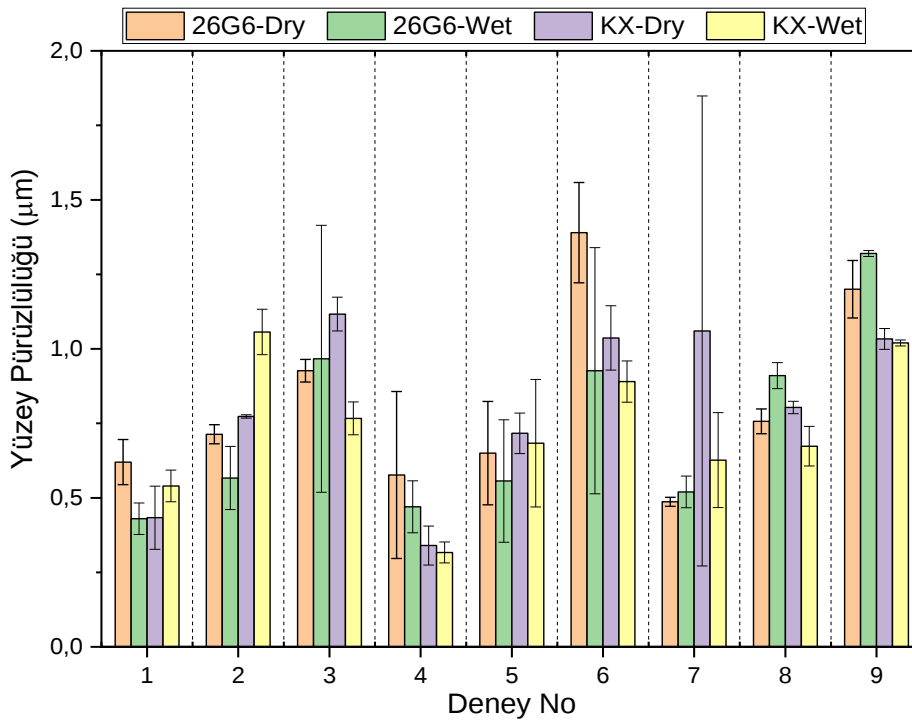
-Şekil 6.34 ve 6.36’de görüleceği üzere devir sayısı (N) değerinin orta seviyede kalması CCGT 060202F-AL KX kodlu kesici takımında soğutma sıvısı ile kesim şartında en iyi yüzey pürüzlülüğü değerini verirken diğer kombinasyonlarda bu parametrenin değişimi belirgin etki meydana getirmemiştir.

-Şekil 6.35 ve 6.36’de görüleceği üzere ilerleme oranındaki (f) artış bütün şartlarda yüzey pürüzlülüğü değerini arttırmaktadır. Bütün kombinasyonlarda literatürle uyumlu olarak ilerleme oranı (f) baskın şekilde en etkili parametre olarak çıkmış ve bu parametrenin artışı yüzey pürüzlülüğü kötüleştirmiştir [11, 30, 32, 33, 52]. Bu durum ilerleme oranındaki (f) artışa bağlı olarak ilerleme kuvvetlerinin artmasına sonuç olarak da delik kalitesinin bozulmasına atfedilmektedir.

-Soğutma sıvısı kullanımının yüzey pürüzlülüğü değerini düşürdüğü tespit edilmiştir. Özellikle CCGT 060202F-AL KX numaralı kesici takım soğutma sıvısı kullanımı ile yüzey pürüzlülüğü kalite karakteristiği için oldukça verimli sonuç vermiştir. Soğutma sıvısının kullanımının yüzey pürüzlülüğünü iyileştirmesi, talaş oluşumunun ve tahliyesinin kolaylaşması şeklinde yorumlanmıştır. Bu durum literatürle paralellik göstermektedir [11].

-Yüzey pürüzlülüğü için en uygun parametre kombinasyonu CCGT 060202F-AL KX kodlu takımla, soğutma sıvılı kesme şartı altında, orta seviye devir sayısı (263 dev/dak) ve düşük seviye ilerleme oranı değeriyle (0,001 inch/dev) elde edilmiştir.

-En kötü yüzey pürüzlülük değeri ise CCGT 060202 26G6 kodlu takımla, kuru kesme şartı altında, orta seviye devir sayısı (263 dev/dak) ve yüksek ilerleme oranı değeriyle (0,003 inch/dev) elde edilmiştir.



Şekil 6.36. Yüzey pürüzlülüğü için sonuçların grafiksel olarak gösterilmesi

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Her bir kalite karakteristiği için en uygun parametre kombinasyonları ve işleme parametrelerinin bu kalite karakteristiklerine olan etki düzeyleri elde edilmiştir. Deney neticesinde başarılı sonuçlar elde edilmiş ve doğru işleme parametreleri kombinasyonunda çalışmanın önemi ortaya konulmuştur. Bunun yanında deney planında çok sayıda kombinasyon mevcut olduğu için işleme parametreleri ile kalite karakteristiklerinin ilişkilerinin oldukça karmaşık olduğu gözlemlenmiştir. Bu karmaşık ilişkileri, kombinasyon çokluğunun yanında, takım tezgâhının ve baralama işleminin yapısının etkilediği düşünülmektedir.

Baralama işleminin süreci gereği, matkapla delik delme ile tornalama işlemi arasında kalması sonuçları daha kompleks hale getirmektedir. Literatürdeki tornalama işleminde kesme parametrelerinin optimize edilmesi üzerine yapılan çalışmalar tarandığında işleme parametrelerinin orta seviye değerlerinin maksimum ya da minimum kalite karakteristiği sonucunu verebildiği görülmüştür [52, 54-57].

Çalışmadan elde edilen veriler ışığında bu konu üzerine yapılabilecek çalışmalara yön vermesi amacıyla yapılan öneriler aşağıda sıralanmıştır;

- Deneyin manuel bir tezgâhta yapılması nedeniyle operatör hatasına açık olduğu ve verileri etkileyebileceği gözlemlenmiştir. Bu noktada, CNC tezgâhlarda çalışmanın yürütülmesi hatayı minimize edecektir.
- Baralama işleminin ayar ve işleme süresi oldukça uzun olduğundan dolayı çalışma plakası tezgâha defalarca sökülüp bağlanarak deney tamamlanmıştır. Her bir yeni bağlama, farklı bir durum meydana getirdiği için, bu hata payını yükseltmiştir. Mevcut koşullarda çalışılacak ise çalışma parametrelerinin daha sade tutulması ve delik sayısının daha az olması tavsiye edilmektedir.
- Çalışmada işleme parametrelerinin birbirleri ile olan ilişkileri sınırlı olarak incelenmiştir. Yeni yapılacak olan çalışmalarda işleme parametrelerinin birbirleri ile olan ilişkilerinin kalite karakteristiklerine olan etkileri detaylı şekilde incelenebilir.
- Farklı malzemede iş parçaları kullanılarak iş parçasının etkileri, delik çıkışında çapak oluşumu, farklı tutucu tipleri ya da farklı uzunluklarda tutucu boyları kullanılarak bu parametrelerin kalite karakteristiğine olan etkileri gözlemlenebilir.

-Bütün parametreler sabit tutularak farklı operatörlerle çalışmalar yürütölüp, insan faktörünün kalite karakteristiklerine ve işleme süresine olan etkisi incelenebilir.

KAYNAKLAR

1. Tonshoff, H.L., Spintig, W., Konig, W., Neises, A., (1994). Machining of Holes Developments in Drilling Techonolgy, *Annals of the CIRP*, 43 (2): 551-560.
2. İnternet: Alüminyum Malzemesinin Özellikleri, URL: <http://www.alueurope.eu>, son erişim tarihi: 02.04.2020.
3. Zeytin, H., (2000). Alüminyum Alaşımları Otomotiv Endüstrisinde Uygulamaları ve Geleceği, *MAM MKTAE Proje No: 50H5602*, Gebze, Türkiye
4. Craig D.B., Anderson D.S (ed. by), (1995). *Handbook of Corrosion Data* (Second Edition), A.S.M International, ISBN: 978-0-87170-518-1, page 16-18.
5. Karakışlak, M., (1978). *Alüminyum Alaşımları ve Isıl İşlemi*, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 60 s.
6. Doğan, M., (1989). *Alüminyumların Isıl İşlemi*, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 54 s.
7. Eruslu, N., Altmışoglu, Y., Taptı, A., (2000). *Alaşımlar*, Ders Notu.
8. Smith, F.W., (2004). *Foundations of Materials Science and Engineering* (Third Edition), The McGraw-Hill Companies, New York.
9. Kvande, H., (1999). *Environmental Improvements in Aluminum Production Technology*, Journal, Light Metal Age, p.44.
10. İnternet: Alaşımlı Alüminyum Özellikleri, URL: <http://referansmetal.com/aluminyum.php>, son erişim tarihi: 02.04.2020.
11. Çakır, A., (2015). “AA7075 ve AA201 Alüminyum Malzemelerine Delik Delinmesinde Soğutma Yöntemlerinin İşleme Performansına Etkilerinin İncelenmesi”, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
12. Çakır, M.C., (2000). *Modern Talaşlı İmalat Yöntemleri*, VİPAŞ A.Ş. Yayınevi, Bursa, 390s.
13. Krar F. S., Rapisarda M., Check F. A., (1998). “*Machine Tool and Manufacturing Technology*”, Delmar Publishers, U.S.A.
14. Korucu S., (2007). “*Delik işlemlerinde kesiciler üzerine etki eden gerilmelerin matematiksel olarak modellenmesi*”, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
15. İnternet: Delik Delme Operasyonu Çeşitleri Gösterimi, URL: <https://www.waybuilder.net/sweethaven/IndustrialTech/machinist01/default.asp?uNum=3&iNum=0401>, son erişim tarihi: 02.04.2020.
16. Stephenson, D.A., Agapiou, J.S., (2006). *Metal Cutting Theory and Practice*, CRC Taylor and Francis., USA.

17. Akkurt, M., (1998). *Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları*, Birsen Yayınevi, Ankara, Türkiye, 23-90, 117-181.
18. Mendi, F., (1996). *Takım tezgâhları teori ve hesapları*, ISBN 975-96008, Gazi Kitabevi, Ankara, 5-40.
19. Erdoğan, M., (2000). *Demir Dışı Alaşımlar, Mühendislik Alaşımlarının Yapı ve Özellikleri*, Nobel Yayınevi, Cilt1
20. Mills, B., Redford., A.H., (1983). *Mechanibility of Engineering Metarials*, ISBN-13: 978-94-009-6633-8, Applied Science Publishers LTD, NewYork, USA.
21. Sandvik Coromant, (2008), *Kesici Takım El Klavuzu*, İsveç,
22. İnternet: Baralama Operasyonu Şekilsel Gösterimi, URL: <https://www.sandvik.coromant.com/tr-tr/knowledge/machining-formulas/definitions/pages/boring.aspx>, son erişim tarihi: 02.04.2020.
23. Bono, M., Ni, J., (2001). The effects of thermal distortions on the diameter and cylindricity of dry drilled holes, *The, International Journal of Machining Tools and Manufacturing*, Volume 41, Issue 15, Pages 2261-2270
24. İnternet: Silindiriklikten Sapma Şekilsel Gösterimi, URL: <http://www.engineeringessentials.com/gdt/circularity/circularity.htm>, son erişim tarihi: 02.04.2020.
25. İnternet: Dairesellikten Sapma Şekilsel Gösterim, URL: https://www.researchgate.net/figure/Roundness-measurement_fig3_324010654, son erişim tarihi: 02.04.2020.
26. Akkurt, A., (2009). *Delik yüzeylerine uygulanan yüzey iyileştirme işlemlerinin alüminyum alaşımı malzemeler üzerinde araştırılması*, Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), Karabük.
27. Suzuki, S., (2002). Developments in Oil Supplying Systems for MQL Cutting, *Journal of Japanese Society of Tribologists*, 47, 538-543.
28. İnternet: Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü Şekilsel Gösterimi, URL: <http://yamasa.com.tr/242/1/4/yamasa/yuzeyolcumparametreleri.aspx>, son erişim tarihi: 02.04.2020.
29. Yağmur S., Acır A., Şeker U., (2013). AISI 1050 Çeliğinin Delinmesinde Kesme Parametrelerinin ve Kaplama Uygulamasının Dairesellikten Sapma (Ovalite) Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması, *Politeknik Dergisi*, 3(105-109).
30. Meral, G., (2009). “AISI 1050 Malzemenin Delinmesinde Delme Parametrelerinin Kesme Kuvvetleri ve Delik Kalitesi Üzerindeki Etkisinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
31. Kaplan, Y., (2010). “Delik Delmede Farklı Parametrelerin Kesme Kuvveti, Moment, Titreşim, Yüzey Pürüzlülüğü, Aşınma ve Çapak Oluşumuna Etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

32. Kahraman F., Başar G., Koçoğlu Z. ve Yeniyl E., (2018). Delik büyütme işleminde kesme parametrelerinin çok yanıtı Taguchi deneysel tasarım yaklaşımı kullanılarak optimizasyonu, *Politeknik Dergisi*, 21(2): 283-290.
33. Çakır, A., (2009). “AA7075 ve AA6013 Alüminyum Alaşımlarının Delme Operasyonları Esnasındaki Kesme Parametrelerinin İncelenmesi”, Yüksek lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
34. Galloway, D.F., Leicestershire, X., (1956). Some Experiments on the influence of Various Factor on Drilling Performance, *The American Society of Mechanical Engineers*, 56-SA-18.
35. Nouari M., List G., Girot F., Coupard D., (2003). Experimental analysis and optimisation of tool wear in dry machining of aluminium alloys, *Wear*, 255: 1359-1368.
36. Kıvak T., Habalı K., Şeker U., (2010). Inconel 718’in Delinmesinde Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğü ve Talaş Oluşumu Üzerindeki Etkisinin Araştırılması, *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 25(2): 293-298.
37. Kıvak T., Çiçek A., Uygur İ., Özbek N. A., (2012). *AISI 316 Östenitik Paslanmaz Çeliğin Delinmesinde Tek Katlı ve Çok Katlı Kaplamaların Delik Kalitesi Üzerindeki Etkileri*, 3. Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu, Ankara, 28-34.
38. Siyambaş Y., Turgut Y., (2015). HSLA DIN EN 10149 Çeliğin Delinmesinde Kesme Parametrelerinin Eksenel Kuvvet ve Momente Etkilerinin Deneysel Araştırılması, *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 12(2): 41-49.
39. De Chiffre, L., Zeng, Z., Belluco, W., (1999). Parameter investigation in a reaming test for cutting fluid evaluation, Publication nr. MM99.71, *Tribology and Lubrication Technology*, Vol 58, Issue 7, p. 24-28
40. Beauchamp, Y., Thomas, M., Youssef, Y.A., Masounave, J., (1996). Investigation of cutting parameter effects on surface roughness in lathe boring operation by use of a full factorial design, *Computers & Industrial Engineering*, 31: 645-651.
41. Pirtini M., Lazoglu I., (2005). Forces and hole quality in drilling, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 45: 1271-1281.
42. Yuzo, S., Kinji, S., Makota, O., (1973). Tsuneo, S., Drilling machinibity of wrought pure aluminium for industrial use, *Journal of Japan Institute of Light Metals.*, 23(2):72-77.
43. Çakıroğlu, R. (2011). “Delik Delme İşlemlerinde Kesme Parametrelerine Bağlı Olarak Oluşan Sıcaklığın Modellenmesi” Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
44. Chelladurai H., Jain V., K., Vyas N. S., (2007). Development of a cutting tool condition monitoring system for high speed turning operation by vibration and strain analysis, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 37, pages471–485

45. Fernandes M., Cook C., (2006). Drilling of carbon composites using a one shot drill bit. Part I: Five stage representation of drilling and factors affecting maximum force and torque, *International Journal of Machine Tools&Manufacture*, 46(1):70-75
46. Stephenson, D.A., Wu, S.M. (1988). Computer models for the mechanics of three-dimensional cuttingpart II: Results for oblique end turning and drilling, *Journal of Engineering for Industry*, 110(2): 38-43
47. Jae-seob, Kwah (2005). Application of Taguchi and Response Surface Methodologies for Geometric Error in Surface Grinding Process, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 45: 327–334.
48. Balavendram, N. (1985). *Quality by Design-Taguchi Techniques for Industrial Experimentation*, Prentice Hall, London.
49. İnternet: AL7050 Alaşımının Özellikleri, URL: <http://www.referansmetal.com/alasimli-aluminyum/product/58/uzayhavacilik-savunma/levha-plaka/ams-4050-alzn6cumgxr-7050-t7451?lang=de>, Son Erişim Tarihi: 19 Ocak 2020.
50. Montgomery, D. C., (2010). *Design and Analysis of Experiments*. 7th ed. India: Wiley; Wiley Student Edition.
51. Jiju, A., (2003). *Design of Experiments For Engineers and Scientists*. Elsevier Science and Technology Books.
52. Hamdan, A., Sarhan, A.A.D. and Hamdi, M., (2012). An optimization method of the machining parameters in high-speed machining of stainless steel using coated carbide tool for best surface finish. *International Journal Advanced Manufacturing Technology*, 58, p.81–91.
53. Park, S. H., (1996). *Parameter Design, Robust Design and Analysis for Quality Engineering*, Chapman & Hall, London.
54. Vineesh, Samuel R., (2017). Experimental Investigation, Analysis and Optimization of Turning EN 41 Steel, *IJSTE - International Journal of Science Technology & Engineering*, Volume 3, Issue 11
55. Kumar S., Sharma S.K., (2014). Optimization of Material Removal Rate in Cnc Turning of Mild Steel 1018 Using Taguchi Method, *International Journal of Engineering Research and Applications*, www.ijera.com ISSN : 2248-9622, Vol. 4, Issue 4(Versıon 5), pp.69-73
56. Yang W.H., Tarnı Y.S., (1998). Design optimization of cutting parameters for turning operations based on the Taguchi method, *Journal of Materials Processing Technology* 84 122–129
57. Kumar A., Yadav S.K., (2017). “Optimization of Process Parameters in Turning Operation – A Review”, *IJSRD - International Journal for Scientific Research & Development* Vol. 4, Issue 11, | ISSN (online): 2321-0613,pp. 50-53

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : DAĞLI, Hüseyin
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 25.09.1992, Ankara
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 05392677400
 e-mail : huseyindagli40@gmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birim	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / İmalat Mühendisliği	Devam Ediyor
Lisans	Gazi Üniversitesi / Makina Mühendisliği	2016
Lise	Bahçelievler Anadolu Lisesi	2010

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2019-Halen	TUSAŞ	NC Mühendisi
2017-2019	TUSAŞ	İmalat Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Kafkas, F., Dağlı, H., “Gri İlişkisel Analiz Kullanılarak AL7050-T7451 Alaşımının Delinmesi Sırasında Boyutsal Doğruluk, Silindiriklik ve Daireselliğin Deneysel İncelenmesi ve Optimizasyonu”, Ankara 2. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi, 6-8 Mart 2020

Hobiler

Yüzme, Fotoğrafçılık, Basketbol, Seyahat



GAZİ GELECEKTİR..