



**KULLANILMIŞ PARMAC FREZELERİN YENİDEN BİLEME SONRASI
PERFORMANSLARININ ARAŞTIRILMASI**

Yasin HACİBEKTAŞOĞLU

**YÜKSEK LİSANS
MAKİNA EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

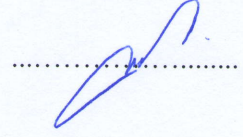
NİSAN 2014

Yasin HACIBEKTAŞOĞLU tarafından hazırlanan “Kullanılmış Parmak Frezelerin Yeniden Bileme Sonrası Performanslarının Araştırılması” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Makina Eğitimi Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Salih KORUCU

İmalat Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

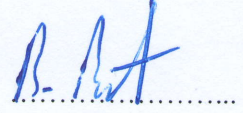
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.



Başkan : Doç. Dr. Bülent BOSTAN

Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

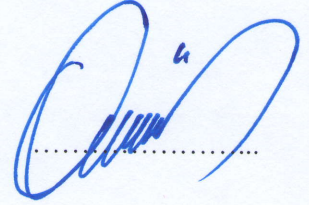
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.



Üye : Yrd. Doç. Dr. Hakan GÜRÜN

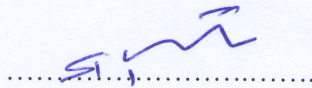
İmalat Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

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



Tez Savunma Tarihi: 16/04/2014

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



Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU
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.


Yasın HACİBEKTAŞOĞLU

16/04/2014

KULLANILMIŞ PARMAK FREZELERİN YENİDEN BİLEME SONRASI
PERFORMANSLARININ ARAŞTIRILMASI

(Yüksek Lisans Tezi)

Yasin HACİBEKTAŞOĞLU

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Nisan 2014

ÖZET

Bu çalışmada modern CNC işleme merkezlerinde yaygın olarak kullanılan parmak frezelerin, bilenerek tekrar kullanılmaları halindeki performansları araştırılmıştır. Bu amaçla, CNC dik işleme merkezinde, AISI 1050 (C45) imalat çeliği üzerinden ilk kez kullanılmış olan iki farklı çapta (Ø5 ve Ø8 mm) HSS parmak freze ile talaş kaldırma işlemi yapılmıştır. Aynı işlem AISI D2 (2080) soğuk iş takım çeliği üzerinden yine ilk kez kullanılmış olan iki farklı çapta (Ø5 ve Ø8 mm) karbür parmak freze ile yapılmıştır. Talaş kaldırma işlemi, dört farklı kesme hızı (45-56,25-72-90 m/dak), dört farklı ilerleme (0,025-0,03125-0,04-0,05 mm/diş) ve dört farklı kesme derinliği (0,75-0,93-1,20-1,50 mm) ile yapılmıştır. Hemen akabinde, kullanılan bu parmak frezeler bilenerek aynı tezgâhta, aynı parametrelerle aynı çelikler üzerinden talaş kaldırmaları sağlanıp ilk duruma göre performansları değerlendirilmiştir. Çalışmada, deney seti Taguchi L_{16} (4*3-2*1) ortogonal dizini esas alınarak deney düzeneği hazırlanmıştır. Kesme hızı, ilerleme, kesme derinliği ve kesici takım çapı giriş parametreleri olarak belirlenirken, kesme kuvveti, yüzey pürüzlülüğü ve aşınma miktarı da çıkış parametreleri olarak belirlenmiştir. Deneyler sonucunda, çıkış parametrelerine göre, HSS ve karbür kesici takımların her ikisinde de bileme sonrası performanslarının azaldığı gözlenmiştir. Ayrıca, varyans analizi (ANOVA) ile giriş parametrelerinin çıkış parametreleri üzerindeki etkileri nicel olarak belirlenmiştir.

Bilim Kodu : 708.3.028

Anahtar Kelimeler : Frezeleme, Parmak Freze, Yeniden Bileme, Performans

Sayfa Adedi : 83

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Salih KORUCU

AN INVESTIGATION OF PERFORMANCE AFTER REDRESSED OF USED END
MILLS

(M. Sc. Thesis)

Yasin HACIBEKTAŞOĞLU

GAZİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

April 2014

ABSTRACT

In this study, performances of end mills, widely used in modern CNC manufacturing machines, in a state of sharpening and re-usage, were investigated. For this purpose, in CNC vertical manufacturing machine, chip removal process was performed on AISI 1050 (C45) manufacturing steel by two different diameters ($\text{\O}5$ and $\text{\O}8$ mm) of HSS end mill that is used for the first time. The same process was performed on AISI D2 (2080) cold work tool steel by two different diameters ($\text{\O}5$ and $\text{\O}8$ mm) of carbide end mill that is used again for the first time. Chip removal process was performed with four different cutting speeds (45-56, 25-72-90 m/min), four different feed rates (0,025-0,03125-0,04-0,05 mm/thread), and four different cutting depths (0,75-0,93-1,20-1,50 mm). Subsequently, used end mills were sharpened, and chip removals were achieved in the same bench and with the same parameters on the same steel, and their performances were evaluated according to the first state. In the study, an experiment set was prepared by taking the experiment set Taguchi L_{16} ($4*3-2*1$) orthogonal sequence as the basis. As the cutting speed, feed rate, cutting depth and cutter set diameter entry parameters are determined, cutting force, surface roughness and tool wear amount were determined as out parameters. At the result of the experiments, based on the out parameters, it was observed that performances following sharpening were diminished in both of HSS and carbide cutter sets. Furthermore, effects of entry parameters on out parameters were determined quantitatively by variance analysis (ANOVA).

Science Code : 708.3.028

Key Words : Milling, End Mill, Redressing, Performance

Page Number : 83

Supervisor : Assist. Prof. Dr. Salih KORUCU

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli katkılarıyla beni yönlendiren danışmanım Yrd. Doç. Dr. Salih KORUCU'ya şükranlarımı sunarım.

Tecrübelerinden faydalandığım değerli hocalarım Prof. Dr. Ulvi ŞEKER'e ve Yrd. Doç. Dr. Yakup TURGUT' a, deneylerin yapılmasında bana yardımcı olan Arş. Gör. Dr. Gültekin UZUN, Öğr. Gör. Murat SARIKAYA, Emre AY, Şenol BAYRAKTAR ve Yusuf SİYAMBAŞ'a, maddi ve manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan değerli arkadaşım Öğr. Gör. Güven MERAL'e ve bugünlere gelmemde en büyük paya sahip olan kıymetli aileme teşekkür ederim.

Ayrıca bu çalışmayı, 07/2012-51 No'lu proje ile destekleyen Gazi Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	5
3. KURAMSAL TEMELLER.....	9
3.1. Frezeleme.....	9
3.1.1. Frezeleme işleminde oluşan kuvvetler.....	12
3.1.2. Frezelemede kesme parametreleri.....	15
3.2. İşlenebilirlik.....	17
3.3. Yüzey Kalitesi Ve Ölçümü	19
3.3.1. Yüzey pürüzlülüğü ölçme teknikleri.....	21
3.4. Takım Aşınması.....	22
3.4.1. Aşınma mekanizmaları.....	24
3.4.2. Aşınma tipleri.....	25
3.5. Taguchi Metodu	26
3.5.1. Sistem tasarımı.....	26
3.5.2. Parametre tasarımı.....	27
3.5.3. Tolerans tasarımı	27

	Sayfa
3.5.4. Taguchi'nin sinyal/gürültü oranları.....	29
3.5.5. Uygun ortogonal düzenin seçilmesi.....	30
3.5.6. Varyans analizi.....	30
4. MALZEME VE METOT.....	31
4.1. Deney Numuneleri.....	31
4.2. Deneylerde Kullanılan Cihaz ve Donanımlar.....	32
4.3. Kesme Kuvvetlerinin Ölçülmesi.....	32
4.4. Yüzey Pürüzlülük Ölçüm Cihazı.....	33
4.5. Deneylerde Kullanılan Kesici Takım ve Kesme Parametreleri.....	34
4.6. Taguchi Deney Düzenegi.....	36
4.7. Parmak Freze Bileme Makinası Ve Çalışma Prensibi.....	37
4.8. Bileşke Kuvveti Oluşturan F_x ve F_y Bileşenlerinin Belirlenmesi.....	38
5. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	41
5.1. Yeni ve Bilenmiş HSS Takımlarda Kesme Parametrelerine Bağlı Olarak Bileşke Kesme Kuvvetlerindeki ($F_{Bileşke}$) Değişim.....	46
5.2. Yeni ve Bilenmiş HSS Takımlarda Kesme Parametrelerine Bağlı Olarak Ortalama Yüzey Pürüzlülüğündeki (Ra) Değişim.....	50
5.3. Yeni ve Bilenmiş HSS Takımlarda Kesme Parametrelerine Bağlı Olarak Takım Yanak Aşınmalarındaki (VB) Değişim.....	52
5.4. Yeni ve Bilenmiş Karbür Takımlarda Kesme Parametrelerine Bağlı Olarak Bileşke Kesme Kuvvetlerindeki ($F_{Bileşke}$) Değişim.....	55
5.5. Yeni ve Bilenmiş Karbür Takımlarda Kesme Parametrelerine Bağlı Olarak Ortalama Yüzey Pürüzlülüğündeki (Ra) Değişim.....	58
5.6. Karbür Yeni ve Bilenmiş Karbür Takımlarda Kesme Parametrelerine Bağlı Olarak Takım Yanak Aşınmalarındaki (VB) Değişim.....	60
5.7. Varyans Analizi (ANOVA).....	63
5.7.1. HSS kesici takım için yapılan varyans analizi.....	64

	Sayfa
5.7.2. Bilenmiş HSS kesici takım için yapılan varyans analizi.....	66
5.7.3. Karbür kesici takım için yapılan varyans analizi.....	68
5.7.4. Bilenmiş karbür kesici takım için yapılan varyans analizi.....	70
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	73
KAYNAKLAR.....	77
ÖZGEÇMİŞ.....	83

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. AISI 1050 imalat çeliğinin kimyasal bileşimi.....	32
Çizelge 4.2. AISI D2 soğuk iş takım çeliğinin kimyasal bileşimi.....	32
Çizelge 4.3. Johnford VMC-440 CNC dik işleme merkezinin özellikleri.....	32
Çizelge 4.4. Deneyleerde kullanılan cihaz/donanım ve özellikleri.....	33
Çizelge 4.5. Yüzey pürüzlülük cihazının özellikleri.....	34
Çizelge 4.6. Deney değişkenleri.....	35
Çizelge 4.7. Deneyleerde kullanılan kaplamasız HSS kesici takımlar.....	35
Çizelge 4.8. Deneyleerde kullanılan kaplamasız karbür kesici takımlar.....	35
Çizelge 4.9. Kesme parametreleri.....	35
Çizelge 4.10. HSS ve karbür kesici takımlar için deney faktörleri ve seviyeleri.....	36
Çizelge 4.11. HSS ve karbür kesici takımlar için Taguchi L ₁₆ deney düzeni.....	36
Çizelge 4.12. Parmak Freze Bileme Makinasının Genel Özellikleri.....	38
Çizelge 5.1. Taguchi L ₁₆ deney düzeneğine göre HSS kesici takım deney tablosu.....	42
Çizelge 5.2. Taguchi L ₁₆ deney düzeneğine göre bilenmiş HSS kesici takım deney tablosu.....	43
Çizelge 5.3. Taguchi L ₁₆ deney düzeneğine göre karbür kesici takım deney tablosu.....	44
Çizelge 5.4. Taguchi L ₁₆ deney düzeneğine göre bilenmiş karbür kesici takım deney tablosu.....	45
Çizelge 5.5. Kontrol faktörleri ve seviyeleri.....	63
Çizelge 5.6. HSS kesici takım için varyans analizi.....	64
Çizelge 5.7. Bilenmiş HSS kesici takım için varyans analizi.....	66
Çizelge 5.8. Karbür kesici takım için varyans analizi.....	68
Çizelge 5.9. Bilenmiş karbür kesici takım için varyans analizi.....	70

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. İşlem sayısına göre frezeleme işleminin diğer talaş kaldırma işlemleriyle karşılaştırılması.....	1
Şekil 1.2. Talaş kaldırma süresine göre frezeleme işleminin diğer talaş kaldırma işlemleriyle karşılaştırılması.....	2
Şekil 3.1.a-b Frezeleme metotları ve frezeler.....	10
Şekil 3.2. (a) Çevresel frezeleme (b) Alın frezeleme.....	11
Şekil 3.3. (a) Aynı yönlü frezeleme (b) Zıt yönlü frezeleme	12
Şekil 3.4. Alın frezelemede oluşan kuvvetler.....	14
Şekil 3.5. İşlenebilirliği etkileyen faktörler	18
Şekil 3.6. İşlenmiş bir yüzeyin,yüzey karakteri.....	20
Şekil 3.7. Temel aşınma mekanizmalarının şematik olarak gösterilmesi	24
Şekil 4.1.a-b Deneyleerde kullanılan malzemeye ait şematik resim.....	31
Şekil 4.2. Deney düzeneği şematik gösterimi.....	33
Şekil 4.3. Yüzey pürüzlülük cihazı.....	34
Şekil 4.4. Parmak freze bileme makinası.....	37
Şekil 4.5. Aşınmış bir parmak freze örneği.....	38
Şekil 4.6. F_x ve F_y kesme kuvvetlerini belirlemede kullanılan giriş deney grafiği.....	39
Şekil 4.7. F_x ve F_y kesme kuvvetlerini belirlemede kullanılan çıkış deney grafiği.....	39
Şekil 5.1. Yeni ve bilenmiş HSS takımlarla talaş kaldırmada oluşan bileşke kuvvetin kesme hızına bağlı olarak değişimleri.....	46
Şekil 5.2. Yeni ve bilenmiş HSS takımlarla talaş kaldırmada oluşan bileşke kuvvetin ilerleme miktarına bağlı olarak değişimleri.....	48

Şekil	Sayfa
Şekil 5.3. Yeni ve bilenmiş HSS takımlarla talaş kaldırmada oluşan bileşke kuvvetin kesme derinliğine bağlı olarak değişimleri.....	49
Şekil 5.4. Yeni ve bilenmiş HSS takımlarla talaş kaldırmada oluşan ortalama yüzey pürüzlülüğünün kesme hızına bağlı olarak değişimleri.....	50
Şekil 5.5. Yeni ve bilenmiş HSS takımlarla talaş kaldırmada oluşan ortalama yüzey pürüzlülüğünün ilerleme miktarına bağlı olarak değişimleri.....	51
Şekil 5.6. Yeni ve bilenmiş HSS takımlarla talaş kaldırmada oluşan ortalama yüzey pürüzlülüğünün kesme derinliğine bağlı olarak değişimleri.....	52
Şekil 5.7. a,b,c Kesme parametrelerine bağlı olarak yeni ve bilenmiş HSS takımların yanak aşınma miktarlarındaki değişimler.....	53
Şekil 5.8. Yeni ve bilenmiş karbür takımlarla talaş kaldırmada oluşan bileşke kuvvetin kesme hızına bağlı olarak değişimleri.....	55
Şekil 5.9. Yeni ve bilenmiş HSS takımlarla talaş kaldırmada oluşan bileşke kuvvetin ilerleme miktarına bağlı olarak değişimleri.....	56
Şekil 5.10. Yeni ve bilenmiş HSS takımlarla talaş kaldırmada oluşan bileşke kuvvetin kesme derinliğine bağlı olarak değişimleri.....	57
Şekil 5.11. a,b,c Kesme parametrelerine bağlı olarak yeni ve bilenmiş karbür takımların ortalama yüzey pürüzlülük miktarlarındaki değişimler.....	59
Şekil 5.12. a,b,c Kesme parametrelerine bağlı olarak yeni ve bilenmiş karbür takımların yanak aşınma miktarlarındaki değişimler.....	61

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simge	Açıklama
F_x	Kesme Kuvveti (N)
F_y	Kesme Kuvveti (N)
F_{zz}	Ortalama Talaş Kaldırma Kuvveti (N)
F_{cz}	Ortalama Kesme Kuvveti (N)
F_{rz}	Ortalama Radyal Kuvvet (N)
F_{fz}	Ortalama İlerleme Kuvveti (N)
$F_{bileşke}$	Bileşke Kuvvet (N)
N	Devir Sayısı (dev/dak)
R_a	Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü (μm)
V_B	Aşınma (mm)
V	Kesme Hızı (m/dak)
F	İlerleme (mm/diş)
a	Kesme Derinliği (mm)
d	Parmak Freze Çapı (mm)
R^2	Belirtme Katsayısı
p	Anlamlılık Göstergesi
Kısaltmalar	Açıklama
ANOVA	Varyans analizi (Analysis of Variance)
BUE	Yığıntı Talaş (Built up edge)
CNC	Computer Numerical Control (Bilgisayarlı Sayısal Denetim)
HSS	High Speed Steel (Yüksek Hız Çeliği)
HRc	Rockwell Sertlik
KT	Kareler Toplamı

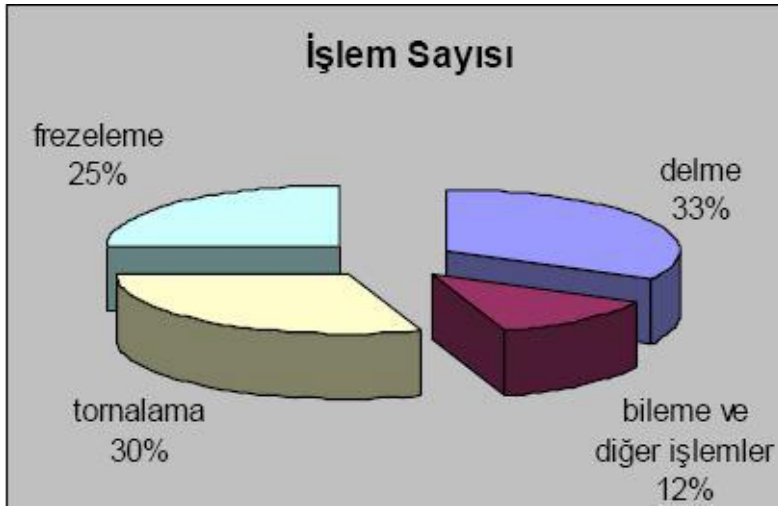
Kısaltmalar	Açıklama
KO	Kareler Ortalaması
SD	Serbestlik Derecesi
S/N	Taguchi Sinyal/Gürültü Oranı
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
YSA	Yapay Sinir Ağları

1. GİRİŞ

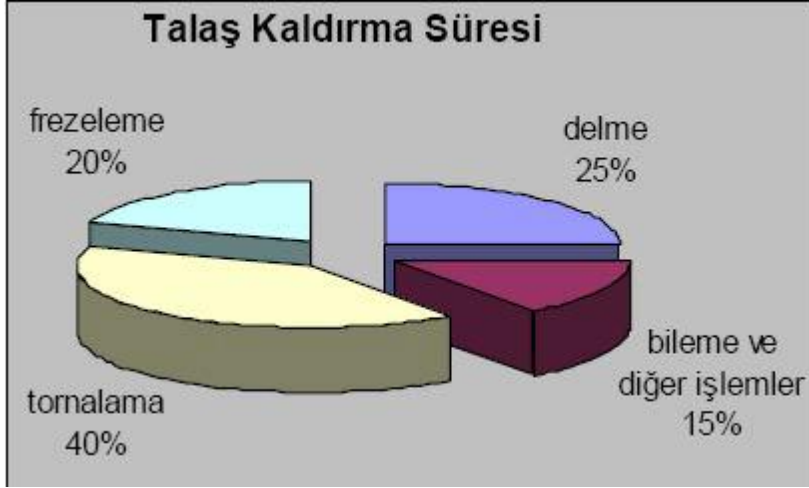
Geçmişten günümüze gelen ve hâlihazırda kullanmakta olduğumuz, üretim yaptığımız tezgâhların temelini talaşlı imalat oluşturmaktadır. Talaşlı imalat ile üretimde en ilkel yöntemin, demirci ustalarının metalleri döverek onlara şekil vermesi olduğu söylenebilir.

Talaşlı imalat günümüz dünya konjonktüründe çok önemli bir yere sahip olup savunma, tarım, otomotiv, medikal ve uzay-havacılık gibi alanlarda ihtiyaçları karşılayabilmek için sürekli iyileşen ve gelişmek zorunda olan bir sektör haline gelmiştir.

Talaşlı imalat sektöründe, sıfır hata ile üretim yapmak ve zamanı tasarruflu kullanabilmek adına çeşitli işlemler yapılır. Bu işlemlerden biri de frezelemedir. Frezeleme, en önemli talaş kaldırma işlemlerinden biridir ve talaş kaldırma işlemlerinin yaklaşık %25'ini içermektedir (Şekil 1.1). Yine kesici takımlarla yapılan talaş kaldırma işlemlerinde harcanan zamanın %20'si frezeleme işlemi olarak tezgahta geçirilmektedir (Şekil 1.2) [1].



Şekil 1.1. İşlem sayısına göre frezeleme işleminin diğer talaş kaldırma işlemleriyle karşılaştırılması [1].



Şekil 1.2. Talaş kaldırma süresine göre frezeleme işleminin diğer talaş kaldırma işlemleriyle karşılaştırılması [1].

Talaş kaldırmada asıl husus; düşük maliyetlerle en fazla üretim miktarını, maksimum takım ömrü ile elde etmektir. Bunu yaparken yüzey kalitesini muhafaza etmek için talaş kaldırmaya etki eden kesme şartlarının, takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini analiz etmek gerekir. Kesme kuvvetleri, işleme esnasında oluşan herhangi bir değişken tarafından, doğrudan etkilenen en önemli çıkış değişkenlerinden biridir. Kesme kuvvetleri üzerinde etkili olan bu değişkenler; ilerleme hızı, kesme derinliği, kesme hızı, takım geometrisi, iş parçası malzemesi, takım-tezgâh çiftinin dinamik karakteristikleri, bağlama sistemi, takım kesme yüzeylerindeki aşınmanın gelişimi, sıcaklık ve titreşim gibi faktörlerdir. Takıma etki eden kesme kuvvetleri takım durumu hakkında önemli bilgi kaynağıdır. Bu bilgi, işlenebilirliği, takım kırılmasını, takım aşınmasını, tırlamayı ve yüzey tamlığını anlamada kullanılabilir [2].

Yüzey pürüzlülüğü, üretilen parçaların yüzey kalitelerinin geliştirilmesi ve belirlenmesinde, önemli bir rol oynar. Ayrıca yüzey pürüzlülüğü, yorulma direnci, aşınma, ısı iletimi, sürtünme ve yağlama gibi ürünün kalitesinin artırılması için gerekli olan fonksiyonel karakteristik özellikleri de etkilemektedir. Yüzey pürüzlülüğünün azalması yüzey kalitesinin artmasını sağlamaktadır. İşlenmiş parça yüzeylerinin tribolojik özellikleri, yüzey pürüzlülüğünden birinci derecede etkilenmektedir. Yüzey pürüzlülüğü sadece aşınma, sürtünme ve yağlama gibi tribolojinin geleneksel konularında değil aynı zamanda sızdırmazlık, hidrodinamik, elektrik, ısı iletimi vb. farklı alanlarda da dikkate alınması gereken önemli bir faktördür [3].

Bütün kesici takımlar talaş kaldırma işlemi sırasında aşınır ve bu aşınma, kesici takımın ömrü tamamlanıncaya kadar devam eder [4]. Kesici takım ucunun bozulması genellikle aynı anda çok farklı aşınma mekanizması tarafından etkilendiği için çok karmaşık bir olaydır [5].

Günümüzde bilgisayar teknolojisi her alanda olduğu gibi talaşlı üretimin tasarımdan, üretimine ve satışına kadar geçen süreçte etkin olarak kullanılmaktadır. Üretim şartlarının bilgisayar ortamında tasarımı, analizi ve bilgisayar kontrollü tezgâhlarda son ürünün en hassas biçimde imal edilmesi gibi aşamaların tümünde en iyi üretim şartlarını elde etmek amacı ile bilgisayarların hesaplamadaki hızlarından faydalanılmaktadır. Gelişen Yapay Sinir Ağları (YSA) ve Taguchi optimizasyonu talaşlı üretimde son on yılda önemli bir yer almış olup, tasarım ve analiz programlarının geliştirilmesinde, işleme şartlarının optimizasyonunda ve simülasyonunda, işleme anında gelişen problemlerin izlenmesinde ve önlenmesinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Talaşlı imalatta işleme şartlarının çok karmaşık ve doğrusal olmayan ilişkiler içinde olması, matematiksel teorilerin gelişim sürecini güçleştirmektedir. Ancak YSA ve Taguchi Metodu daha kısa sürede bu karmaşık ilişkilere en iyi çözümler üretebilme özelliği ile talaşlı imalat sektöründe yapılan çalışmalarda yoğun olarak tercih edilmesine sebep olmuştur [6].

Yapılan bu çalışmada modern CNC işleme merkezlerinde yaygın olarak kullanılan parmak frezelerin, bilenerek tekrar kullanılmaları halindeki performansları araştırılmıştır. Bu amaçla, CNC dik işleme merkezinde, AISI 1050 (C45) imalat çeliği üzerinden ilk kez kullanılmış olan iki farklı çapta ($\emptyset 5$ ve $\emptyset 8$ mm) HSS parmak frezeler ile talaş kaldırılmıştır. Bir diğer malzememiz olan AISI D2 (2080) soğuk iş takım çeliği üzerinden de yine ilk kez kullanılmış olan iki farklı çapta ($\emptyset 5$ ve $\emptyset 8$ mm) karbür parmak frezeler ile talaş kaldırma işlemi yapılmıştır. Talaş kaldırma işlemi, dört farklı kesme hızı (45-56,25-72-90 m/dak), dört farklı ilerleme (0,025-0,03125-0,04-0,05 mm/diş) ve dört farklı kesme derinliği (0,75-0,93-1,20-1,50 mm) ile yapılmıştır. Hemen akabinde, kullanılan bu parmak frezeler bilenerek aynı tezgâhta, aynı parametrelerle aynı çelikler üzerinden talaş kaldırmaları sağlanıp ilk duruma göre performansları değerlendirilmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Frezeleme işlemlerinde işlenmiş parçaların yüzey pürüzlülüğü, yüzey kalitesinin en önemli kriteridir. Yüzey pürüzlülüğü değeri genelde takım geometrisi ve kesme şartları gibi işleme şartları sonucuna bağlıdır. Frezelemede uygun kesme parametrelerinin seçilmesi ile istenilen yüzey kalitesinin sağlanması mümkündür. Talaş kaldırma sırasında kesme kuvvetleri gerek takım, gerekse parça üzerinde bir takım şekil değiştirmelere neden olarak takım-parça konumunu değiştirirler ve işleme kalitesini etkilerler. Literatürde yüzey pürüzlülüğü, aşınma ve kesme kuvvetleriyle ilgili çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

Diniz ve Filho düzlem yüzey frezelemede, takım ömrü, takım aşınması ve son işlemlerin takım ve malzeme üzerindeki etkilerini, takım ve malzeme bağlama pozisyonlarının takım ömrüne ve yüzey pürüzlülüğüne etkilerini incelemişlerdir. Asıl kesici kenar üzerindeki aşınmanın, malzemenin yüzey pürüzlülüğüne etkisinin bulunmadığını ve yüzey pürüzlülüğünün birbirini takip eden kesici kenarın üzerindeki aşınmadan dolayı olduğunu göstermişlerdir [7].

Boothroyd ve Knight, metal kesme işlemleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerinde çalışma yapmışlardır. Yaptıkları deneylerde; ilerleme arttıkça, yüzey pürüzlülüğünün arttığı ve kesme hızı arttıkça yüzey pürüzlülüğünün azaldığını gözlemlemişlerdir. Pratikte kullanılan doğal yüzey pürüzlülüğünün; titreşimlere sapmalara, malzemenin karakteristiklerine ve talaş akışından kaynaklanan yüzey bozukluğuna bağlı olduğu araştırmacılar tarafından ifade edilmiştir [8].

GhaniI ve arkadaşlarının yapmış oldukları araştırmada AISI H13 takım çeliğinin yüzey frezelenmesi esnasında kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliğinin TiN kaplı karbür takım ömrü üzerine etkileri incelenmiştir. Sonuçlar takım ömrü üzerinde, ilerleme hızı ve kesme derinliğinin yüksek etkisi olduğunu göstermiştir [9].

Budak ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada, parmak freze ile yüzey işlemede frezeleme kuvvetlerinin deneysel olarak ölçüp elde edilen kuvvet değerlerinin, farklı çaptaki parmak frezelerin ve bunlara ait talaş derinliği, ilerleme miktarı gibi değerler için kuvvet katsayısını tayin etmişlerdir [10].

Korkut ve Dönertaş, yaptıkları çalışmada alın frezelemede ilerleme ve kesme hızının, kesme kuvvetine ve yüzey pürüzlülüğüne etkisi araştırmış ve kesme kuvvetine ait üç farklı model geliştirmişlerdir. AISI 1020 ve AISI 1040 olmak üzere iki farklı deney malzemesi kullanmışlar, talaş derinliğini sabit tutarak beş farklı kesme hızında ve üç farklı ilerleme hızında X, Y ve Z yönündeki kesme kuvvetlerini ve işlenen yüzeye ait yüzey pürüzlülük değerlerini ölçerek değerlendirmişlerdir [11].

Zhang ve arkadaşları yaptıkları çalışmada alın frezelemede Taguchi metodu kullanarak yüzey pürüzlülüğüne ait optimizasyon çalışması yapmışlardır. İşleme değişkeni olarak iş mili devrini, ilerlemeyi ve talaş derinliğini almışlardır. Takım aşınmasını ve ortam sıcaklığını dış etken olarak değerlendirmişlerdir. Toplam otuz altı adet deney yapmışlar ve bu deneyler sonucunda işlenen yüzeylere ait yüzey pürüzlülük değerlerini ölçmüşlerdir. Sonuç olarak işleme değişkenlerinin yüzey pürüzlülüğü üzerine olan etkisini incelemişlerdir [12].

Gökkaya ve arkadaşları, yaptıkları çalışmada, kaplamasız sementit karbür kesici takımla, işleme parametresi olarak üç farklı kesme hızı ve beş farklı ilerleme kullanarak, AISI 1030 çeliğinden talaş kaldırmışlar ve kaplamasız sementit karbür kesici takım ile işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisini araştırmışlardır. Sonuç olarak ilerleme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülüğünün arttığını ayrıca kesme hızının artmasıyla da yüzey pürüzlülüğünün arttığını gözlemlemişlerdir [13].

Güllü ve Özdemir prizmatik parçaları frezeleyerek yaptıkları çalışmalarda, bitmiş yüzey pürüzlülüğünü doğrudan etkileyen kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliği parametrelerini, deneysel olarak araştırmışlardır. Beş farklı kesme hızı, dört farklı ilerleme ve üç farklı kesme derinliği kullanılarak elde edilen yüzeylerin pürüzlülüğünü (Ra) ölçmüşlerdir. Bu deneysel çalışmada kesme hızının, ilerleme ve kesme derinliğinin yüzey pürüzlülüğü üzerinde büyük etkileri olduğunu belirlemişlerdir. Seçilen parametreler arasında bir düzensizlik olduğunda ise, yüzey pürüzlülük değerinin arttığı tespit etmişlerdir [14].

Jawaid ve arkadaşları gerçekleştirmiş oldukları çalışmada, titanyum alaşımının yüzey frezelemesi yapıldığı zaman kaplı karbür takımların aşınma mekanizması ve performansını incelemişlerdir. Deneylerde PVD-TiN ve CVD-TiCN +Al₂O₃ kaplı iki takım kullanmışlardır. Malzeme kaldırmanın hacmi ve takım ömrü dikkate alındığında CVD

kaplı takımlar PVD kaplı takımlara göre daha iyi performans sergilediklerini gözlemlemişlerdir [15].

Chou ve Song, AISI 52100 çeliğinin farklı kesme şartlarında işlenmesinde takım uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğüne etkilerini, takım aşınmasını, kesme kuvvetlerini ve beyaz katman derinliğini araştırmışlardır. Sonuçta, takım uç yarıçapının artmasıyla yüzey kalitesinin iyileştiği fakat bunun yanında takım aşınmasının, kesme kuvvetlerinin ve spesifik kesme enerjisinin arttığını gözlemlemişlerdir [16].

Yang ve Tarn, yaptıkları çalışmada, kalite optimizasyon tasarımında güçlü bir yöntem olan Taguchi metodunu tornalama operasyonlarında optimal kesme parametrelerinin bulunmasında kullanmışlardır. Deneysel çalışmalarda, P10 kalitesinde tungsten karbür uç kullanılmıştır. Giriş kesme parametreleri olarak $V=210$ m/dak, $f=0,20$ mm/dev ve $d=1,1$ mm seçilmiştir. Yapılan bu çalışmayla sadece tornalama operasyonları için optimal kesme parametreleri belirlenmemiş, aynı zamanda bu kesme parametrelerinin kesme performansı üzerindeki etkileri de araştırılmıştır. Seçilen giriş kesme parametrelerinden optimal kesme parametreleri elde edilerek takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğü % 250 oranında geliştirmişlerdir [17].

Kopac ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada; soğuk haddelenmiş C15 E4 çeliğinin işlenmesinde kesme hızı, kesici takım malzemesi, iş parçası malzemesi, kesme derinliği ve farklı talaş derinliklerinde kesmenin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi Taguchi metodu ile araştırılmıştır. Yapılan Taguchi değerlendirmeleri sonucunda, $V=400$ m/dak kesme hızı ve 0,3 mm kesme derinliğinde TiN kaplı sermet kesici takımlar ile işleme yapıldığında en iyi yüzey pürüzlülük değerlerinin elde edileceği rapor edilmiştir [18].

Choudhury ve Bartarya, takım aşınmasının tahmin edilmesinde deneysel tasarım ve sinir ağları olarak adlandırılan iki teknik üzerinde odaklanmışlardır. Yapılan çalışmada, EN24 çelik malzemede kesme hızı, ilerleme miktarı ve talaş derinliği giriş parametresi alınarak, tornalama sırasında kesme bölgesinde oluşan ısı, yüzey pürüzlülüğü ve yan kenar aşınma oranları belirlenmiştir [19].

Davim ve arkadaşları, yaptıkları çalışmada sementit karbür uç kullanılarak makine çeliğinin işlenmesi sonucunda oluşan yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesi için deneyler

yapmışlardır. Deneyler Taguchi L27 ortogonal dizisine göre yapılmıştır. İlerleme oranı, kesme hızı ve kesme derinliği girdi, yüzey pürüzlülüğü çıktı olarak kullanılmıştır. Yapılan çalışmada kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerinde önemli etkiye sahip olduğunu belirlemişlerdir. En az yüzey pürüzlülüğünü düşük ilerleme oranı ve yüksek kesme hızının birleşimi ile elde etmişlerdir [20].

Jawaid ve arkadaşları düzlem yüzey frezeleme işleminde, titanyum alaşımlı kaplanmış kesici takımların aşınma mekanizmaları üzerinde çalışmışlardır. Farklı kesme koşullarında takım ömrü, takım aşınması ve aşınma mekanizmalarını deneysel olarak incelemişlerdir [21].

Yapılan literatür araştırmaları sonucunda, parmak freze kesici takımların kullanıldıkları deneylerde genel olarak takım aşınmalarının, kesme kuvvetlerinin ve yüzey pürüzlülüklerinin araştırıldığı çalışmaların mevcut olduğu gözlenmiştir. Literatürde parmak frezelerin bilenerek tekrar kullanımları halindeki performanslarının araştırılmış olduğu bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

3. KURAMSAL TEMELLER

3.1. Frezeleme

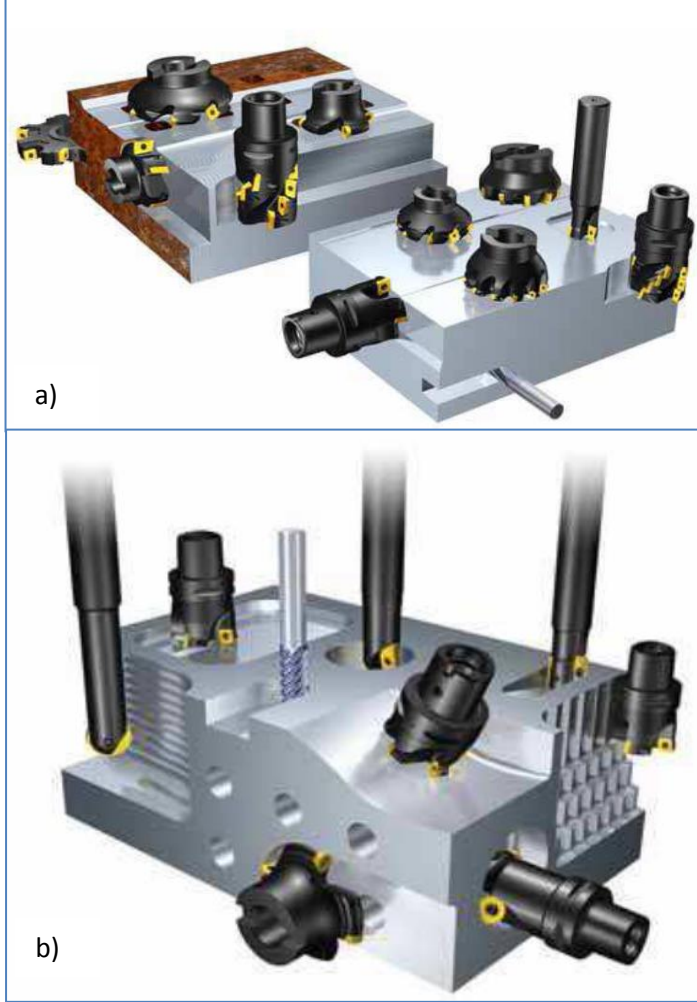
Frezeleme, ilke olarak dönen bir kesici takım ile iş parçasının doğrusal hareketi sonucunda gerçekleştirilen bir talaş kaldırma işlemidir. Frezede kesici takımın birçok kesici kenarı vardır ve her kenar belirli bir miktar talaş kaldırma kapasitesine sahiptir. Frezelemenin avantajları yüksek işleme verimliliği, iyi yüzey kalitesi, şeklin oluşturulmasındaki esnekliktir. Frezeleme genellikle prizmatik parçaların işlenmesi amacıyla kullanılan bir işlemdir [22].

İş parçasına olan etkisi veya takımın izlediği yol açısından bakıldığında, frezeleme işlemlerinin temel biçimleri arasında aşağıdakiler sayılabilir:

- 1) Yüzey frezeleme
- 2) 90° kenar frezeleme
- 3) Profil frezeleme
- 4) Havuz boşaltma
- 5) Kanal frezeleme
- 6) Torna - frezeleme
- 7) Diş frezeleme
- 8) Kesme
- 9) Yüksek ilerlemeli frezeleme
- 10) Dalma frezeleme
- 11) Açılı (rampa) frezeleme
- 12) Helisel interpolasyon
- 13) Dairesel interpolasyon
- 14) Trokoidal frezeleme [23].

Frezeleme işlemlerinde en önemli iş, takımın işe uygun olarak seçilmesi ve iş parçasının en uygun biçimde bağlanmasıdır. Talaş kaldırma işleminde gerek talaş yüklenmesini, gerekse sarsıntıyı karşılayacak şekilde bağlama yapmak şarttır. Frezeleme işleminde bazı parçalar tek takımla bazıları ise birden fazla takımla yapılır. Bu nedenle işlem yaparken kaba, orta

kaba ve son paso olmak üzere talaş kaldırma işlemi sınıflandırılır ve talaş kaldırma işlemleri bu sınıflandırmaya uygun olarak yapılır [24].



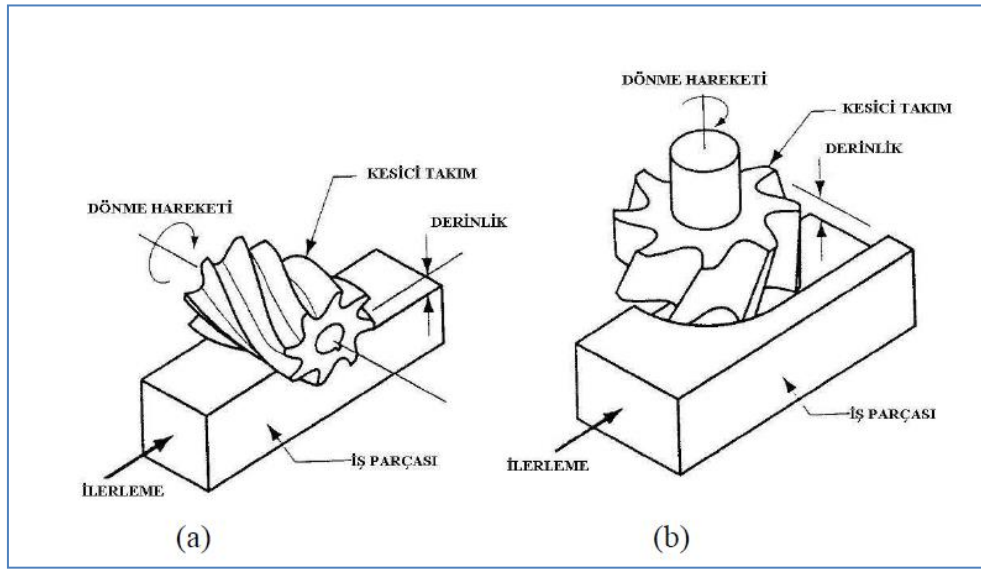
Şekil 3.1.a-b Frezeleme metotları ve frezeler [23].

Frezeleme uygulamaları en genel halde, çevresel ve düzlem yüzey frezeleme uygulamalarından veya bu iki metodun kombinasyonlarından oluşur. Düz yüzeylerin işlenmesi için düzlem yüzey frezeleme genellikle en verimli işlem iken, çevresel frezeleme, profillerin çevresinden talaş kaldırmaya daha uygundur. Frezeleme, yüksek işleme verimliliği, elde edilebilen yüksek yüzey kalitesi, hassasiyet ve şeklin oluşturulmasındaki esneklik sayesinde çok tercih edilen işleme yöntemidir. Ayrıca, işlem tipleri, tezgah, takım ve iş parçası açısından çok farklılıklar gösterir [25].

Çevresel frezeleme, eksenini yatay durumda bulunan ve silindirik bir frezenin çevresindeki dişlerle talaş kaldırma biçimidir. Bu yöntemde kesici takımın her bir dişi bağımsız olarak

düşünüldüğünde talaş kaldırma işlemi, tornalamada olduğu gibi meydana gelir. Ancak burada iş parçası ilerleme hareketi yapar ve dişler belirli bir eksen etrafında döner. Bu nedenle işlem sırasında talaş kesit alanı devamlı değişir. Bunun için tornalama işlemine göre daha karmaşık bir yapıya sahiptir (Şekil 3.2.a).

Alın frezeleme, kesici takım eksenini işleme yüzeyine diktir. Kesme işlemi kesici dişlerin yan kenarları ile gerçekleşir. Alın frezeleme işleminde kesici takımın boyutu önemli bir faktördür. Eğer işlenen yüzeyin genişliği kesici takımın çapından küçük ise, frezeleme ya simetrik ya da asimetrik olarak yapılır (Şekil 3.2.b) [26].

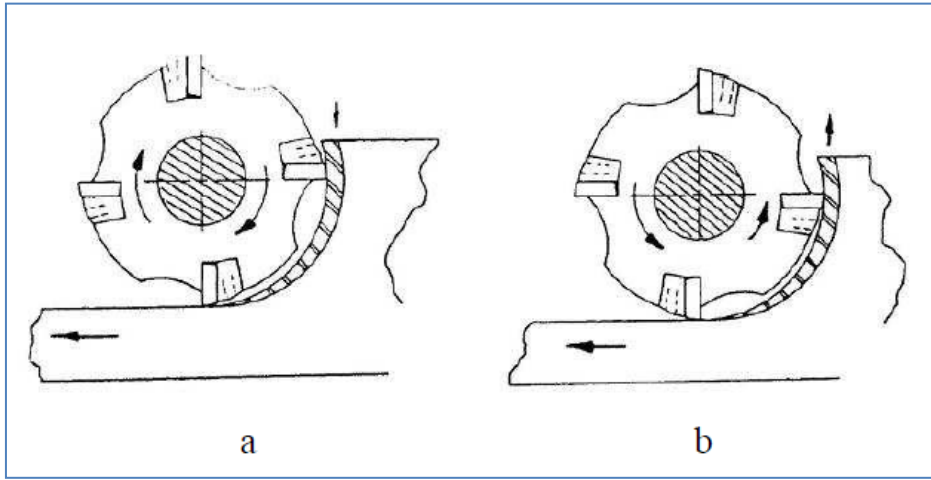


Şekil 3.2. (a) Çevresel frezeleme (b) Alın frezeleme [27].

Frezeleme işlemi, kesici takımın dönme yönü ve iş parçasının ilerleme yönüne göre ikiye ayrılmaktadır. Bunlar, aynı yönlü ve zıt yönlü olarak adlandırılmaktadır.

Aynı yönlü frezeleme ise (Şekil 3.3.a), takımın dönüş yönü ile ilerleme yönünün aynı olduğu işleme yöntemidir. Burada kesme işlemi yukarıdan aşağı doğru olduğundan talaş kalınlığı ise, maksimum değerden sıfıra doğru azalmaktadır [28]. Bu işleme yönteminde, kesme kuvvetinin başlangıçta maksimum olması bir mahzur olmasıyla birlikte, iş parçasını tablaya bastırması da avantajlı bir yönüdür. Kesme kuvvetlerinin bu etkileme biçimi, iş parçası tutturma tertibatındaki boşlukları kapatmakta ve bunların sebep olduğu titreşimleri azaltmaktadır. Bu şekilde yüzey kalitesinde de iyileşme sağlanmaktadır [26].

Zıt yönlü frezeleme (Şekil 3.3.b), takım dönüşü ile ilerleme yönünün ters durumunda olduğu işleme yöntemidir. Bu yöntemde kesme işlemi, aşağıdan yukarıya doğru yapılmaktadır. Bu sırada meydana gelen talaş kalınlığı ise, sıfırdan maksimum değere doğru artmaktadır. Bu yöntemde kesme kuvvetlerinin, kesme başlangıcında sıfır olması ve giderek artması bir avantajlı durumdur. Fakat iş parçasını tezgâh tablasından kaldırmaya çalışması ise, mahzurlu bir durumdur. Zıt yönlü frezelemede, freze kesici ucunun iş parçasına giriş açısı sıfır olup iş parçasından çıkış açısı sıfırdan farklıdır.



Şekil 3.3. (a) Aynı yönlü frezeleme (b) Zıt yönlü frezeleme [27].

3.1.1. Frezeleme işleminde oluşan kuvvetler

Frezeleme işlemlerinde oluşan kuvvetler; frezeleme yöntemi, kesici takım ve iş parçası malzemesi, takım ve iş parçası geometrisi, iş mili sehimi, kesici kenarlar arası mesafe, eğim açısı, ilerleme miktarı, kesme derinliği ve aşınma gibi faktörlere bağlıdır.

Frezelemede, talaş kaldırma sürecinde oluşan kesme kuvvetleri değişkenlik gösterir. Bu nedenle, pratikte hesapları kolaylaştırmak için ortalama talaş kesimine karşılık gelen ortalama kesme kuvvetleri alınır. Frezelemede genellikle aynı anda birden çok kesici uç talaş kaldırmaktadır. Bir kesici uca karşılık gelen kuvvete ortalama talaş kaldırma kuvveti (F_{zz}) denir. Ortalama talaş kaldırma kuvvetinin (F_{zz}) bileşenleri; ortalama kesme kuvveti (F_{cz}), ortalama radyal kuvvet (F_{rz}) ve ortalama ilerleme kuvveti (F_{tz}) olarak ifade edilir.

Aynı anda parçadan talaş kaldıran kesici uç sayısı;

$$Z_e = (Z \cdot \varphi_s) / 360 \quad (3.1)$$

Tüm frezeye (kesici takıma) ait ortalama kesme kuvvetleri;

$$F_c = Z_e \cdot F_{cz} \quad (3.2)$$

$$F_f = Z_e \cdot F_{fz} \quad (3.3)$$

$$F_r = Z_e \cdot F_{rz} \quad (3.4)$$

bağıntıları ile bulunur.

Helisel silindirik frezelemede F_c , F_r , F_f kuvvetlerine ek olarak aksenal kuvvet (F_a) meydana gelir. Aksenal kuvvet;

$$F_a = F_c \cdot \tan \lambda \quad (3.5)$$

ile ifade edilir. Düz silindirik frezelerde aksenal kuvvet oluşmaz.

Alın frezelemede kesme kuvvetlerinin durumu Şekil 3.4'te görülmektedir. Kesici uca dik olarak alınan N-N kesitindeki ortalama talaş kaldırma kuvvetinin (F_z) bileşenleri, ortalama kesme kuvveti (F_c) ve normal kuvvettir (F_n). F_n normal kuvvetin bileşenleri ise ilerleme kuvveti (F_f) ve radyal kuvvettir (F_r). Burada bir kesici uca karşılık gelen ortalama kesme kuvveti (F_{cz});

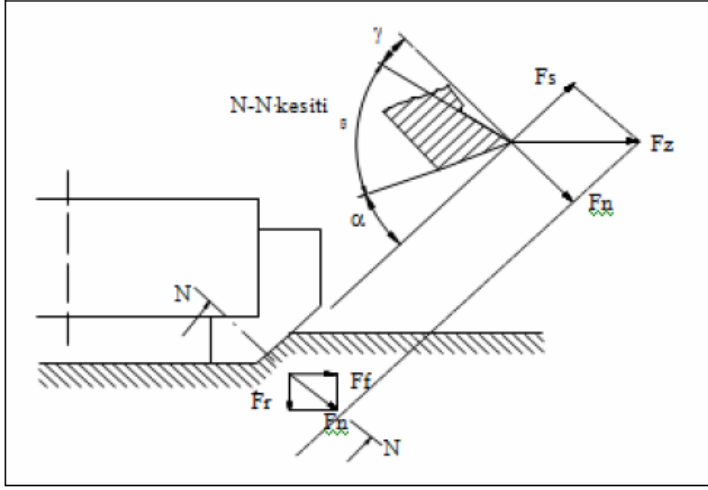
$$F_{cz} = A_s \cdot k_s = B \cdot h_m \cdot k_s, \quad (3.6)$$

ve kesici takıma karşılık gelen toplam ortalama kesme kuvveti (F_s);

$$F_c = Z_e \cdot F_{cz} = Z_e \cdot B \cdot h_m \cdot k_s \quad (3.7)$$

bağıntıları ile bulunur. Burada;

- Z_c : Aynı anda talaş kaldıran kesici uç sayısı,
 B : Kesme genişliği,
 A_s : Talaş kesiti,
 hm : Ortalama talaş kalınlığı,
 k_s : Özgül kesme kuvveti' dir.



Şekil 3.4. Alın frezelemede oluşan kuvvetler [3].

Teorik hesaplamalarda, ortalama radyal kuvvet (F_r) ve ortalama ilerleme kuvveti (F_f) aşağıdaki bağıntılara göre bulunabilir [3].

Simetrik frezelemede;

$$F_f = (0,3 \dots 0,4) F_c \quad (3.8)$$

$$F_r = (0,85 \dots 0,95) F_c \quad (3.9)$$

$$F_a = (0,5 \dots 0,55) F_c \quad (3.10)$$

Zıt yönlü asimetrik frezelemede;

$$F_f = (0,6 \dots 0,9) F_c \quad (3.11)$$

$$F_r = (0,45 \dots 0,7) F_c \quad (3.12)$$

$$F_a = (0,5 \dots 0,55) F_c \quad (3.13)$$

Aynı yönlü asimetrik frezelemede;

$$F_f = (0,15 \dots 0,3) F_c \quad (3.14)$$

$$F_r = (0,9 \dots 1) F_c \quad (3.15)$$

$$F_a = (0,5 \dots 0,55) F_c \quad (3.16)$$

3.1.2. Frezelemede kesme parametreleri

Kesme hızı:

Bir freze takımının, çevresindeki kesen bir dişin (noktanın) bir dakikada metre cinsinden keserek aldığı yol kesme hızıdır. Kesme hızı aşağıda verilen formül ve birimlerle ifade edilir.

$$V_c = (\pi \cdot D \cdot n) / 1000 \quad (3.17)$$

V_c	=	Kesme hızı, m/dak
n	=	Devir sayısı, dev/dak
D	=	Freze takımının çapı, mm

Kesme hızı değerleri, genellikle kesici takım firmalarının kataloglarından seçilmektedir. Uygun kesme hızının seçilmesi takım ömrü ve işleme zamanı açısından önemlidir. Kesici takım düşük kesme hızlarında kullanıldığında işleme süresi artacağından dolayı zaman kaybı olmakta, aşırı hızda ise sürtünme ve ısıdan dolayı takım çabuk aşınmakta ve değiştirilmesi de zaman kaybına yol açmaktadır. Bu şartlarda işlenen malzemeler için uygun kesme hızının seçimi önemlidir. Farklı metallerin sertliği, yapısı ve işlenebilirliği değiştiğinden, değişik kesici takım ve iş malzemesi için farklı kesme hızları tercih edilmelidir [29].

Belli bir malzemeyi işlemek için uygun kesme hızının belirlenmesinde;

- İş parçası ve kesici takım malzemesi,
- Takım çapı,
- Gerekli bitirme yüzeyi,
- Talaş derinliği,
- Tezgâh ve bağlama elemanlarının rijitliği,

gibi faktörler dikkate alınmalıdır [5].

İlerleme hızı:

Frezeleme işleminde, dakikadaki ilerleme (mm/dak), devir başına ilerleme (mm/dev) ve kesici uç başına ilerleme (mm/z) olmak üzere üç türlü ilerleme vardır. Dakikadaki ilerleme veya ilerleme hızı (V_f -mm/dak) takımın iş parçasına doğru birim zamandaki ilerlemesidir. Bu aynı zamanda tabla ilerlemesi ve tezgâh ilerlemesi olarak da adlandırılır ve aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

$$V_f = f_z \cdot n \cdot z \quad (3.18)$$

V_z = İlerleme hızı, mm/dak

F_z = Diş başına ilerleme, mm/diş

z = Kesici uç sayısı, adet

n = Devir sayısı, dev/dak

Devir başına ilerleme (f :mm/diş) özellikle ilerleme değerinin hesabında ve bir alın frezenin son işlem kapasitesinin belirlenmesi aşamasında kullanılır. Bu değer takımın bir devirdeki hareket miktarına eşit olan yardımcı bir değerdir ve aşağıdaki bağıntıyla hesaplanır.

$$f = V_f / n \quad (3.19)$$

Kesici uç başına ilerleme ise (f_z -mm/z) frezeleme işleminde önemli bir büyüklüktür. Freze çok uçlu bir takımdır ve her ucun yeterli talaşı kaldırabilmesi için uygun bir ilerleme değerine gereksinimi vardır. Kesici uç başına ilerleme; bir kesici kenarın parçaya girişi ile bir sonraki kesici kenarın parçaya girişi arasında geçen sürede, tablanın ilerlediği mesafe olarak tanımlanır. Bu nedenle bu büyüklük, takımdaki kesici uç sayısı, ilerleme hızı ve devir sayısına bağlı olarak ifade edilir ve aşağıdaki bağıntı ile bulunur [5].

$$F_z = V_f / n \cdot z \quad (3.20)$$

Talaş derinliği:

Talaş derinliği, takımın iş parçası içine dikey olarak aldığı yoldur. Genellikle, a_p ile gösterilir. Talaş derinliğinin uygun seçilmemesi işleme zamanını ve maliyeti etkilemektedir. Yeterli talaş derinliğinin verilmemesi durumunda, işlemi tamamlamak için

birden fazla paso gerekecek ve dolayısıyla bu da daha fazla zaman kaybına neden olacaktır [29].

3.2. İşlenebilirlik

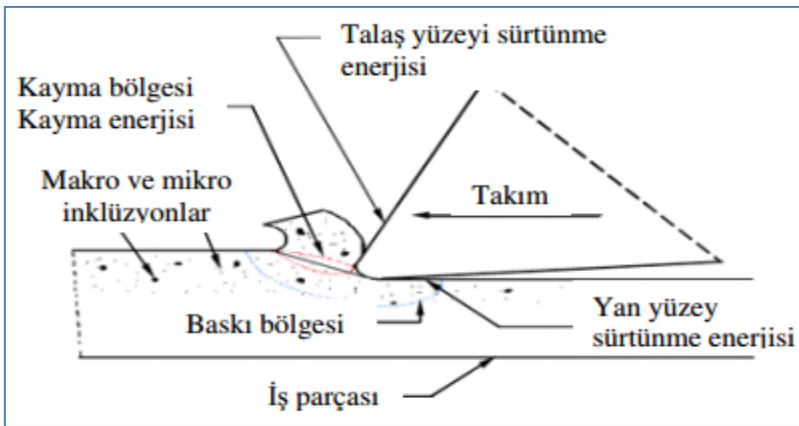
İşleme araştırmalarının genel amacı, en iyi ürün kalitesi ve en düşük işleme maliyetinin oluşmasını sağlayan optimum kesme şartları için iş parçası-kesici takım etkileşimini araştırmaktır. İşlenebilirlik bir malzemenin takımlama ve işleme süreçleri açısından tasarlanan şekilde (yüzey kalitesi ve tolerans) kolaylıkla kesilebilmesini tanımlamak için kullanılan terimdir. Bir işleme operasyonunda işlenebilirliği ölçmek için talaşların biçiminin yanı sıra ulaşılan takım ömrü, talaş kaldırma oranı, kuvvet bileşenleri, güç tüketimi ve işlenmiş parçaların yüzey kalitesi ve yüzey bütünlüğü kullanılabilir. İşlenebilirlik, seçilen kesme şartları, kesici takım geometrisi ve özellikleri, işlenen malzemenin özellikleri ile kesme ortamı, takım tezgahının rijitliği gibi muhtelif faktörlerden önemli derecede etkilenebilmektedir. İşleme verimliliği, işlenen parçaların toleranslar dahilinde ve bütünlüğünü bozmadan yüksek hızda işlenmesini sağlayacak kesici takım, kesme şartları ve takım tezgahı kombinasyonunun doğru seçilmesiyle önemli oranda iyileştirilebilir [30].

İşlenebilirlik, talaşlı imalatla şekillendirilmek üzere seçilen malzemenin özelliklerinin, seçilen talaşlı imalat yöntemindeki parametrelere bağlı olarak, malzemenin ve talaşlı imalat yönteminin değişkenlerinin ayrı ayrı ve bütün olarak sergiledikleri davranışlardır. İşlenebilirlik, ekseriyetle malzemenin özgül bir özelliği olarak algılansa da, sadece işlenen malzemeye bağlı olmayıp aynı zamanda işleme yöntemi ve işleme parametrelerini de kapsamaktadır [31]. Bir iş parçasının işlenebilirliğini etkileyen ana faktörler, işleme süresince plastik deformasyonun değerlendirilmesi açısından önemli olup aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

1. İşleme şartları; kesme hızı, ilerleme miktarı, kesme derinliği,
2. Takım yönünden; kesici takım malzemelerinin özellikleri ve mikro yapıları, takım geometrisi, takım kırılma direnci,
3. İş parçası yönünden; mekanik, fiziksel ve ısı özellikleri, yüksek gerilme ve yüksek gerilme oranlarında mikro yapısal değişimler, kesme parametreleri kadar iş parçasının mikro yapısı ve özelliklerinden etkilenen kayma düzlemi açısı ve talaş kalınlığı,

mekanik enerjinin dağılması süresince oluşan sıcaklık artışıdır. Sıcaklığın artmasına neden olan ısı miktarı takım malzemeleri, iş parçasının mekanik ve fiziksel özelliklerinin yanı sıra işleme parametrelerine bağlıdır. Sıcaklık yalnızca takım kırılmasıyla değil iş parçasının plastik deformasyon davranışı ve talaş oluşumuna bağlı olarak da artmaktadır [32].

Malzemelerin işlenebilirliklerini etkileyen malzeme özellikleri sertlik, süneklik, ısı iletkenlik, pekleşme, malzeme içindeki kalıntılar (inklüzyonlar) ve malzemenin kimyasal bileşimidir (Şekil 3.5.). Örnek olarak, sertlik arttıkça kesici takımda abrasif aşınma artar ve dolayısıyla takım ömrü kısalmır. Düşük sertlik ve dayanım genelde iyi işlenebilirlik anlamına gelmekle birlikte sertliği az olan çok sünek malzemelerde yıgıntı talaş (YT) oluşumu gerçekleştiği için yüzey kalitesi kötüleşir ve takım ömrü kısalmır. Çok düşük sertlik talaşlı imalat işleminin performansını kötü yönde etkileyebilir [33]. Örnek olarak, nispeten düşük sertliğe sahip düşük karbonlu çeliğin işlenmesinde kötü yüzey kalitesi oluşur ve talaş uzaklaştırılmasıyla ilgili problemlerle karşılaşılır. Bu nedenle, düşük karbonlu çeliklerde yüzey sertliğini artırmak ve talaş kırılmasını sağlamak için genellikle soğuk çekme işleme uygulanır. Düşük süneklik, metal kesme işleminde genelde olumlu bir etki yaparak iyi talaş oluşumuna katkıda bulunur ve metal kesme işlemi için daha az güç gerektirir. Artan iş parçası dayanımı da kesme kuvvetleri, özgül enerji ve kesme sıcaklığını artıracığı için, artan dayanımla metal kesme işlemi zorlaşır. Bununla birlikte, yüksek ısı iletkenlik kesme bölgesinde oluşan ısının hızlı olarak uzaklaştırılması demektir. Bu nedenle, yüksek ısı iletkenlik işlenebilirlik yönünden genelde faydalıdır [34-35].

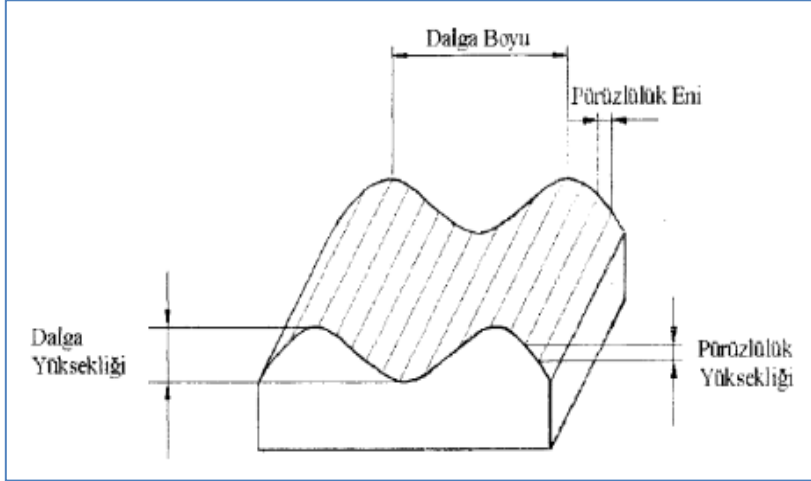


Şekil 3.5. İşlenebilirliği etkileyen faktörler [33].

Takım-talaş ara yüzeyinde ikinci deformasyon bölgesinde oluşan çok farklı değişimler ve malzemedeki birinci kayma düzlemi boyunca meydana gelen geçişler işlenebilirlik kavramının ayrıntılı olarak anlaşılmasını sağlar. Daha önce bahsedilenlere ilave olarak, standart mekanik testleri yoluyla ölçülen özellikler ile doğrudan ilişkilidir. Bununla birlikte, ikinci kayma bölgesindeki davranış ancak işleme sürecinin gözlemlenmesiyle araştırılabilir. Yüksek erime noktasına sahip olan metaller ve alaşımları için ikinci deformasyon bölgesindeki (akma bölgesi) ısı ve ısı dağılımı işlenebilirliğin her yönünden önemli bir rol oynar. Ara yüzeyde meydana gelen yapışma, difüzyon ve etkileşim anlaşıldığında takım aşınma oranları güvenilir bir şekilde tahmin edilip kontrol edilebilir. Bu özellikle yeni ve pahalı takım malzemelerinin kullanımında önemlidir. Ayrıca, kolay işlenebilir iş parçası malzemelerinin elverişli bir biçimde gelişimi için gereklidir [34].

3.3. Yüzey Kalitesi ve Ölçümü

İmalat teknolojilerindeki gelişmelere paralel olarak sadece boyutsal özelliklerin ölçülmesi yeterli olmayıp, birbiri ile ilişkili olmayan yüzeylerin pürüzlülüklerinin de ölçülmesine ihtiyaç duyulmuştur. Talaş kaldırmanın amacı; sadece şekil vermek değil, aynı zamanda parçanın boyut ve yüzey özellikleri bakımından belirli bir doğruluk derecesine göre imal edilmesini sağlamaktır. Bu olaya genel olarak işleme kalitesi denir. İşleme kalitesi; boyut, geometrik ve yüzey kalitesinden meydana gelir. Bir takım tezgâhında, üretilen parçanın kalitesi, tezgâhın kararlılık derecesinin ölçüsüdür. Zira herhangi bir talaşlı imalat sisteminin çıktısı işlenmiş yüzeylerdir. Bir yüzey yapısının kontrolünde üç önemli faktör vardır. Bunlar sırasıyla; yorulma ömrü, yataklık etme özelliği ve aşınmadır. Talaş kaldırma ile işlenen yüzeylerde, dalgalılık ve pürüzlülük olmak üzere iki tür yüzey sapması meydana gelir. Dalgalılık yüzeyin geometrik şeklini karakterize ederken, pürüzlülük yüzey kalitesini tayin eder. Şekil 3.6'da dalga boyu, pürüzlülük ve dalga yüksekliği şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.6. İşlenmiş bir yüzeyin, yüzey karakteri [3].

Yüzey kalitesini etkileyen birçok değişik faktör vardır. Parçanın işlenmesi sırasında takım hatalarına ve kesme sırasında meydana gelen titreşimlere bağlı olarak iş parçasında geometrik hatalar meydana gelir. Kesici takım hataları; takımın hatalı olarak yerleştirilmesi, kesici takımın kesme esnasında kesme kuvveti etkisiyle şekil değiştirmesi ve takım aşınması olarak karşımıza çıkar. Pürüzlülük, işlenen yüzeyde örnek uzunluk boyunca ölçülen, küçük alanlı mikro düzensizliklerdir. Yüzey yapısı esas itibariyle işleme metoduna, titreşimlere, tezgah yapısındaki hatalara, takımın tip ve durumuna, kesme parametrelerine, iş malzemesi ve toplam tezgah kararlılığına bağlı olarak değişir. Takım ucunun yuvarlatılması, talaş kesitinin bombeli teşekkülüne sebep olur. Bu durumda gerçek talaş kesiti, teorik talaş kesitinden daha küçük olur ve aradaki fark kadar parça üzerinde artık talaş kalır. Bu kaldırılmamış talaş kesiti, yüzey pürüzlülüğünü meydana getirir [3].

Talaşlı imalatta üretilen parçalar gözle incelendiği zaman yüzey her ne kadar düz gibi görünse de gerçekte parça yüzeyindeki gerçek sürtünme alanı parça alanından daha az olmaktadır. Ortalama yüzey pürüzlüğü (Ra) gereksinimi yaklaşık olarak $1,6 \mu\text{m}$ 'yi geçtiği durumlarda çoğu zaman imalatçılar yüzey pürüzlülüğü ölçmekten çok, görsel kontrolü seçerler. Yüzey pürüzlülüğünün çok önemli olduğu durumlarda yüzey pürüzlülüğü kalite kontrolü gerekir. Bunun için uluslararası yüzey pürüzlülük standartları belirlenmiştir. Ülkemizde TSE 2040 nolu yayımla yüzey kaliteleri bir standarda bağlanmıştır. Daha sonra bunu TSE 2495, TSE 971, TSE 2578, TSE 6956 ve TSE 930 standartları izlemiştir [36].

Yüzey pürüzlülüğü birçok alanda önemli bir parametredir. Bunların bazıları;

- 1- Sürtünmeli yataklar
- 2- Korozyon ortamında çalışan parçalar
- 3- Yuvarlanmalı yataklar
- 4- Boyanmış ve kaplanmış yüzeyler
- 5- Sızdırmazlık yüzeyleri
- 6- Plastik enjeksiyon kalıp yüzeyleri
- 7- Masterlar [37].

3.3.1. Yüzey pürüzlülüğü ölçme teknikleri

Optik metot: Bir yüzey üzerine yansıtılan ışının geliş açısı ile yansıma açısı aynı olacaktır. Pürüzlü yüzeylerde ışının dağılımı optik sensörlerle ölçülerek yüzey pürüzlülüğü ölçülmektedir.

Temas metodu: Yüzey üzerinde dolaştırılan bir probun sürtünme katsayısı bilinen bir yüzeye göre elde edilen neticelerinin karşılaştırılması esasına dayanır. Mekanik metot: Çelik bilye kullanılarak minimum 500 gram ağırlığın yüzeyde; yüzeyin içine doğru 1 mikronluk yer değiştirmesi ile yapılan yüzey pürüzlülüğünün ölçme tekniğidir.

X ışını metodu: Mikroskop altında yüzey düzensizliklerinde küçük açılarla gönderilen X ışınları ile 0,00254-0,0508 μm arasındaki pürüzlük değerleri ölçülebilir.

Elektron mikroskopu metodu: Elektron mikroskopu en küçük düzensizlikleri ölçme gücüne sahip olmasına rağmen ölçme boyutunun küçük tutulması zorunluluğu ve görüntünün kopyalanması gibi sorunlar bu metodu sınırlamaktadır.

Hidrolik metot: Belli eğim ve uzunluktaki bir düzlemde ve belli hacimde yağ damlasının akış süresi ile pürüzlülük değeri arasında kurulan bir ilişki ile pürüzlülük değeri ölçülmesi esasına dayanır.

Yüzey dinamometresi metodu: İki yüzey arasındaki sürtünme katsayısı, parçaların pürüzlülük değerine bağlıdır. İki parça birbiri üzerinde kaydırılarak ve uygulanan kuvvet dinamometre ile ölçülerek pürüzlülük hakkında bilgi edinilebilir.

Replika metodu: Parça üzerindeki konumu nedeniyle ölçüm yapılacak yüzeye erişilemediği durumlarda yüzeye selüloz - asetat filmi, asetonla yumuşatılarak sertleşene kadar temizlenmiş yüzeye bastırılırsa elde edilen maske yüzey karakteri hakkında % 80 oranında bilgi verir.

İzleyici uçlu cihazlar: Çok sivri bir izleyici ucun parça üzerinde değerlendirme uzunluğu boyunca hareket ettirilmesi ve hareket esnasında oluşan titreşimlerin büyütülerek hareketli bir şerit üzerine aktarılması veya elektronik cihazlar yardımıyla yorumlanması esasına dayanır. İzleyici ucun inceliği ölçüm esnasında doğruluk 39 açısından önem arz ettiğinden 0,00004 mm çapında iğneler kullanılmaktadır. Kullanımı en kolay ve ideal bir ölçüm sistemidir [36].

Elektro fiber optik metot: Yüzey pürüzlüğü ölçülecek malzeme X,Y yönünde hareket edebilen tablaya bağlanarak yatay konuma getirilir. Fiber optik algılayıcı ile parça yüzeyine dik olarak ışın gönderilir. Parça yüzeyinin pürüzlülüğüne göre dağılan ışınlar fiber optik algılayıcılara bağlanmış foto algılayıcılarla yorumlanarak pürüzlülük değeri bulunur [37].

3.4. Takım Aşınması

Bütün talaşlı imalat işlemleri esnasında kesici takımlar belirli bir süre sonra etkin olarak kesme kabiliyetlerini kaybederler. Kesici takım geometrisindeki şekil değişikliği (aşınma), anlık yüksek kuvvetlerden dolayı kesici ucun kırılması ve yüksek sıcaklık ve gerilmeler nedeniyle kesici takım malzemesinin dayanımının azalarak plastik deformasyona uğraması kesici takımın kesme kabiliyetini kaybetmesinin nedenlerindedir [27-34].

Talaş kaldırma işlemi esnasında kesici takımın aşınması aşağıdakilerden biri veya birkaçının aynı anda gözlenmesiyle anlaşılır:

- Kesme kuvvetlerindeki aşırı yükselme,
- Sıcaklık artışı,
- Aşırı titreşim,
- Yüksek gürültü,
- İşlenen malzeme boyutlarındaki değişim,

- İşlenen yüzeyin bozulması [38].

Talaş kaldırma işlemi esnasında kesici takımın kesme kabiliyetini kaybettiği üç faktör mevcuttur.

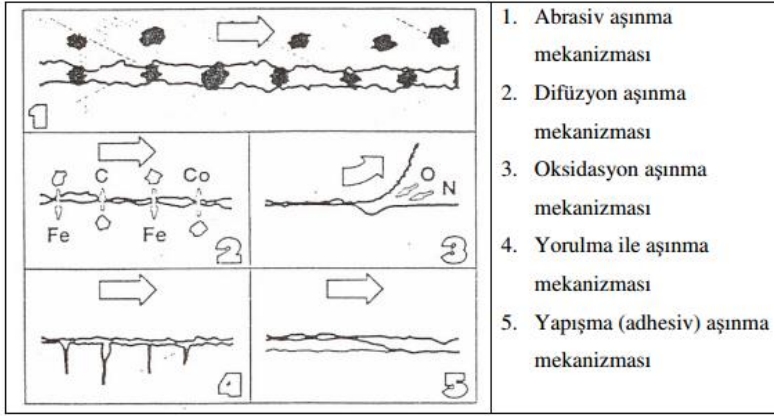
Kırılma: Kesici takıma gelen anlık yüksek kuvvetler nedeniyle oluşan kırılmalar veya sürekli olmayan kesme işlemi (frezeleme işlemi gibi) esnasında mekanik ve ısıl yorulmalar sonucu kırık oluşumundan dolayı kesici takımda kırılma ve pullanma soyulma şeklinde oluşan aşınmalardır.

Plastik deformasyon: Kesici takımda plastik deformasyon, yüksek basınç ve sıcaklık sonucu oluşur. Plastik deformasyona uğramış kesici takım geometrisi değiştiği için kesme işlemini etkin bir şekilde yapamaz, sıcaklık artar ve talaş akışı değişir. Plastik deformasyona direnç için kesici takımın sıcak sertlik özelliğinin iyi olması gerekir. Ayrıca, uç yuvarlatma ve kesme geometrisi iyileştirilerek plastik deformasyona direnç artırılabilir.

Tedrici takım aşınması: Kesici takım üzerinde tedrici aşınma talaş yüzeyi ve yan yüzey olmak üzere iki bölgede görülür. Talaş yüzeyindeki aşınma “krater aşınması” ve yan yüzeydeki aşınma da “yan yüzey (yanak) aşınması” olarak isimlendirilir [38]. Krater aşınması, kesici takım talaş yüzeyinde talaşın hareketiyle oluşan içbükey alandır. Krater aşınmasının büyüklüğü, bu alanın derinliği ve alanı ölçülerek belirlenir. Yan yüzey aşınması ise yeni oluşan iş parçası yüzeyi ile kesici takım yan yüzeyinin sürtünmesiyle oluşur. Yan yüzey aşınması bu aşınma bandının genişliği ile ölçülür. Kesici takımın iş parçası orijinal yüzeyi ile temasta olan yan yüzeyinde çoğunlukla daha fazla bir aşınma görülür. Çentik aşınması olarak adlandırılan bu aşınmanın sebebi iş parçası yüzeyinin soğuk haddeme veya önceki işlemlerden dolayı sertleşmiş olması, dökümden kalan sert malzemeler ve diğer nedenlerdir [27-38].

Takım aşınması, kesici kenar üzerine gelen çeşitli yüklerin etkisi ile meydana gelen malzeme kaybı ve kesicide ortaya çıkan geometrik değişikliktir. Aşınmaya neden olan yük faktörleri kesici kenar ömrünü ve kenar geometrisini değiştirmeye çalışır. Bu faktörler; mekanik, termal (ısı), kimyasal ve aşındırıcı faktörlerdir.

Talaş kaldırma sırasında kesici kenar üzerinde etkili olan yük faktörlerinin etkisiyle bazı temel aşınma mekanizmaları talaş kaldırma işlemini etkilemektedir. Temel aşınma mekanizmalarının şematik gösterimi Şekil 3.7’de verilmiştir.



Şekil 3.7. Temel aşınma mekanizmalarının şematik olarak gösterilmesi [38].

3.4.1. Aşınma mekanizmaları

Abrasiv aşınma mekanizması: En çok görülen aşınma mekanizmalarındandır. Genelde iş parçası içinde bulunan sert parçacıklar sebep olur. Sert parçacıklar iş parçası ile kesici kenar arasına geldiğinde taşlama benzeri bir durum olur ve kenarda aşınmalar başlar.

Difüzyon aşınma mekanizması: Takım ve talaş yüzeyi arasındaki temas yüzeyinde artan sıcaklık difüzyona sebep olur. Bu nedenle takım-talaş ara yüzeyinde her iki yöne gerçekleşen atomsal düzeydeki yayılım nedeni ile takım malzemesi mikro yapısal değişime uğrar. Çoğunlukla sıcaklığa bağlıdır. Bu nedenle yüksek kesme hızında daha fazla görülür. Yayılım; çelikten takım içine demir transferi ve karbonun talaşa difüzyonu şeklinde olmaktadır.

Oksidasyon aşınma mekanizması: Genelde metal malzemeler için yüksek sıcaklık ve havanın varlığı oksidasyonu artırır. Oksidasyon, tungsten ve kobaltda talaş tarafından daha kolay kazanıp uzaklaştırılabilen gözenekli oksit filmi şeklinde oluşur. Kesici kenarla parçanın ara yüzeyinde, talaş genişliğinin bittiği yerde hava talaş sürecine katılma imkanı bulur ve bu bölgede tipik çentiklerin oluşmasına neden olur [35-39].

Yorulma ile aşınma mekanizması: Isıl-mekanik bir olaydır. Kesme bölgesinde sıcaklıktaki düzensiz değişimler ve kesme kuvvetlerindeki dinamik değişimler kesici kenarda çatlama ve kırılmalara neden olur. Yetersiz tokluk nedeni ile talaş kaldırma sırasında kesiciden küçük parçaların kopmasıyla oluşan bir aşınma mekanizmasıdır.

Aralıklı kesme işlemi kesici ucun sürekli olarak ısınıp soğumasına ve kesme bölgesinde kesici kenarda şok etkilerine neden olur. Yapışık talaşın altında kaldığından tespiti zordur.

Yapışma (adhesiv) aşınma mekanizması: Takım-talaş ara yüzeyinde düşük sıcaklıklarda oluşur. Akma veya kısa talaş veren malzemelerin tamamında görülebilir. Bu mekanizma genellikle kesici kenar ile talaş arasında, kenar üzerinde yığılmış talaş (BUE) oluşmasına neden olur. Dinamik bir yapısı vardır. Birbirini takip eden talaş katmanları talaş yüzeyine kaynaklanarak sertleşir ve kesici kenarın bir parçası haline alır. Oluşan BUE tabakası yırtılıp kopar ve yenisi oluşur. Bu kopmalar sırasında kesici kenardan parçalarda kopmaya başlar. Yüksek sıcaklıklarda yapışma olayı önemli ölçüde ortadan kalkar. Yapışan tabaka takım geometrisini değiştirdiğinden kesme kuvvetlerini de değiştirir [34-35].

3.4.2. Aşınma tipleri

Belirtilen aşınma mekanizmaları nedeniyle meydana gelen aşınma tiplerinin sınıflandırılması, işleme tipi, malzeme için doğru işleme şartları ile takım sınıfının belirlenmesinde ve dolayısıyla kesme işleminin optimizasyonu için önemlidir [35-38]. Aşağıda kesici takımlarda görülebilen aşınma tipleri verilmiştir.

1. Yanak aşınması : Abrasiv aşınma mekanizmasıyla oluşur.
2. Krater aşınması : Abrasiv ve difüzyon aşınma mekanizmasıyla oluşur.
3. Plastik deformasyon : Yorulma aşınma mekanizmasıyla oluşur.
4. Çentik aşınması : Oksidasyon ve yapışma aşınma mekanizmasıyla oluşur.
5. Termal çatlaklar : Isıl yorulma aşınma mekanizmasıyla oluşur.
6. Mekanik yorulma çatlakları : Mekanik yorulma aşınma mekanizmasıyla oluşur.
7. Çıtlama (Çentiklenme) : Yorulma aşınma mekanizmasıyla oluşur.
8. Kırılma (Kesici uç kırılması) : Plastik deformasyondan sonra oluşur.
9. Yığılma-sıvanma (BUE) : Adhesiv aşınma mekanizmasıyla oluşur.

3.5. Taguchi Metodu

Kesme parametrelerinin daha verimli bir şekilde seçilmesini sağlamak ve harcanan zamanı ve malzemeyi azaltmak için Taguchi metodu alternatif bir yaklaşım olarak devreye girmektedir. Temel olarak Taguchi metodu, yüksek kalite sistemleri için güçlü bir yöntemdir. Maliyet, kalite ve performans tasarımlarını optimize etmek için basit, verimli ve sistematik bir yaklaşım sunmaktadır. Taguchi son yıllarda çok geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. Taguchi metodu, bir ürün ya da prosesin mühendislik optimizasyonunu; sistem tasarımı, parametre tasarımı ve tolerans tasarımı gibi üç adımlık bir yaklaşım içerisinde çözebilmeyi amaçlamaktadır [40].

3.5.1. Sistem tasarımı

Sistem tasarımı aşaması Taguchi metodunun ilk adımını oluşturmaktadır. Bu aşamada tasarımcı tarafından üründen beklenen fonksiyonların elde edilebilmesi için gerekli olan üretim teknolojileri tasarlanır ve ürün için en uygun olanı seçilir. Fakat bu işlemler tam müşteri tatminini sağlayacak olan hedef değerden minimum sapma ile yapılmalıdır. Üretilmesi düşünülen ürünle ilgili olarak öncelikle mevcut pazarın tanımlanması, yeniliklerin değerlendirilmesi, bilimsel ve mühendislik bilgilerinin toplanması, malzeme ve ekipmanla ilgili gerekli tercihlerin yapılması bu aşamanın konusunu oluşturur. Ayrıca bu aşamada ürün ağacındaki parçaların, malzemelerin özelliklerinin iyileştirilmesinde gerekli olan karakteristiklere ilişkin bir takım kararlar verilir.

Herhangi bir ürün için sistem tasarımı, süreç aşamasında gerçekleştirilir. Süreç, ürünü etkileyebilecek faktörlere karşı minimum duyarlı hale getirilir. Amaç, ürünü en ideal kalitede ve mümkün olduğunca minimum maliyetle belirlenen tolerans limitleri dahilinde, üretebilecek bir sistemi tasarlamaktır [41].

Sistem tasarımı yeni ürün ve süreç gelişiminin evrensel safhasıdır. Kavramlar önceki deneyimleri, bilimsel temelleri, mühendislik bilgileri, yeni gelişimleri ve bunların tümünün uygun kombinasyonlarını temel almaktadır. Sistem tasarımının arkasındaki strateji; yeni fikirler almak ve bunları çalışır hale getirmektir [42].

3.5.2. Parametre tasarımı

Taguchi Metodunun ikinci adımı olan parametre tasarımı hem ürün hem de süreç tasarımı için ürün kalitesini iyileştirmede en belirleyici çalışmaların yapıldığı aşamadır. Ürün parametre tasarımı, ürün parametreleri, malzeme formülasyon değerleri, çeşitli boyutlar, yüzey örnekleri gibi kriterlerin optimum değerlerinin belirlenmesi anlamına gelmektedir. Ürün parametre tasarımı ve süreç parametre tasarımında amaç, üründe ve süreçte, varyasyon (hedef değerden farklılık yani kalitesizlik) yaratan ve kontrol edilemeyen faktörlere karşı, kontrol edilebilen faktörlerin değerlerini optimum seçerek, ürün ve süreçteki varyasyonu en aza indirmektir. Taguchi bu amaçla gerçekleştirilen ürün ve süreç tasarımına sağlam (robust) tasarım demektedir. Burada belirtilen sağlam tasarım, kontrol edilemeyen nem, toz, ısı, gibi çevre koşullarına, müşteri kullanımındaki farklı uygulamalara ve malzemedeki farklılıklara karşı duyarsız ürün ve süreç tasarımı anlamında kullanılmaktadır. Sağlam tasarımda, kalitesizlik yaratan ve kontrol edilemeyen bir faktörün etkisi, kontrol edilebilen başka faktörlerin ayarlanması sonucu azaltılmaktadır. Deney tasarımı bu amaçla kullanıldığı zaman, maliyeti arttırmadan kaliteyi geliştirmek mümkün olmaktadır [43].

Ürün ve süreç parametre tasarım aşamalarında, optimum değerlerinin belirlenmesi gereken birbiriyle ilişkili çok sayıda kontrol edilebilen ve kontrol edilemeyen faktör vardır. Bu faktörlerin, ürün ve ürünün performansına olan etkilerinin belirlenebilmesi için en etkin yöntem istatistiksel deney tasarımı yöntemidir. Deney tasarımı aracılığıyla bir çok faktörün ürün üzerindeki etkisini ekonomik olarak belirlemek ve varyasyon yaratan faktörlere karşı önlemleri tasarım aşamasında almak mümkün olmaktadır [43].

3.5.3. Tolerans tasarımı

Parametre tasarımında, tasarım parametreleri için gerekli olan hedef değerler ayarlanır. Üretim sırasında olabildiğince bu hedef değerlere ulaşılmaya çalışılır. Fakat üretim sürecinde her zaman bir değişim söz konusu olduğundan bir tolerans aralığı verilmesi gerekir. Tolerans tasarımı, parametre çalışmaları sonucu istenilen hedefe varılamadığı takdirde yapılacak süreç veya ürün parametreleri için en iyi toleransları belirleme çalışmalarını ifade etmektedir. Bu aşamada gözlenen değerlerden faydalanılarak ürünün hedef değerden sapma göstermesinin getirdiği kayıplar bulunur ve bu sapmalar azaltılır.

Sistem tasarımını tamamlayıp, sistemi oluşturan elemanların parametrelerinin optimum değerleri belirlendikten sonra oluşacak kalite kaybı katlanılacak kalite maliyeti ile birlikte değerlendirilerek, her bir parametre (faktör) için tolerans elde edilir. Tolerans sınırları daraldıkça üretim maliyetleri artacağı için ürün de daha maliyetli olarak üretilir. Üretim maliyetlerindeki artışın nedeni üretim hattının daha sıkı kontrol edilmesi, daha dar toleransla çalışan teknolojik açıdan daha pahalı tezgahlara ihtiyaç duyulmasıdır. Aksi takdirde, tolerans sınırları genişledikçe, ürünün ilgilenilen fonksiyonunun hedef değerden sapmaları da büyüyecektir. Bunun sonucu olarak kalite kayıpları artacaktır. Tolerans tasarım adımında en ekonomik tolerans belirlenir. Belirlenen bu toleranslar ile hedef değerden kabul edilebilir sapmalara göre ürün maliyeti minimize edilmektedir.

Üretim sürecindeki değişimler olabildiğince azaltılsa bile amaç hala hedef değere ulaşmaktır. Ne yazık ki bazı durumlarda değişkenlik çok büyük olmakta ve değişkenliği düşürmek için toleransların küçültülmesi gerekmektedir. Tipik olarak her bir kontrol parametresinin yaklaşık olarak katkısını belirleyebilmek için varyans analizi (ANOVA) kullanılmakta böylece tolerans daraltmada, gelişmiş malzeme kullanma durumunda veya diğer yüksek maliyetle kaliteyi geliştirmeye geçecek faktörler tanımlanmış olmaktadır. Üretici daha düşük malzeme özellikleri kullanarak bir üründen daha fazla kar elde etmek amacıyla ürün karakteristiklerinin tolerans limitlerinin uç noktalarına yaklaşılmasına izin vermemelidir. Tasarım parametreleri seçilirken toplam ürün maliyeti ile müşteri maliyetinin toplamı göz önüne alınmalıdır. Tolerans değerleri, ürün karakteristiklerinin hedef değerden olan sapmalarının oluşturduğu toplumsal kayıpla, ürün karakteristiklerinin tolerans dışına çıktığında üreticinin bunu düzeltmek amacıyla yaptığı harcamaları dengeleyecek bir biçimde seçilir. Toleransların uygun seçilmesi önemli bir ekonomik konu olması kadar önemli bir kalite konusudur [44].

Tolerans tasarımında üç tür kalite değişkeni vardır;

En büyük en iyi: Bu tip tolerans çalışmalarında kalite değişkeninin bir üst sınırı yoktur ve dolayısıyla hedef değer de yoktur. Ölçü büyüdükçe verimlilik de artacaktır.

En küçük en iyi: Bu tip toleranslar üretim sürecindeki hurda yüzdesi gibi amaç değerinin sıfır olduğu toleranslardır. Tolerans azaldıkça sistemin verimliliği artacaktır.

Hedef değer en iyi: Sapmaların iki yönde de oluşabildiği tolerans tipidir. Tolerans tasarımı kalite geliştirme sürecinin bir adımı olmasının yanında aynı zamanda bir kalite değerlendirme faaliyetidir.

3.5.4. Taguchi'nin sinyal/gürültü oranları

Taguchi, varyasyonu azaltmak amacıyla deney tasarımında performans kriteri olarak kullanılmak üzere, sinyal/gürültü oranı olarak adlandırılan bir dizi istatistik geliştirmiştir. Taguchi, uygulamadaki problemleri hedefin türüne göre üçe ayırmış ve her biri için farklı bir sinyal/gürültü (S/N)oranı tanımlamıştır.

En Küçük-En İyi: Bu tür problemlerde, kalite değişkeni y 'nin hedef değeri sıfırdır. Bu durumda sinyal/gürültü oranı şöyle tanımlanabilir.

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right) \quad (3.21)$$

En Büyük-En İyi: Bu durumda y 'nin hedef değeri sonsuzdur ve sinyal/gürültü oranı aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right) \quad (3.22)$$

Hedef Değer-En İyi: Bu tür problemlerde, y için belli bir hedef değer (örneğin, ürün boyutları gibi) verilmiştir. Bu durumda,

$$S/N = 10 \log \mu^2 / \sigma^2 \quad (3.23)$$

Her üç tip problemde de, amaç S/N oranını maksimize etmektir. Taguchi'ye göre, S/N oranlarının maksimize edilmesi, bir yandan sinyali arttırırken, diğer yandan da değişkenliği azaltmaktadır.

3.5.5. Uygun ortogonal düzenin seçilmesi

Ortogonal dizinin kullanımı sadece Taguchi'ye mahsus değildir. Ancak Taguchi, kullanımları basitleştirmiştir. Ortogonal dizinin ilk kullanılması, 1930'lu yıllarda, İngiltere'de Fisher tarafından olmuştur. Ortogonal dizi, dengelenmiş dizi anlamında kullanılmaktadır [45].

Taguchi, çok sayıda deneysel durumu açıklamak için ortogonal dizileri oluşturmuştur. Ortogonal dizinin en önemli özelliği, birçok faktörün en az sayıda test edilmesi ve faktör seviyelerini eş zamanlı olarak değiştirme yapmaya olanak sağlamasıdır. Ortogonal diziler problemin özelliğine göre, 2 kademeli, 3 kademeli, 2 ve 3 kademeli olarak belirlenmektedir. Ortogonal dizilere tasarım matrisi de denilmektedir. Genel gösterimi;

d: Toplam deney sayısı,

a: Faktörlerin düzey sayısı

k: Faktör sayısı

L: Ortogonal diziyi olmak üzere,

$L_d(a)^k$ ya da L_d

Şeklinde ifade edilmektedir. Genel olarak kullanılan diziler 2 seviyeliler için L_4 , L_8 , L_{16} ve L_{32} ve 3 seviyeliler için L_9 , L_{18} ve L_{27} dizileri olmaktadır. Dizilerin seçimi düzey sayısı ve toplam serbestlik derecesine göre yapılmaktadır.

3.5.6. Varyans analizi

Test yapmanın amacı ürün veya proses değişimini kontrol etmek ve performansı etkileyen faktörleri bulup problemin çözümüne ilişkin karar vermektir. Varyans analizi (Analysis of Variance: ANOVA) ile test edilen parça gruplarının performansları arasındaki farklılığı göstermek için çizelge oluşturulur. Varyans analizine F testi de denmektedir. Varyans analizi çizelgesi oluşturulduktan sonra, F testi hangi faktörlerin önemli olduğunu gösterir.

4. MALZEME VE METOT

Kullanılmış parmak freze çakıların yeniden bileme sonrası kullanımlarındaki performanslarının araştırılmasını hedefleyen bu çalışmada, işleme deneylerinde yaygın şekilde kullanılan, mekanik, kimyasal ve işlenebilirlik özellikleri iyi bilinen AISI 1050 imalat çelikleri ile parmak freze uygulamalarının yaygın kullanıldığı kalıp imalatının vazgeçilmez malzemelerinden olan AISI D2 soğuk iş takım çelikleri, seçilmiş referans malzeme olarak kullanılmıştır.

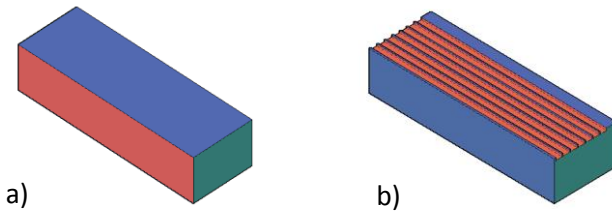
Takım üretici firmalarının önerileri doğrultusunda, belirlenen işleme şartlarında, daha önce kullanılmamış takımlarla yapılan işlemler neticesinde elde edilen çıktılar, aynı özelliklerde kullanıldıktan sonra bilenen bir takımla, aynı şartlarda yapılan işlemler neticesinde elde edilen çıktılarla karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Deneysel çalışmalarda, AISI 1050 imalat çeliği üzerinden iki farklı çapta ($\emptyset 5$ - $\emptyset 8$) HSS parmak frezeler ile talaş kaldırılırken, AISI D2 soğuk iş takım çeliği üzerinden de iki farklı çapta ($\emptyset 5$ - $\emptyset 8$) karbür parmak frezeler ile talaş kaldırılmıştır.

Deneysel çalışmalarda kullanılan malzeme, donanım, işleme parametreleri, takım tezgâhı vb. özellikler aşağıda sunulmuştur.

4.1. Deney Numuneleri

Deneysel çalışmalarda kullanılan malzemelerin işleme yönü Şekil 4.1.a-b' de, AISI 1050 imalat çeliği ile AISI D2 soğuk iş takım çeliğine ait kimyasal bileşim Çizelge 4.1. ve Çizelge 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.1.a-b Deneylerde kullanılan malzemeye ait şematik resim

Çizelge 4.1. AISI 1050 imalat çeliğinin kimyasal bileşimi (% maks.)

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Fe
0,533	0,293	10,883	0,033	0,012	0,255	0,183	0,098	Diğer

Çizelge 4.2. AISI D2 soğuk iş takım çeliğinin kimyasal bileşimi (% maks.)

C	Si	Mn	V	Cr	Ni	Mo	Fe
1,003	0,134	0,271	0,713	11,88	0,193	0,693	Diğer

4.2. Deneyleerde Kullanılan Cihaz ve Donanımlar

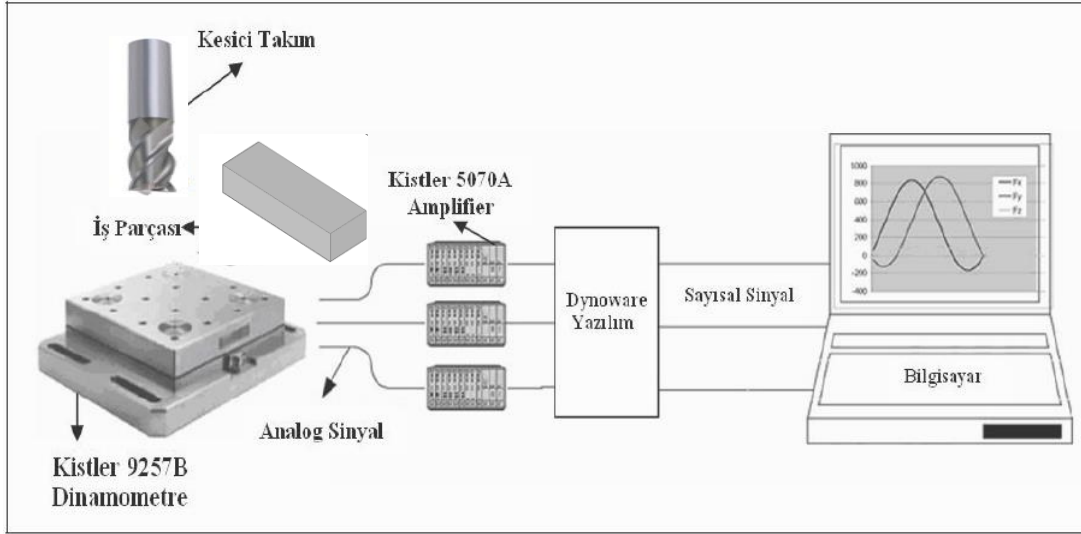
Deneyleerde Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makina Eğitimi Bölümü, Talaşlı Üretim Anabilim Dalı, CNC Atölyesinde mevcut JOHNFORD VMC–550 CNC freze tezgâhı kullanılmıştır. CNC tezgâhı; üç eksenle lineer ve dairesel enterpolasyon yapabilen, metrik ve inç birimlerinde ISO formatlı programlanabilir FANUC kontrol ünitesi bir dik işleme merkezidir. Bu tezgâhın teknik özellikleri Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Johnford VMC–440 CNC dik işleme merkezi özellikleri

Tezgâh gücü	5 KW
Maksimum devir sayısı	8000 rpm/min
Sırasıyla x, y, z eksenleri	600, 500, 600 mm
Ölçü hassasiyeti	0,001 mm
İşletim sistemi	Fanuc

4.3. Kesme Kuvvetlerinin Ölçülmesi

Deneyleerden elde edilen kuvvet verileri, Şekil 4.2'de görülen deney düzeneğine bağlı dinamometre ve bu dinamometrenin üzerine bağlanan deney parçalarının işlenmesi esnasında alınmıştır.



Şekil 4.2. Deney düzeneği şematik gösterimi [46].

Deneyler esnasında oluşan kesme kuvveti verileri dinamometre yardımı ile alınarak amplifier'e (yükselteç) oradan da veri okuma kartı ve program sayesinde bilgisayara aktarılmıştır. Deneyler esnasında ve sonrasında verileri almada/ölçmede kullanılan cihaz/donanım ve özellikleri Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Deneylerde kullanılan cihaz/donanım ve özellikleri

Cihaz/donanım	Özellik
Dinamometre	Kistler 9257B Fx, Fy, Fz, ± 4 kN, boyut:170x100x60mm
Amplifier (Yükselteç)	Kistler 5070A 8 kanaldan veri alma, $\pm 10V$
Veri okuma kartı	CIO DAS 1602/12 Kart 8 analog kanal, 1.25-2.5-510V ölçüm aralığı
Yazılım	Dynoware Veri sayısı/süresi ayarlama, grafik oluşturma

4.4 YüzeY Pürüzlülük Ölçüm Cihazı

YüzeY pürüzlülük değerlerinin ölçülmesinde ortalama yüzeY pürüzlülük değeri olan Ra dikkate alınmıştır. Deneylerde MAHR-Perthometer-M1 taşınabilir yüzeY pürüzlülük cihazı kullanılmıştır (Şekil 4.3.). YüzeY pürüzlülük cihazının özellikleri Çizelge 4.5'de verilmiştir. Şekil 4.3'te ise yüzeY pürüzlülük cihazı gösterilmiştir.

Çizelge 4.5.Yüzey pürüzlülük cihazının özellikleri

MODEL	Perthometer M1(Mahr)
Ölçme Hızı	150 $\mu\text{m/s}$
Ölçme Kuvveti	0,7 mN
Uç Malzemesi	Elmas
Numune Uzunluğu	150 mm
Değerlendirme Uzunluğu	30 mm



Şekil 4.3. Yüzey pürüzlülük cihazı[46].



4.5. DeneYlerde Kullanılan Kesici Takım ve Kesme Parametreleri

DeneYlerde iki farklı sertliğe sahip malzeme, dört kesme hızı, dört ilerleme, dört kesme derinliği ve iki farklı geometride kaplamasız HSS ve karbür kesici takımlar kullanılmıştır. Kullanılan deney değişkenleri Çizelge 4.6'da, deneYlerde kullanılan HSS kesici takımlar Çizelge 4.7'de, deneYlerde kullanılan karbür kesici takımlar Çizelge 4.8'de ve kesme parametreleri Çizelge 4.9'da verilmiştir.



Çizelge 4.6. Deney değişkenleri

Kesme Şartı	Parametre/Özellik
Kesici Takımlar(mm)	Ø5-Ø8
Kesme Hızı (m/dak)	45-56,25-72-90
İlerleme Hızı (mm/diş)	0,025-0,03125-0,04-0,05
Kesme Derinliği (mm)	0,75-0,93-1,20-1,50
Kesme Boyu (mm)	150 mm
Kesici Ağız Sayısı (adet)	4
Malzeme sertlik (HRc) AISI 1050 (C45)	18
Malzeme sertlik (HRc) AISI D2 (2080)	23

Çizelge 4.7. Deneylerde kullanılan HSS kesici takımlar

Üretici Kodu	Çap (mm)	Ağız sayısı	Kesici Takım Resmi
DIN844/2-1981	5	4	
DIN844/2-1981	8	4	

Çizelge 4.8. Deneylerde kullanılan karbür kesici takımlar

Üretici Kodu	Çap (mm)	Ağız sayısı	Kesici Takım Resmi
97404048	5	4	
97408064	8	4	

Çizelge 4.9. Kesme parametreleri

Kesme Hızı (m/dak)	45-56,25-72-90
İlerleme (mm/diş)	0,025-0,03125-0,04-0,05
Talaş Derinliği (mm)	0,75-0,93-1,20-1,50

4.6. Taguchi Deney Düzenegi

Bu çalışma, AISI 1050 imalat çeliğinin ve AISI D2 soğuk iş takım çeliğinin işlenmesinde kullanılan HSS ve karbür parmak frezelerin bilemeden önce ve bilemeden sonraki

performanslarını incelemeyi amaç edinmiştir. Kesme parametrelerinin, kesme kuvveti, yüzey pürüzlülüğü ve aşınma miktarı üzerindeki etkilerini Taguchi optimizasyonu kullanılarak optimum sonuçlar elde edebilmek adına kesme parametreleri için uygun faktörler ve seviyeler belirlenerek Taguchi deney düzeneği hazırlanmıştır. Hazırlanan bu deney düzeneği kesici takımlar bilindikten sonra yapılan deneyler içinde kullanılmıştır. Çizelge 4.10'da elde edilmiş olan deney faktörleri ve seviyeleri, Çizelge 4.11'de de Taguchi L_{16} ($4*3-2*1$) ortogonal deney düzeni verilmiştir.

Çizelge 4.10. HSS ve karbür kesici takımlar için deney faktörleri ve seviyeleri

Sembol	Kesme Parametreleri	Seviyeler			
		1	2	3	4
A	Kesici Takım	Ø5	Ø8	-	-
B	Kesme Derinliği (mm)	0,75	0,93	1,20	1,50
C	Kesme Hızı (m/dak)	45	56,25	72	90
D	İlerleme (mm/diş)	0,025	0,03125	0,04	0,05

Çizelge 4.11. HSS ve karbür kesici takımlar için Taguchi L_{16} deney düzeni ($4*3-2*1$)

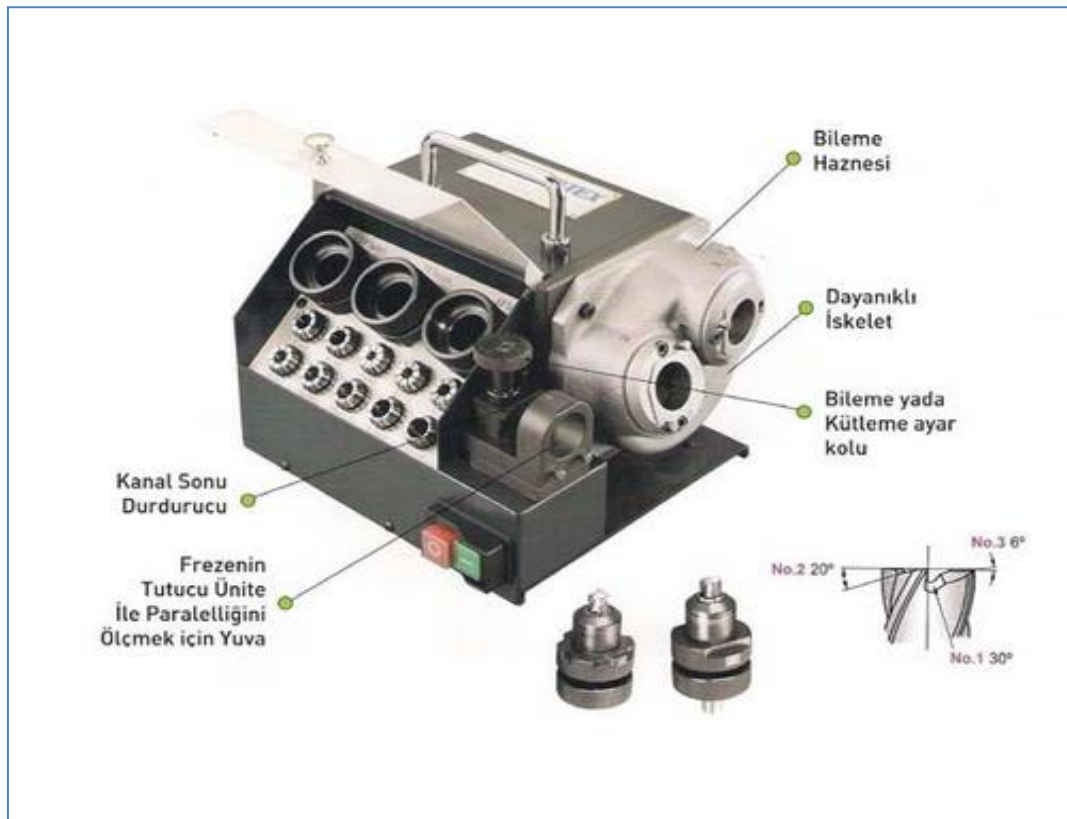
Deney No	A (Kesici Takım)	B (Kesme Derinliği mm)	C (Kesme Hızı m/dak)	D (İlerleme mm/diş)
7	1 (Ø5)	4 (1,5)	2 (56,25)	3 (0,04)
10	1 (Ø5)	4 (1,5)	3 (72)	2 (0,03125)
8	1 (Ø5)	3 (1,2)	2 (56,25)	4 (0,05)
9	1 (Ø5)	3 (1,2)	3 (72)	1 (0,025)
2	1 (Ø5)	2 (0,93)	1 (45)	2 (0,03125)
15	1 (Ø5)	2 (0,93)	4 (90)	3 (0,04)
1	1 (Ø5)	1 (0,75)	1 (45)	1 (0,025)
16	1 (Ø5)	1 (0,75)	4 (90)	4 (0,05)
4	2 (Ø8)	4 (1,5)	1 (45)	4 (0,05)
13	2 (Ø8)	4 (1,5)	4 (90)	1 (0,025)
3	2 (Ø8)	3 (1,2)	1 (45)	3 (0,04)
14	2 (Ø8)	3 (1,2)	4 (90)	2 (0,03125)
5	2 (Ø8)	2 (0,93)	2 (56,25)	1 (0,025)
12	2 (Ø8)	2 (0,93)	3 (72)	4 (0,05)

Çizelge 4.11.(devam) HSS ve karbür kesici takımlar için Taguchi L_{16} deney düzeni
($4*3-2*1$)

6	2	(Ø8)	1	(0,75)	2	(56,25)	2	(0,03125)
11	2	(Ø8)	1	(0,75)	3	(72)	3	(0,04)

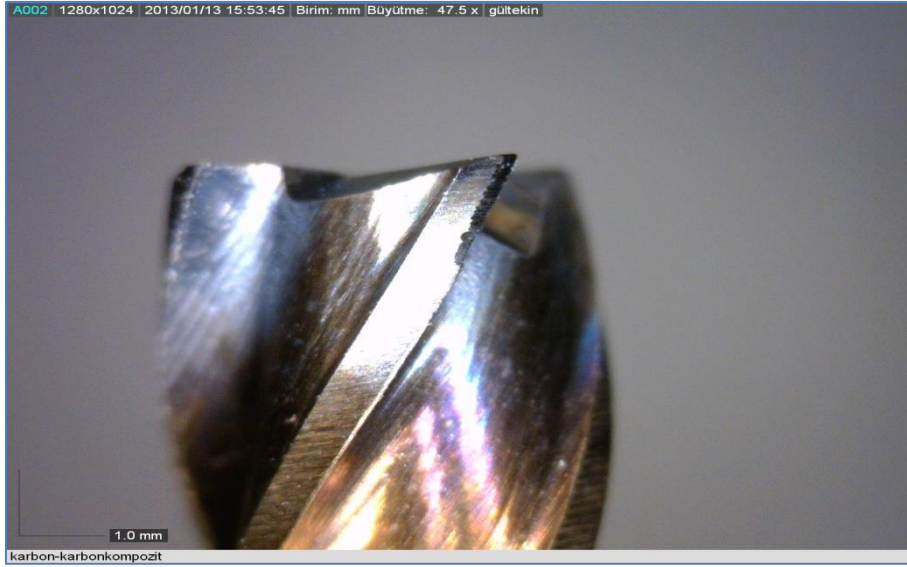
4.7. Parmak Freze Bileme Makinası ve Çalışma Prensibi

Taguchi L_{16} ($4*3-2*1$) deney düzeneğine göre kullanılmış olan HSS ve karbür parmak frezeler Şekil 4.4' te gösterilmekte olan parmak freze bileme makinası ile bilenmiştir.



Şekil 4.4. Parmak freze bileme makinası.

Aşınmış olan parmak freze (Şekil 4.5.), aparat vasıtasıyla, bileme makinasının gövdesindeki paralellığı sağlayan hazneye yerleştirilir ve aparat sıkılır. Daha sonra bileme işlemini gerçekleştirmek için parmak freze sırasıyla gövdedeki diğer haznelere yerleştirilir. İlk hazne alındıktan düz bileme yaparken ikinci hazne alındaki kanalların açılmasını sağlamaktadır. Son olarak ta parmak freze üçüncü hazneye yerleştirilerek kesici ağızlardaki açılarının oluşturulması sağlanır.



Şekil 4.5. Aşınmış bir parmak freze örneği.

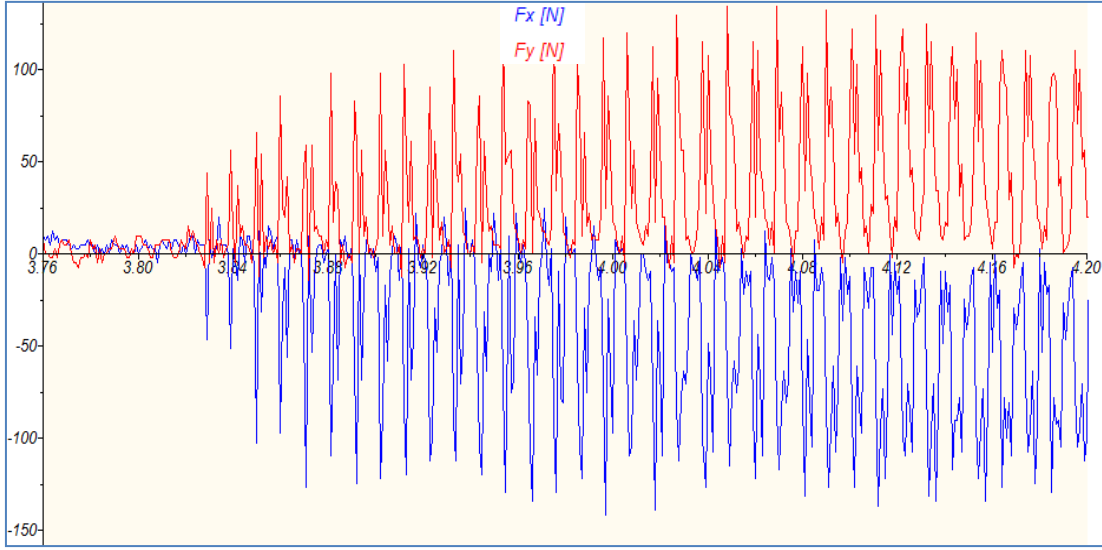
Bileme yapıldıktan sonra bu parmak frezeler aynı deney düzeneğine bağlı kalınarak tekrar kullanılmıştır. Çizelge 4.12.'de parmak freze bileme makinasının genel özellikleri verilmiştir.

Çizelge 4.12. Parmak freze bileme makinasının genel özellikleri.

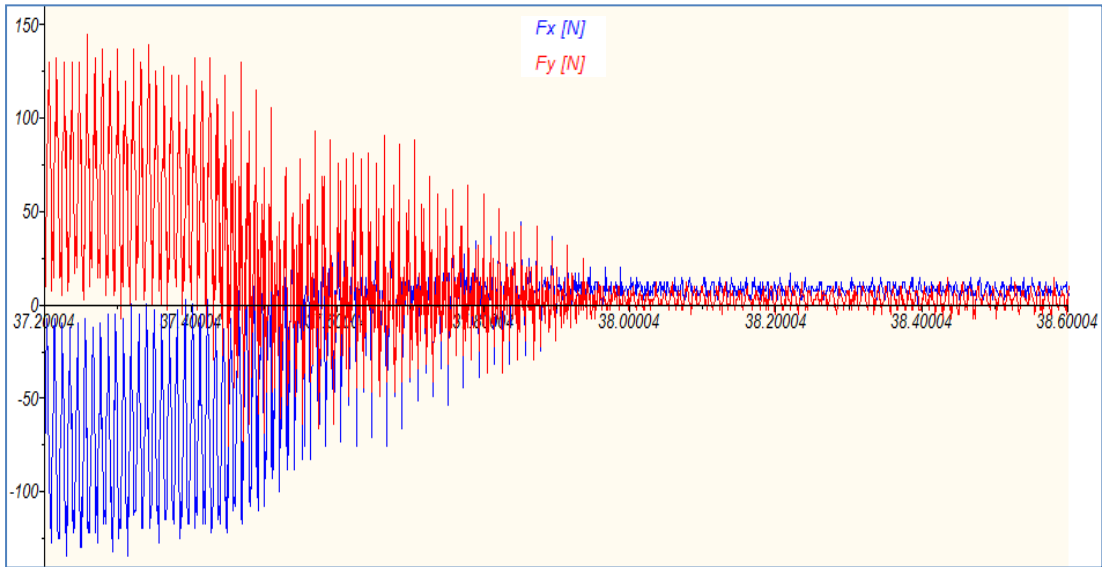
Kod	VEG-13A
Freze Çap Aralığı	Ø4~ Ø 13mm
Motor	450W
Hiz	6000 r.p.m.
Güç	NO:1 30° Derecelik Düz Yiv Açısı
Aksiyal Açı	NO:2 20° Derecelik İkinci Radyal Açı
Ağırlık(Kg)	17

4.8. Bileşke Kuvveti Oluşturan F_x ve F_y Bileşenlerinin Belirlenmesi

Bileşke kuvveti oluşturan F_x ve F_y bileşenlerini belirlemek için Şekil 4.6'da ve Şekil 4.7'de görüldüğü gibi her deney için kuvvet grafikleri çıkartılmıştır.



Şekil 4.6. F_x ve F_y kesme kuvvetlerini belirlemede kullanılan iş parçasının giriş deney grafiği



Şekil 4.7. F_x ve F_y kesme kuvvetlerini belirlemede kullanılan iş parçasının çıkış deney grafiği

F_x ve F_y bileşenleri için giriş ve çıkış arasında grafikten ortalama değer aralığı seçilerek F_x ve F_y bileşenleri bulunmuştur. Daha sonra bulunan F_x ve F_y bileşenlerinin bileşkesi hesaplanarak esas kesme kuvvetleri belirlenmiştir.

5. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, AISI 1050 imalat çeliğinin ve AISI D2 soğuk iş takım çeliğinin işlenmesinde kesme parametrelerinin, kesme kuvveti, yüzey pürüzlülüğü ve aşınma miktarı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Kesme parametreleri olarak, dört farklı kesme hızı (45-56,25-72-90 m/dak) dört farklı ilerleme hızı (0,025-0,03125-0,04-0,05 mm/diş) ve dört farklı kesme derinliği (0,75-0,93-1,20-1,50 mm) kullanılmıştır. Kesici takım olarak deneylerde 5 ile 8 mm çaplarında HSS ve karbür parmak frezeler kullanılmıştır.

Taguchi L_{16} (4*3-2*1) deney düzeneğine göre, HSS ve karbür parmak frezeler yeniden bilenmesi kaydıyla, her bir işlem için 16'şar adet deney yapılarak toplamda 64 deney gerçekleştirilmiştir. Yeni ve bilenmiş haldeki her takımın aynı miktarda talaş hacmi kaldırılarak yapılan talaş kaldırma deneylerinde, girdi olarak kesme hızı, ilerleme miktarı, kesme derinliği ve kesici takım çapı parametreleri kullanılmış olup, deneyler sonucunda çıktı olarak kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülüğü ve aşınma ile ilgili değerlendirmelerde bulunulmuştur. Deneyler sonucunda belirlenen kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülükleri ve aşınma miktarları Çizelge 5.1, Çizelge 5.2, Çizelge 5.3. ve 5.4 'te verilmiştir.

Çizelge 5.1-Çizelge 5.4'te sunulan deneysel veriler ışığında; aynı girdiler (aynı kesme hızı, aynı ilerleme miktarı ve aynı kesme derinliği) için belirlenen ve her bir çıktıya (bileşke kesme kuvveti (F), ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a) ve aşınma miktarı (VB)) karşılık gelen 4 farklı değerinin ayrı ayrı ortalaması alınarak oluşturulan grafikler Şekil 5.1-Şekil 5.18'de verilmiştir. Deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçların değerlendirilmesi bu grafikler baz alınarak yapılmıştır.

Çizelge 5.1'de Taguchi L₁₆ (4*3-2*1) deney düzeneğine göre yeni HSS kesici takımlarla yapılan deneyler sonucunda oluşan kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülükleri ve aşınma miktarları verilmiştir.

Çizelge 5.1. Taguchi L₁₆ (4*3-2*1) deney düzeneğine göre yeni HSS kesici takımlarla elde edilen sonuçlar

HSS Kesici Takım Çapı (mm)	Deney No	Kesme Derinliği (mm)	Kesme Hızı (m/dak)	İlerleme (mm/diş)	F _{Bileşke} (N)	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)(µm)	Aşınma Miktarı (VB)(mm)
Ø 5	7	1,50	56,25	0,04	157,48	1,415	0,42
	10		72	0,03125	104,81	1,326	0,42
	8	1,20	56,25	0,05	109,49	2,453	0,4
	9		72	0,025	117,81	1,237	0,30
	2	0,93	45	0,03125	129,68	1,354	0,39
	15		90	0,04	144,52	1,735	0,41
	1	0,75	45	0,025	175,41	1,387	0,44
	16		90	0,05	141,55	2,196	0,40
Ø 8	4	1,50	45	0,05	169,28	1,497	0,36
	13		90	0,025	125,00	1,871	0,45
	3	1,20	45	0,04	138,57	1,765	0,45
	14		90	0,03125	108,06	3,181	0,44
	5	0,93	56,25	0,025	72,94	3,537	0,43
	12		72	0,05	110,81	1,177	0,34
	6	0,75	56,25	0,03125	47,19	1,417	0,34
	11		72	0,04	46,58	1,247	0,26

Çizelge 5.2'de Taguchi L_{16} ($4*3-2*1$) deney düzeneğine göre bilenmiş HSS kesici takımlarla yapılan deneyler sonucunda oluşan kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülükleri ve aşınma miktarları verilmiştir.

Çizelge 5.2. Taguchi L_{16} ($4*3-2*1$) deney düzeneğine göre bilenmiş HSS kesici takımlarla elde edilen sonuçlar

HSS Kesici Takım Çapı (mm)	Deney No	Kesme Derinliği (mm)	Kesme Hızı (m/dak)	İlerleme (mm/diş)	$F_{Bileşke}$ (N)	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)(μ m)	Aşınma Miktarı (VB)(mm)
Ø 5	7	1,50	56,25	0,04	246,1	1,934	0,69
	10		72	0,03125	221,7	1.878	0,55
	8	1,20	56,25	0,05	142,21	1.294	0,52
	9		72	0,025	89,33	1.453	0,52
	2	0,93	45	0,03125	88,93	1.503	0,45
	15		90	0,04	115,92	0,916	0,46
	1	0,75	45	0,025	52,82	1.646	0,46
	16		90	0,05	130,71	1.261	0,77
Ø 8	4	1,50	45	0,05	274,1	1.872	0,87
	13		90	0,025	160,63	2,061	0,53
	3	1,20	45	0,04	152,55	1,539	0,66
	14		90	0,03125	95,82	1.206	0,54
	5	0,93	56,25	0,025	133,098	1.627	0,56
	12		72	0,05	112,30	0.873	0,53
	6	0,75	56,25	0,03125	110,82	1.613	0,55
	11		72	0,04	138,95	1.491	1,50

Çizelge 5.3'te Taguchi $L_{16}(4*3-2*1)$ deney düzeneğine göre yeni karbür kesici takımlarla yapılan deneyler sonucunda oluşan kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülükleri ve aşınma miktarları verilmiştir.

Çizelge 5.3. Taguchi $L_{16}(4*3-2*1)$ deney düzeneğine göre yeni karbür kesici takımlarla elde edilen sonuçlar

Karbür Kesici Takım Çapı (mm)	Deney No	Kesme Derinliği (mm)	Kesme Hızı (m/dak)	İlerleme (mm/diş)	$F_{Bileşke}$ (N)	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)(μ m)	Aşınma Miktarı (VB)(mm)
Ø 5	7	1,50	56,25	0,04	240,32	0,241	0,47
	10		72	0,03125	97,15	0,271	0,27
	8	1,20	56,25	0,05	90,12	0,124	0,28
	9		72	0,025	85,20	0,154	0,40
	2	0,93	45	0,03125	125,118	0,288	0,30
	15		90	0,04	113,87	0,425	0,40
	1	0,75	45	0,025	73,29	0,214	0,20
	16		90	0,05	97,05	0,481	0,60
Ø 8	4	1,50	45	0,05	258,52	0,533	0,47
	13		90	0,025	209,30	0,248	0,37
	3	1,20	45	0,04	146,31	0,313	0,31
	14		90	0,03125	101,82	0,286	0,31
	5	0,93	56,25	0,025	106,27	0,211	0,35
	12		72	0,05	142,79	0,318	0,43
	6	0,75	56,25	0,03125	90,24	1,002	0,39
	11		72	0,04	93,72	0,644	0,25

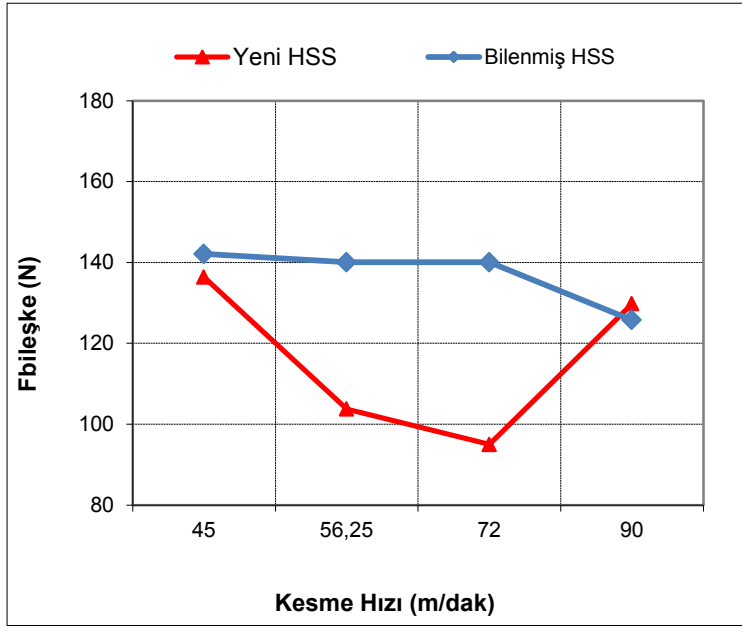
Çizelge 5.4'te Taguchi L_{16} ($4*3-2*1$) deney düzeneğine göre bilenmiş karbür kesici takımlarla yapılan deneyler sonucunda oluşan kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülükleri ve aşınma miktarları verilmiştir.

Çizelge 5.4. Taguchi L_{16} ($4*3-2*1$) deney düzeneğine göre bilenmiş karbür kesici takımlarla elde edilen sonuçlar

Karbür Kesici Takım Çapı (mm)	Deney No	Kesme Derinliği (mm)	Kesme Hızı (m/dak)	İlerleme (mm/diş)	$F_{Bileşke}(N)$	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)(μm)	Aşınma Miktarı (VB)(mm)
Ø 5	7	1,50	56,25	0,04	219,51	0,448	0,49
	10		72	0,03125	155,14	0,449	0,45
	8	1,20	56,25	0,05	138,30	0,407	0,39
	9		72	0,025	136,46	0,577	0,41
	2	0,93	45	0,03125	131,20	0,564	0,44
	15		90	0,04	123,30	0,488	0,56
	1	0,75	45	0,025	78,61	1,098	0,31
	16		90	0,05	123,06	0,4	0,4
Ø 8	4	1,50	45	0,05	295,38	0,495	0,39
	13		90	0,025	218,63	0,511	0,49
	3	1,20	45	0,04	171,21	0,764	0,43
	14		90	0,03125	144,78	0,546	0,49
	5	0,93	56,25	0,025	132,06	0,604	1,12
	12		72	0,05	186,95	0,588	0,46
	6	0,75	56,25	0,03125	154,40	0,660	0,6
	11		72	0,04	176,33	0,630	0,41

5.1. Yeni ve Bilenmiş HSS Takımlarda Kesme Parametrelerine Bağlı Olarak Bileşke Kesme Kuvvetlerindeki ($F_{Bileşke}$) Değişim

Yeni bir HSS takımla talaş kaldırmada kesme hızındaki değişime bağlı olarak talaş kaldırma sırasında oluşan bileşke kuvvetteki değişimin bilenmiş bir HSS takımla elde edilen sonuçlarla karşılaştırması Şekil 5.1'deki grafiklerde gösterilmiştir.

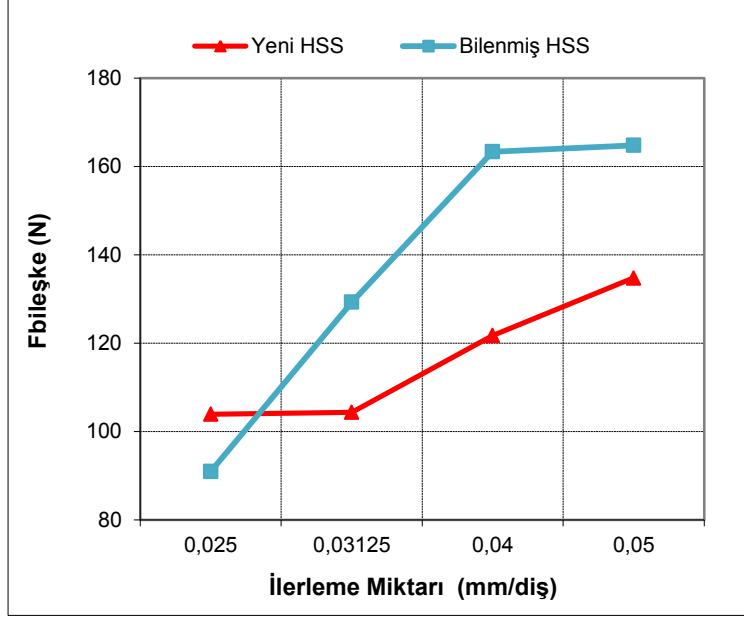


Şekil 5.1. Yeni ve bilenmiş HSS takımlarla talaş kaldırmada oluşan bileşke kuvvetin kesme hızına bağlı olarak değişimleri

Şekil 5.1'deki grafiklerden Yeni takıma ait grafikler değerlendirildiğinde, 72m/dak kesme hızına kadar, kesme hızındaki artışla birlikte bileşke kuvvetin düşme eğiliminde olduğu görülmektedir. bu durum literatürle paralellik arz etmekte olup beklenen bir durumdur ve kesme hızındaki artışla beraber, harcanan enerjinin tamamına yakın kısmının ısı enerjisine dönüştüğü temel yaklaşımından yola çıkarak, kesme bölgesinde artan sıcaklığın deformasyonu kolaylaştırmasına atfedilmiştir [8-55]. Kesme hızının 72 m/dak'dan 90m/dak' ya çıkması ile birlikte, bileşke kesme kuvvetinde hızlı bir artış eğilimi görülmektedir. Bu durum kesici takımında bu hız için en yüksek ortalama aşınmanın (0,662 mm) gözlenmesine atfedilmiştir. Bu kesme hızında takımında görülen aşınma miktarı, diğer hızlarda gözlenen aşınma miktarına göre yaklaşık 1.8 katı daha fazla olmuştur. Artan aşınma ile birlikte artan sürtünme kuvvetlerinin bileşke kuvvetler üzerinde de etkili olarak kuvveti arttırdığı düşünülmektedir [34].

Bilenmiş HSS takımlarda, kesme hızına bağlı olarak kesme kuvvetlerindeki değişim, yeni takımlarla elde edilen sonuçlardan farklı bir eğilim sergilemiştir. En düşük kesme hızında (45 m/dak) her iki takım için de kesme kuvvetleri birbirine yakın değerlerde çıkarken, artan kesme hızlarıyla kesme kuvvetlerindeki düşme eğilimi, bilenmiş takımda gözlenmemiş, bileşke kuvvet 140 N civarında seyrederek neredeyse sabit kalmıştır. Düşük ilerleme hızlarında, kesici takımın iş parçası ile daha uzun süre temasta kalması ve süreye bağlı olarak takıma ısı transferinin artması, kesici takım üzerinde de olumsuz etkilere sebep olmaktadır [34-55]. Hem yeni hem de bilenmiş takımlarda artan kesme hızlarıyla sonuçlanan bu durum, düşük hızlarda çalışmanın sakıncalarını bir kez daha göstermektedir. Kesme hızındaki artışla beklenen kesme kuvvetlerindeki düşme eğiliminin gözlenmemiş olması ve yaklaşık olarak yeni takıma göre 1.4 katı kadar daha büyük kesme kuvvetleri gözlenmesi, bileme sonrası ideal geometriden sapmalara ve takımın bilenmiş ağızlarında oluşan çapaklara bağlı olarak artan sürtünmeye atfedilmiştir. Bilenmiş takımlarda en çarpıcı sonuç 90 m/dak kesme hızında gözlenmiş ve bu kesme hızında kesme kuvveti düşme eğilimine girerek yeni takımla gözlenen kesme kuvveti değerine yaklaşmıştır. Bu durum parmak freze gibi çok ağızlı takımlarda istenen kendi kendini bileme kabiliyetinin bir göstergesi olarak yorumlanmıştır. Artan kesme hızıyla, talaş kaldırma sırasında takımın kendi kendini yenileme kabiliyeti ve bileme sonrası oluşan çapakların uzaklaşması ile ideal (yeni) geometriye yaklaşıldığını ve yeni bir kesici takımla elde edilen sonuçlara benzer sonuçlar sergilediğini göstermektedir. Bu bulgu bilenmiş takımlarla çalışırken, istenilen başlangıç hızlarının bir miktar üzerine çıkılmasının kesme kuvvetleri açısından daha olumlu sonuçlar sergileyeceğini ortaya koymaktadır.

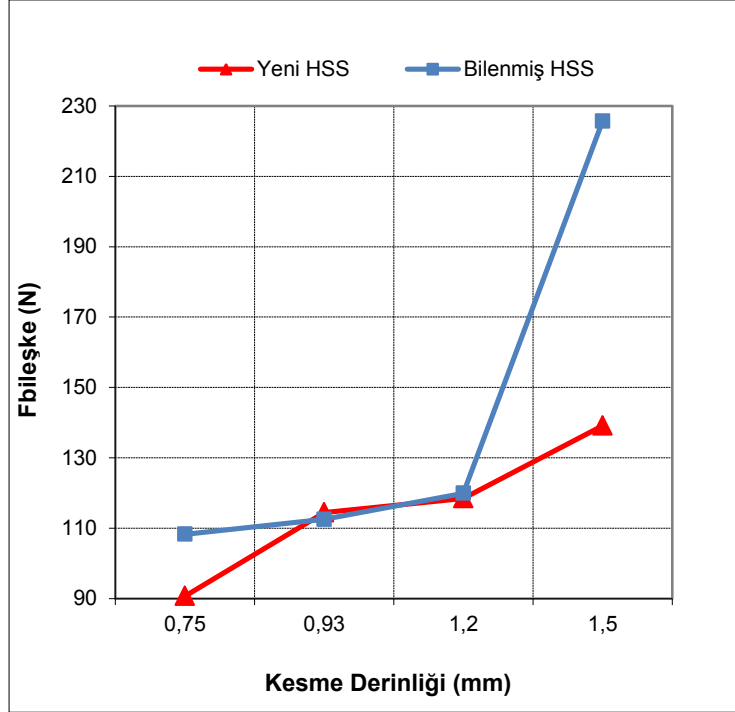
Şekil 5.2'de Yeni ve bilenmiş HSS takımlarda ilerleme miktarına bağlı olarak bileşke kesme kuvvetindeki değişim gösterilmiştir.



Şekil 5.2. Yeni ve bilenmiş HSS takımlarla talaş kaldırmada oluşan bileşke kuvvetin ilerleme miktarına bağlı olarak değişimleri

Her iki takım için de artan ilerleme miktarları ile birlikte bileşke kesme kuvvetlerinde bir artış eğilimi olduğu görülmektedir. Bu durum tamamen beklenen bir durumdur. Temel olarak kesme kuvvetini oluşturan en önemli bileşen talaş kesit alanı olup, artan ilerleme miktarları talaş kesit alanındaki artışa paralel olarak kesme kuvvetlerinde de artışa sebep olmaktadır [8-55]. Bilenmiş takımlardaki bu artış eğilimi orta ilerleme değerlerinde (0,03125 ve 0,04 mm/diş) yeni takımlara göre %125~% 135 daha yüksek olmuştur. Bu durum kesme hızına bağlı değişimlerde olduğu açıklanabilir. Bileme sonrası, yeni takıma göre ideal geometriden sapmalar, ilerlemedeki artışla kesme kuvvetlerinde gözlenen artışa da yansımıştır. Bilenmiş takımlar için en yüksek ilerleme miktarındaki (0,05 mm/diş) artışa bağlı olarak kesme kuvvetlerindeki artış eğiliminin tekrar azalma trendine girmesi de, takımın kendi kendini yenileme kabiliyetinin bir göstergesi olarak değerlendirilmiştir. Kesme hızındaki eğilime benzer bu eğilim dikkate alındığında, bilenmiş takımlarla çalışırken nispeten kesme hızı-yüksek ilerleme miktarı kombinasyonlarının kullanılması önerilir.

Şekil 5.3'teki grafikler yeni ve bilenmiş HSS takımlarla çalışma sırasında kesme derinliğinin kesme kuvvetleri üzerindeki değişime etkisini göstermektedir.

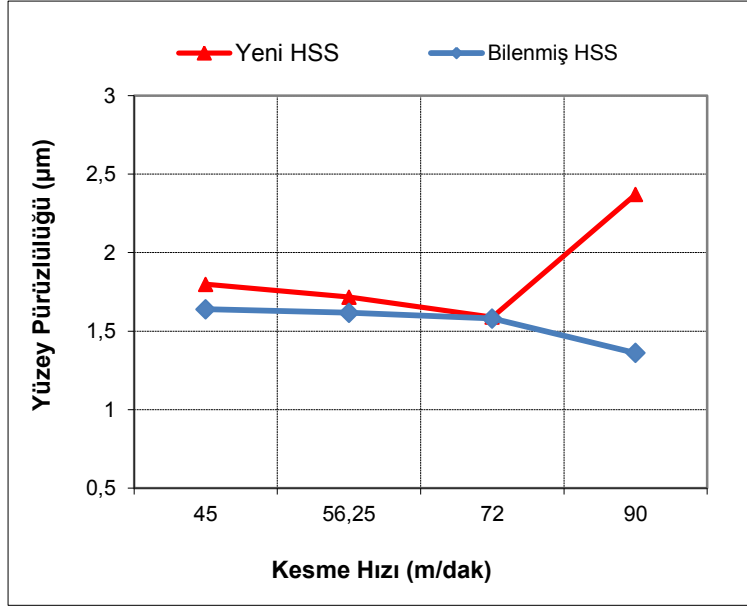


Şekil 5.3. Yeni ve bilenmiş HSS takımlarla talaş kaldırmada oluşan bileşke kuvvetin kesme derinliğine bağlı olarak değişimleri

Hem yeni hem de bilenmiş takımlarda artan kesme derinliğine bağlı olarak artan kesme kuvvetleri, ilerlemenin kesme kuvvetlerindeki etkisine benzer şekilde açıklanabilir. Artan kesme derinliğine bağlı olan talaş kesit alanı kesme kuvvetlerindeki artışın temel sebebidir [8]. İlk üç kesme derinliği için (0,75-0,93-1,2 mm) yeni ve bilenmiş takımlarda gözlenen kesme kuvvetlerinin birbirine yakın çıkması, bileme sonrası kesme derinliğinin olumsuz bir etkiye sahip olmadığını göstermektedir. Ancak en yüksek kesme derinliği olan 1,5 mm'de, bilenmiş takımla gözlenen bileşke kesme kuvveti (225,633 N), yeni takımla gözlenen bileşke kesme kuvvetinden (139,142 N) yaklaşık 1.62 katı kadar daha yüksek olmuştur. Bu sonuç, kesme hızı ve ilerleme miktarında söylenenlerin aksine bilenmiş takımlarla nispeten daha düşük kesme derinliği ile çalışma ihtiyacını ortaya koymaktadır.

5.2. Yeni ve Bilenmiş HSS Takımlarda Kesme Parametrelerine Bağlı Olarak Ortalama Yüzey Pürüzlülüğündeki (Ra) Değişim

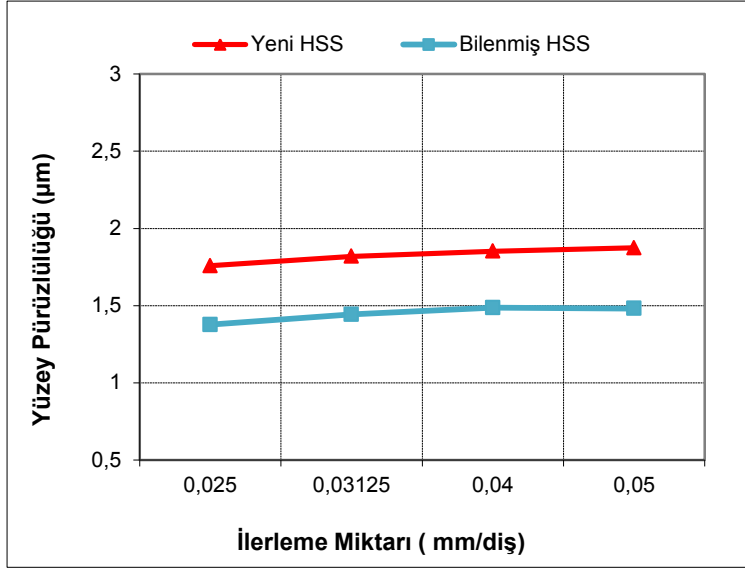
Kesme hızındaki artışa bağlı olarak işlenen yüzeyin ortalama yüzey pürüzlülüğündeki (Ra) değişim, yeni ve bilenmiş takımlar için Şekil 5.4'deki grafiklerde gösterilmiştir.



Şekil 5.4. Yeni ve bilenmiş HSS takımlarla talaş kaldırmada oluşan ortalama yüzey pürüzlülüğünün kesme hızına bağlı olarak değişimleri

Kesme hızındaki artışla yüzey kalitesinin iyileştiği bilinen bir gerçektir [56]. Artan kesme hızıyla birlikte, kesme bölgesinde artan ısıya paralel olarak kolaylaşan deformasyon yüzey kalitesine de olumlu olarak yansımaktadır. Bu durum, en yüksek kesme hızı (90 m/dak) hariç, yapılan deneylerde hem yeni hem de bilenmiş takım için gözlenmiştir. 90 m/dak'lık kesme hızında yeni takım için artan aşınma miktarı, kesme kuvvetlerinde olduğu gibi yüzey kalitesine de olumsuz olarak yansımıştır. Kesme kuvvetlerindeki bir benzer eğilimle, bilenmiş takımlarda ise yüzey kalitesinde olumlu bir gelişme gözlenmiştir. Artan kesme hızıyla, bileme sonrası geometrinin kendini yenileme kabiliyeti daha etkili olarak, yeni takımın aksine, ortalama yüzey pürüzlülüğü üzerinde olumlu sonuçlar elde edilmesine sebep olmuştur. Bu çarpıcı sonuç, kesme kuvvetlerinde olduğu gibi, bilenmiş takımlarla nispeten yüksek hızlarda çalışmanın yüzey kalitesi açısından daha etkili olacağını göstermektedir.

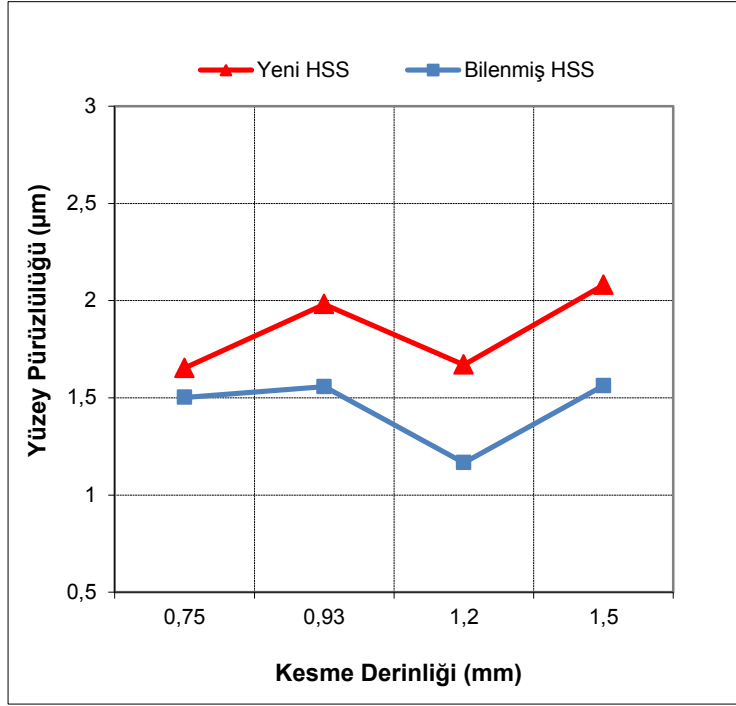
Şekil 5.5'de, her iki takım için, artan ilerleme miktarına bağlı olarak ortalama yüzey pürüzlülüğündeki değişimi göstermektedir. İlerleme miktarının, yüzey kalitesi üzerindeki en etkili parametrelerden biri olduğu ($R_{\text{mak}} = (f/8.r) \times 1000$ eşitliğinden), buna bağlı olarak da artan ilerleme değerleri ile yüzey pürüzlülüğünün arttığı bilinmektedir [55-56]. Deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlar (Şekil 5.5.) bu durumu doğrular niteliktedir.



Şekil 5.5. Yeni ve bilenmiş HSS takımlarla talaş kaldırmada oluşan ortalama yüzey pürüzlülüğünün ilerleme miktarına bağlı olarak değişimleri

Yeni ve bilenmiş takımların her ikisi için de artan ilerleme miktarlarına bağlı olarak yüzey kalitesinde bir kötüleşme gözlenmiştir. Bu araştırmadan elde edilen sonuçlar, bilenmiş takımlarla elde edilen yüzey kalitesinin, yeni takımlarla elde edilen yüzey kalitesinden bir miktar daha iyi olduğunu göstermiştir. Yeni takımlarla elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri 1,758 µm ile 1,814 µm aralığında iken, bilenmiş takımlarda 1,377 µm ile 1,487 µm arasında kalmıştır. Gözlenen bu nispi iyileşmeye bağlı olarak yeniden bileme işlemlerinin yüzey kalitesi açısından olumsuzluk yaratmadığı söylenebilir.

Şekil 5.6' da ise kesme derinliğine bağlı olarak yüzey kalitesindeki değişim görülmektedir.

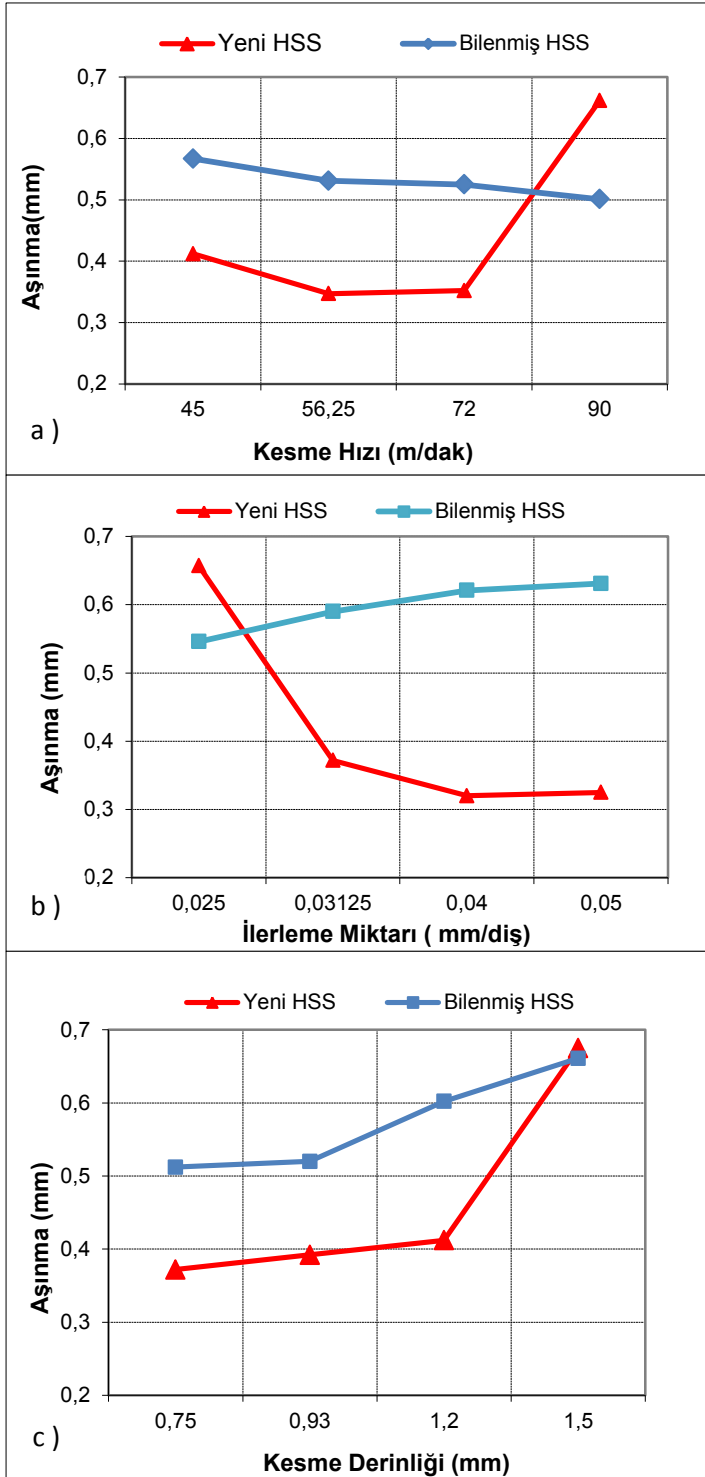


Şekil 5.6. Yeni ve bilenmiş HSS takımlarla talaş kaldırmada oluşan ortalama yüzey pürüzlülüğünün kesme derinliğine bağlı olarak değişimleri

Her iki takım içinde gözlenen değişim aynı eğilimdedir ve paralellik arz etmektedir. 1,2 mm. kesme derinliği hariç, artan kesme derinliği ile birlikte, ortalama yüzey pürüzlülüğü artmıştır. Çalışma şartlarına bağlı olarak 1,2 mm kesme derinliğinde daha iyi yüzey kalitesinin elde edilmesi, bu kesme derinliğinin optimum olarak kullanılabilmesine işaret etmektedir. Hem kesme hızı, hem ilerlemenin etkisinde olduğu gibi kesme derinliği için de bilenmiş takımlarda daha iyi yüzey kalitesinin elde edilmiş olması, bileme işlemlerinin yüzey kalitesi üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olmadığını göstermiştir.

5.3. Yeni ve Bilenmiş HSS Takımlarda Kesme Parametrelerine Bağlı Olarak Takım Yanak Aşınmalarındaki (VB) Değişim

Kesme hızı, ilerleme miktarı ve kesme derinliğine bağlı olarak takım yanak aşınma miktarlarındaki değişimler Şekil 5.7'deki grafiklerde verilmiştir.



Şekil 5.7. Kesme parametrelerine bağlı olarak yeni ve bilenmiş karbür takımların yanak aşınma miktarlarındaki değişimler

- Kesme hızına bağlı olarak yanak aşınma miktarlarındaki değişim
- İlerleme miktarına bağlı olarak yanak aşınma miktarlarındaki değişim
- Kesme derinliğine bağlı olarak yanak aşınma miktarlarındaki değişim

Şekil 5.7.a ve Şekil 5.7.b' deki grafikler incelendiğinde kesici takımlardaki aşınma eğilimlerinin şekil 5.1 de kesme hızı ve ilerlemeye bağlı olarak kesme kuvvetlerindeki değişimleri gösteren grafiklerle benzer eğilim gösterdiği görülmektedir. Grafikler karşılıklı olarak değerlendirildiğinde artan aşınmanın kesme kuvvetleri üzerinde olumsuz etkiye sahip olduğunu, kesme kuvvetlerindeki artışında aşınma davranışlarını olumsuz etkilediğini söylemek mümkündür. Şekil 5.7 a,b,c' deki grafiklerden bilenmiş takımlardaki aşınma miktarının yeni takımlara göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durumun bileme sonrası ilk geometrinin ne kadar elde edileceği ile alakalı olduğu düşünülmektedir.

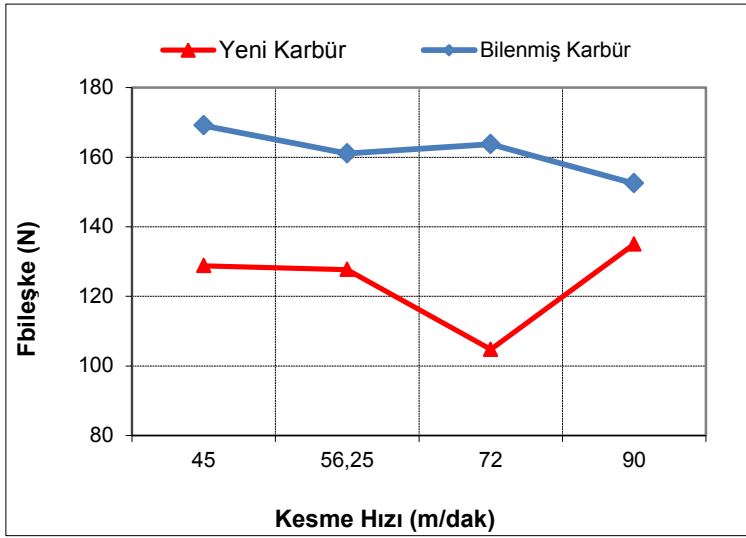
Kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliği için başlangıç değerlerinden itibaren artan değerlere paralel olarak aşınma davranışının kayda değer olarak değişmemiş olması, bilemenin aşınmayı olumsuz etkilemesinden çok bileme ile elde edilen geometride halen eski aşınmadan kalan aşınma izlerinin mevcut olduğunun bir göstergesi olabileceğini düşündürmektedir. Ayrıca bileme sonrası sadece basınçlı havayla temizleme yapılmış olması, bilemeyle oluşan çapakların tam temizlenememiş olması ihtimalini ve bu çapakların da kesici kenar boyunca bükülerek aşınma izi olarak yorumlanmış olabileceği ihtimalini akla getirmektedir. Bu konunun daha iyi yorumlanabilmesi için daha detaylı bir fotoğraflama (SEM görüntüleri gibi) ihtiyacı söz konusudur.

Şekil 5.7.b' deki grafiklerden ilerlemedeki artış, yeni takım için aşınma davranışı üzerinde olumlu bir etkiye sahipken, bilenmiş takımda aynı etkiyi yapmadığı görülmektedir. Aşınma ölçülerinde sabit talaş hacmi dikkate alındığından, ilerleme miktarındaki artışın aşınma üzerindeki muhtemel olumsuz etkisi grafiklere yansımamıştır. Yeni takımlarda, ilerleme miktarındaki artışla aşınmadaki azalma eğilimi, ilerlemenin talaş tahliyesine olan katkısına ve bu suretle kesilen talaşların yeniden kesilmesini engellemesine atfedilmiştir. Bilenmiş takımlarda ise artan ilerleme miktarlarının aşınma davranışını olumsuz etkilediği görülmektedir. Bileme sırasında oluşan sıcaklığın kontrol edilememesi sebebiyle, bu sıcaklığın takım malzemesini olumsuz etkileyerek, aşınma eğilimini hızlandırdığı düşünülmektedir.

Şekil 5.7.c' deki grafiklerden kesme derinliğinin aşınmayı olumsuz etkilediği görülmektedir. Bu durum artan takım-iş parçası temas uzunluğuna atfedilebilir [55].

5.4. Yeni ve Bilenmiş Karbür Takımlarda Kesme Parametrelerine Bağlı Olarak Bileşke Kesme Kuvvetlerindeki ($F_{Bileşke}$) Değişim

Yeni bir karbür takımla talaş kaldırmada kesme hızındaki değişime bağlı olarak talaş kaldırma sırasında oluşan bileşke kuvvetteki değişimin bilenmiş bir karbür takımla elde edilen sonuçlarla karşılaştırması Şekil 5.8'deki grafiklerde gösterilmiştir.

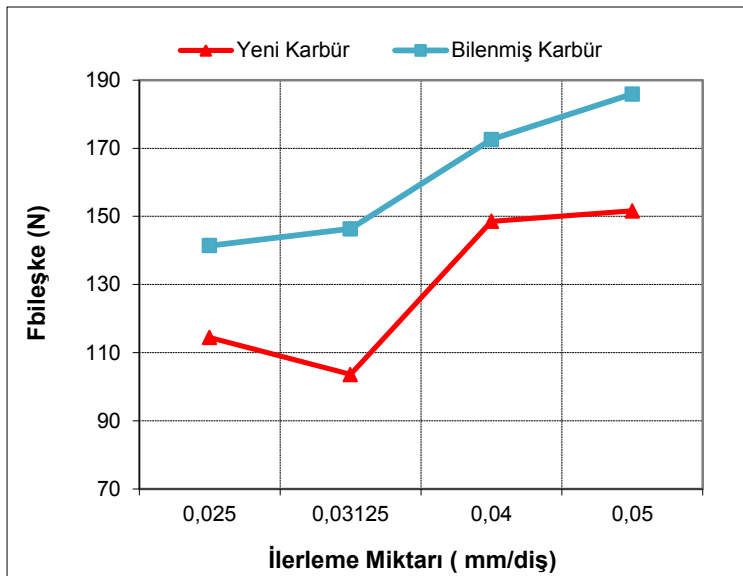


Şekil 5.8. Yeni ve bilenmiş karbür takımlarla talaş kaldırmada oluşan bileşke kuvvetin kesme hızına bağlı olarak değişimleri

Şekil 5.8'deki grafiklerden yeni takıma ait grafikler değerlendirildiğinde, 72m/dak kesme hızına kadar, kesme hızındaki artışla birlikte bileşke kuvvetin düşme eğiliminde olduğu görülmektedir. Bu durum, HSS takımlar için izah edildiği gibi, literatürle paralellik arz etmekte olup beklenen bir durum olduğu söylenebilir. Kesme hızındaki artışla beraber, harcanan enerjinin tamamına yakın kısmının ısı enerjisine dönüştüğü temel yaklaşımından yola çıkarak, kuvvetlerdeki düşme eğilimi kesme bölgesinde artan sıcaklığın deformasyonu kolaylaştırmasına atfedilmiştir [8-55]. Kesme hızının 72 m/dak' dan 90m/dak' ya çıkması ile birlikte , bileşke kesme kuvvetinde hızlı bir artış eğilimi görülmektedir. Bu durum, HSS takımlarda da gözlemlendiği gibi seyretmiş en yüksek ortalama aşınmanın (0,360 mm) bu hızda gözlenmesine atfedilmiştir. Bu kesme hızında takımda görülen aşınma miktarı, diğer hızlarda gözlenen aşınma miktarına göre yaklaşık 1.25 katı daha fazla olmuştur. Artan aşınma ile birlikte artan sürtünme kuvvetlerinin bileşke kuvvetler üzerinde de etkili olarak kuvveti arttırdığı düşünülmektedir [34].

Bilenmiş karbür takımlarda, kesme hızına bağlı olarak kesme kuvvetlerindeki değişim, yeni takımlarla elde edilen sonuçlara oldukça benzer bir eğilim sergilememiştir. En düşük kesme hızında (45 m/dak) bilenmiş sementit karbür takımında oluşan bileşke kesme kuvveti, yeni sementit karbür kesici takımında oluşan bileşke kesme kuvvetinin 1.3 katı kadar artmıştır. Artan kesme hızlarıyla kesme kuvvetlerinde düşme eğilimi olduğu (160 N~ 170 N) gözlenmiştir. Düşük kesme hızlarında, kesici takımın iş parçası ile daha uzun süre temasta kalması ve süreye bağlı olarak takıma ısı transferinin artması, kesici takım üzerinde de olumsuz etkilere sebep olmaktadır [34-55]. Hem yeni hem de bilenmiş takımlarda artan kesme hızlarıyla sonuçlanan bu söz konusu olan durum, yine HSS takımlardakine benzer şekilde, düşük hızlarda çalışmanın sakıncalarını bir kez daha göstermektedir. Bilenmiş takımlarda görülmüş olan en çarpıcı durum 90 m/dak kesme hızında gözlenmiştir. Bu kesme hızında kesme kuvveti düşme eğilimine girerek yeni takımla gözlenen kesme kuvveti değerine oldukça yaklaşmıştır. Bu durum parmak freze gibi çok ağızlı takımlarda istenen kendi kendini bileme kabiliyetinin bir göstergesi olarak yorumlanmıştır. Bu bulgu bilenmiş takımlarla çalışırken, istenilen başlangıç hızlarının bir miktar üzerine çıkılmasının kesme kuvvetleri açısından daha olumlu sonuçlar sergileyeceğini bir kez daha ortaya koymaktadır.

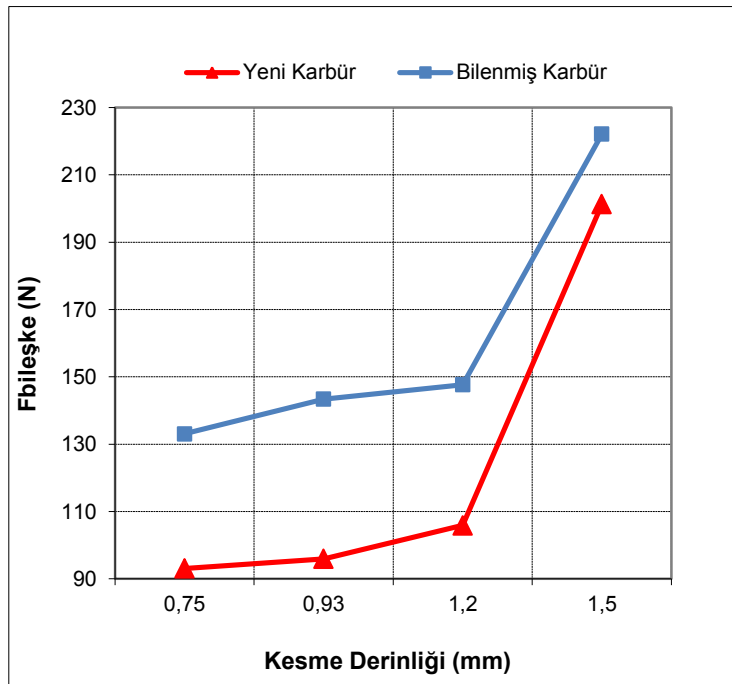
Şekil 5.9'da yeni ve bilenmiş karbür takımlarda ilerleme miktarına bağlı olarak bileşke kesme kuvvetindeki değişim gösterilmiştir.



Şekil 5.9. Yeni ve bilenmiş HSS takımlarla talaş kaldırmada oluşan bileşke kuvvetin ilerleme miktarına bağlı olarak değişimleri

Her iki takım için de artan ilerleme miktarları ile birlikte bileşke kesme kuvvetlerinde bir artış eğilimi olduğu görülmektedir. Bu sonuç beklenen bir sonuç olup, temel olarak kesme kuvvetini oluşturan en önemli bileşen talaş kesit alanı olduğundan, artan ilerleme miktarları ile talaş kesit alanındaki artışa paralel olarak kesme kuvvetlerinde de artış gözlenmiştir [8-55]. Bilenmiş takımlardaki bu artış eğilimi orta ilerleme değerlerinde (0,03125 ve 0,04 mm/diş) yeni takımlara göre (%117 N ~ % 1143 N) daha yüksek olmuştur. Bu durum kesme hızına bağlı değişimlerde olduğu gibi açıklanabilir. Bileme sonrası, yeni takıma göre ideal geometriden sapmalar, ilerlemedeki artışla kesme kuvvetlerinde gözlenen artışa da yansımıştır. Bilenmiş takımlar için en yüksek ilerleme miktarındaki (0,05 mm/diş) artışa bağlı olarak kesme kuvvetlerindeki artış eğiliminin tekrar azalma trendine girmesi de, takımın kendi kendini yenileme kabiliyetinin bir göstergesi olarak değerlendirilmiştir. Kesme hızındaki eğilime benzer bu eğilim dikkate alındığında, HSS takımlar için önerildiği gibi bilenmiş yekpare sementit karbür takımlarla çalışırken de nispeten kesme hızı-yüksek ilerleme miktarı kombinasyonlarının kullanılması önerilir.

Şekil 5.10'daki grafikler yeni ve bilenmiş karbür takımlarla çalışma sırasında kesme derinliğinin kesme kuvvetleri üzerindeki değişime etkisini göstermektedir.

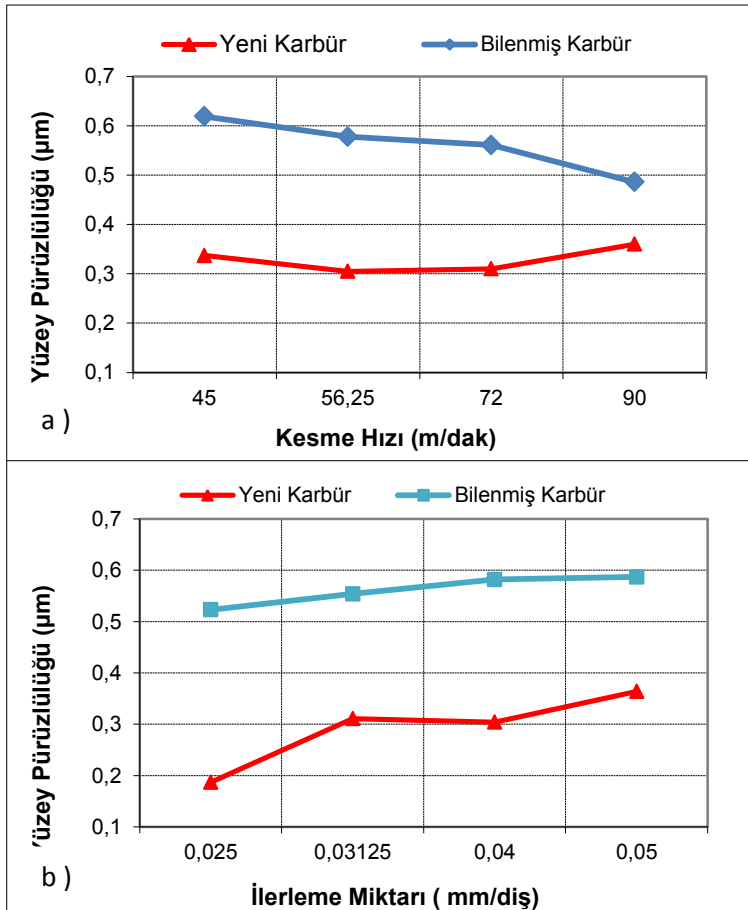


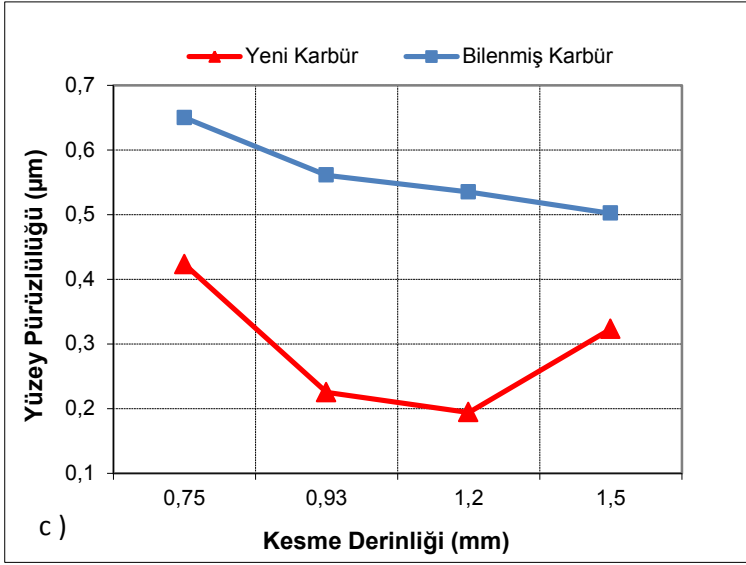
Şekil 5.10. Yeni ve bilenmiş HSS takımlarla talaş kaldırmada oluşan bileşke kuvvetin kesme derinliğine bağlı olarak değişimleri

Hem yeni hem de bilenmiş takımlarda artan kesme derinliğine bağlı olarak artan kesme kuvvetleri, ilerlemenin kesme kuvvetlerindeki etkisine benzer şekilde açıklanabilir. Artan kesme derinliğine bağlı olan talaş kesit alanı kesme kuvvetlerindeki artışın temel sebebidir [55]. İlk üç kesme derinliği için (0,75-0,93-1,2 mm) yeni ve bilenmiş takımlarda gözlenen kesme kuvvetlerinin birbirine yakın çıkması, bileme sonrası kesme derinliğinin olumsuz bir etkiye sahip olmadığını göstermektedir. Ancak en yüksek kesme derinliği olan 1,5 mm'de, bilenmiş takım ile gözlenen bileşke kesme kuvveti (222,165 N), yeni takım ile gözlenen bileşke kesme kuvvetinden (201,322 N) yaklaşık 1.1 katı kadar daha yüksek olmuştur. Bu sonuç, kesme hızı ve ilerleme miktarında söylenenlerin aksine bilenmiş takımlarla nispeten daha düşük kesme derinliği ile çalışma ihtiyacını ortaya koymaktadır.

5.5. Yeni ve Bilenmiş Karbür Takımlarda Kesme Parametrelerine Bağlı Olarak Ortalama Yüzey Pürüzlülüğündeki (Ra) Değişim

Kesme hızı, ilerleme miktarı ve kesme derinliğine bağlı olarak işlenen yüzeyin ortalama yüzey pürüzlülüğündeki değişimler Şekil 5.11'deki grafiklerde verilmiştir.





Şekil 5.11. Kesme parametrelerine bağlı olarak yeni ve bilenmiş karbür takımların ortalama yüzey pürüzlülük miktarlarındaki değişimler
a) Kesme hızına bağlı olarak yüzey pürüzlülük miktarlarındaki değişim
b) İlerleme miktarına bağlı olarak yüzey pürüzlülük miktarlarındaki değişim
c) Kesme derinliğine bağlı olarak yüzey pürüzlülük miktarlarındaki değişim

Kesme hızındaki artışla yüzey kalitesinin iyileştiği daha öncede ifade edilmiştir [56]. Şekil 5.11.a' daki grafikler incelendiğinde, artan kesme hızıyla birlikte, kesme bölgesinde artan ısıya paralel olarak kolaylaşan deformasyonun yüzey kalitesine de olumlu olarak yansımaktadır. Bu durum, en yüksek kesme hızı (90 m/dak) hariç, yapılan deneylerde hem yeni hem de bilenmiş takım için gözlenmiştir. 90 m/dak'lık kesme hızında yeni takım için artan aşınma miktarı, kesme kuvvetlerinde olduğu gibi yüzey kalitesine de olumsuz olarak yansımıştır. Bilenmiş takımlarda ise kesme kuvvetlerindeki bir benzer eğilimle yüzey kalitesinde olumlu bir gelişme gözlenmiştir. Artan kesme hızıyla, bileme sonrası geometrinin kendini yenileme kabiliyeti daha etkili olarak, yeni takımın aksine, ortalama yüzey pürüzlülüğü üzerinde olumlu sonuçlar elde edilmesine sebep olmuştur. Bu çarpıcı sonuç, kesme kuvvetlerinde olduğu gibi, bilenmiş takımlarla nispeten yüksek hızlarda çalışmanın yüzey kalitesi açısından daha etkili olacağını göstermektedir.

Şekil 5.11.b 'de, her iki takım için, artan ilerleme miktarına bağlı olarak ortalama yüzey pürüzlülüğündeki değişim gösterilmiştir. İlerleme miktarının, yüzey kalitesi üzerindeki en etkili parametrelerden biri bilinmektedir [23-55-56]. Deneysel çalışmalardan elde edilen bulgular (Şekil 5.11.b) bu durumu kanıtlar niteliktedir.

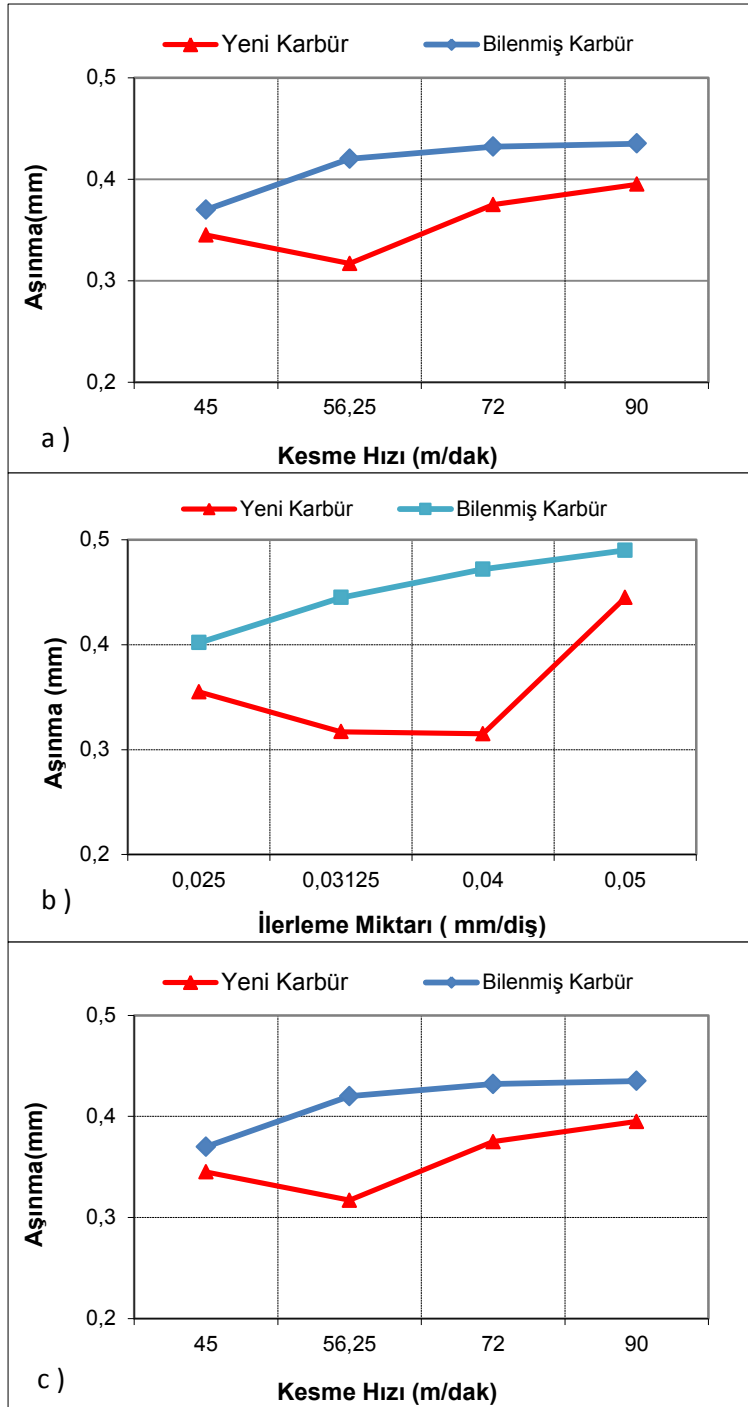
Yeni ve bilenmiş takımların her ikisi için de artan ilerleme miktarlarına bağlı olarak yüzey kalitesinde bir kötüleşme gözlenmiştir. Bu araştırmadan elde edilen sonuçlara göre, artan ilerleme miktarına göre en yüksek ortalama yüzey pürüzlülük değerleri kıyaslandığında, bilenmiş karbür kesici takımın yeni karbür kesici takıma oranla, 1.6 katı kadar daha kötü sonuç vermiş olduğu görülmüştür.

Karbür takımların başlangıç maliyeti ve bileme maliyetleri dikkate alındığında özellikle yüzey kalitesi açısından küçük çaplı takımlarda bilemeden çok yeni takım kullanılması önerilebilir. Ancak büyüyen çap ile artan maliyet dikkate alındığında, yüzey kalitesindeki değişimi izlemek kaydı ile yeniden bileme önerilebilir.

Şekil 5.11.c' de ise kesme derinliğine bağlı olarak yüzey kalitesindeki değişim görülmektedir. Her iki takım içinde, 12 mm' ye kadar artan kesme derinliklerinde, gözlenen değişim aynı eğilimde olup paralellik gösterdiği görülmektedir. Çalışma şartlarına bağlı olarak yeni karbür takım için 1,2 mm. kesme derinliğinde daha iyi yüzey kalitesinin elde edilmesi, bu kesme derinliğinin optimum olarak kullanılabilir olduğunu göstermektedir. Ancak 1.5 mm. kesme derinliğinde yeni karbür takımında ortalama yüzey pürüzlülük değeri artarken, bilenmiş karbür takımında bu değer azalmış olduğu gözlenmektedir. Bu durum; karbür takımların toz metalurjisi ile üretilmiş olması sebebiyle, bileme sonrası keskin kesici kenarlarda ideal düzgünlüğü yakalayabilmenin, HSS takımlara göre daha zor olmasından kaynaklandığı şeklinde açıklanabilir.

5.6. Yeni ve Bilenmiş Karbür Takımlarda Kesme Parametrelerine Bağlı Olarak Takım Yanak Aşınmalarındaki (VB) Değişim

Kesme hızı, ilerleme miktarı ve kesme derinliğine bağlı olarak takım yanak aşınma miktarlarındaki değişimler Şekil 5.12'deki grafiklerde verilmiştir.



Şekil 5.12. Kesme parametrelerine bağlı olarak yeni ve bilenmiş karbür takımların yanak aşınma miktarlarındaki değişimler

- Kesme hızına bağlı olarak yanak aşınma miktarlarındaki değişim
- İlerleme miktarına bağlı olarak yanak aşınma miktarlarındaki değişim
- Kesme derinliğine bağlı olarak yanak aşınma miktarlarındaki değişim

Şekil 5.12.a' daki grafikler karşılıklı olarak değerlendirildiğinde HSS takımlara benzer şekilde, artan aşınmanın kesme kuvvetleri üzerinde olumsuz etkiye sahip olduğunu, kesme kuvvetlerindeki artışın da aşınma davranışlarında artışa neden olduğu söylenebilir. Bilenmiş takımlardaki aşınma miktarının, yeni takımlara göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durumun bileme sonrası ilk geometrinin ne kadar elde edilebildiği ile alakalı olduğu düşünülmektedir.

Kesme hızı, ilerleme miktarı ve kesme derinliği için başlangıç değerlerinden itibaren artan değerlere paralel olarak aşınma davranışında kayda değer bir değişikliğin olmaması, bilemenin aşınmayı olumsuz etkilemesinden ziyade bileme ile elde edilen geometride halen eski aşınmadan kalan aşınma izlerinin giderilememiş olduğunun bir göstergesi olabileceğini düşündürmektedir. Daha önce de izah edildiği gibi, bileme sonrası sadece basınçlı havayla temizleme yapılmış olması, bilemeyle oluşan çapakların tam temizlenememiş olması ihtimalini ve bu çapakların da kesici kenar boyunca bükülerek aşınma izi olarak yorumlanmış olabileceğini göstermektedir.

Şekil 5.12.b' deki grafikler incelendiğinde, ilerlemedeki artış, yeni takım için aşınma davranışı üzerinde genelde olumlu bir etkiye sahipken, bilenmiş takımda aynı etkiyi yapmadığı görülmektedir. Aşınma ölçülerinde sabit talaş hacmi dikkate alındığından, ilerleme miktarındaki artışın aşınma üzerindeki muhtemel olumsuz etkisi grafiklere yansımamıştır. Yeni takımlarda, ilerleme miktarındaki artışla aşınmadaki azalma eğilimi, ilerlemenin talaş tahliyesine olan katkısına ve bu suretle kesilen talaşların yeniden kesilmesini engellemesine atfedilmiştir. Bilenmiş takımlarda ise artan ilerleme miktarlarının aşınma davranışını olumsuz etkilediği ve orta ilerleme değeri (0,04 mm/diş) dikkate alındığında bilenmiş takımlardaki aşınma miktarının, yeni takımdaki aşınma miktarının yaklaşık olarak 1.6 katı olduğu görülmektedir. Bileme sırasında oluşan sıcaklığın kontrol edilememesi sebebiyle, bu sıcaklığın takım malzemesini olumsuz etkileyerek, aşınma eğilimini hızlandırdığı düşünülmektedir.

Şekil 5.12.c' deki grafikler incelendiğinde, kesme derinliğinin aşınmayı olumsuz etkilediği görülmektedir. Bu durum artan takım-iş parçası temas uzunluğuna atfedilmiştir [55].

5.7. Varyans Analizi (ANOVA)

Varyans analizi (Analysis of Variance: ANOVA) ile hangi işlem üzerinde hangi faktörlerin ne derecede etkili oldukları istatistiksel olarak ortaya konulmuştur. Yapılan deneylerde takım aşınması, yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvveti sonuçlarının, girdi parametresi olarak kullanılan kesme hızı, ilerleme, kesme derinliği ve parmak freze çapı gibi kontrol faktörlerine göre değiştiği kabul edilmiş ve bu kabule dayalı olarak varyans analizi yapılmıştır. Varyans analizinde kullanılan kontrol faktörleri ve seviyeleri Çizelge 5.5.'te verilmiştir.

Çizelge 5.5. Kontrol faktörleri ve seviyeleri

Faktör	Sembol	Birim	Sev. 1	Sev. 2	Sev. 3	Sev. 4
Kesme hızı	V	m/dak	45	56,25	72	90
İlerleme	f	mm/diş	0,025	0,03125	0,04	0,05
Kesme derinliği	a	mm	0,75	0,93	1,2	1,5
Kesici takım çapı	d	mm	5	8	-	-

5.7.1. HSS kesici takım için varyans analizi

Çizelge 5.6.'da HSS kesici takım sonuçları (takım aşınması, yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvveti) için yapılan varyans analizi sonuçları özetlenmiştir.

Çizelge 5.6. HSS kesici takım için varyans analizi

Faktör	Serbestlik der. SD	Kareler top. KT	Kareler ort. KO	F oranı	P değeri	% katkı
Takım aşınması (VB)= R^2 =%93,62						
V	3	0,008842	0,006557	3,60	0,124	7,7
f	3	0,012853	0,006790	3,73	0,118	11,2
a	3	0,084506	0,026986	14,83	0,012	74,1
d	1	0,000653	0,000653	0,36	0,581	0,6
Hata	4	0,007280	0,001820			6,4
Toplam	14	0,114133				100
Yüzey pürüzlülüğü (Ra) = R^2 =%76,26						
V	3	1,1669	1,2638	1,62	0,318	8,9
f	3	0,0215	0,3974	0,51	0,696	0,2
a	3	1,0113	0,8717	1,12	0,440	7,7
d	1	7,8040	7,8040	10,02	0,034	59,5
Hata	4	3,1141	0,7785			23,7
Toplam	14	13,1178				100
Kesme Kuvveti (F)= R^2 =%83,95						
V	3	4476,3	1492,1	2,97	0,136	28,6
f	3	2380,8	793,6	1,58	0,306	15,2
a	3	4718,6	1572,9	3,13	0,126	30,1
d	1	1582,1	1582,1	3,14	0,136	10,1
Hata	4	2515,3	503,1			16
Toplam	14	15673,0				100

AISI 1050 çeliğinin HSS takımla frezelenmesi esnasında oluşan takım aşınması üzerindeki etkili parametreler varyans analiziyle değerlendirilmiştir. Çizelge 5.6.da görülen varyans analizi sonuçlarına göre takım aşınması üzerindeki en etkili parametrenin %74,1 ile kesme derinliği olduğu tespit edilmiştir. Diğer etkili parametreler ise sırasıyla %11,2 ile ilerleme, %7,7 ile kesme hızı ve %0,6 ile kesici takım çapı olduğu belirlenmiştir. Analizler sonucu elde edilen belirtme katsayısı (R^2) olarak bilinen bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklama oranı ise; modeldeki açıklama miktarının açıklanamayan miktara olan oranıdır.

Anlamlılık göstergesi olan p değeri ise; deney sonuçlarına etki eden bağımsız değişkenlerin varyans analizinde anlamlı olup olmadığını test etmektedir [54]. Bu bilgiler eşliğinde yapılan varyans analizinde belirlilik katsayısının takım aşınması için $R^2=93,62$ olarak bulunması bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklama oranının yüksek olduğunu göstermiştir. Takım aşınması analizlerinde kesme derinliği için hesaplanan p değerleri 0,05'den küçük olduğu için tüm parametrelerin aşınma mekanizmaları üzerinde istatistiksel ve fiziksel öneme sahip olduğu tespit edilirken, kesme hızı, ilerleme, ve kesici takım çapı için hesaplanan p değerleri 0,05'den büyük olduğu için tüm parametrelerin aşınma mekanizmaları üzerinde istatistiksel ve fiziksel öneme sahip olmadığı belirlenmiştir.

HSS takım kullanılarak elde edilen sonuçlardan yapılan varyans analizine göre; yüzey pürüzlülüğü üzerindeki en etkili parametrenin %59,5 ile kesici takım çapı olduğu bulunmuştur. Yüzey pürüzlülüğüne etki eden diğer parametreler ise sırasıyla %8,9 ile kesme hızı, %7,7 ile kesme derinliği ve %0,2 ile ilerleme olduğu görülmüştür. Yüzey pürüzlülüğü için R^2 değerinin %76,26 olarak bulunması bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklama oranının orta seviyede olduğu belirlenmiştir. Yüzey pürüzlülüğü analizlerinde kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliği için hesaplanan p değerleri 0,05'den yüksek olduğu için yüzey pürüzlülüğü üzerinde istatistiksel olarak önemsiz olduğu tespit edilirken, kesici takım çapı için hesaplanan p değerleri 0,05'ten küçük olduğu için yüzey pürüzlülüğü üzerinde istatistiksel olarak öneme sahip olduğu tespit edilmiştir.

HSS takım kullanılarak elde edilen sonuçlardan yapılan varyans analizine göre; kesme kuvveti üzerindeki en etkili parametrenin %30,1 ile kesme derinliği olduğu bulunmuştur. Kesme kuvvetine etki eden diğer parametreler ise sırasıyla %28,6 ile kesme hızı, %15,2 ile ilerleme, ve %10,1 ile kesici takım çapı olduğu görülmüştür. Kesme kuvveti için R^2 değerinin %83,95 olarak bulunması bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklama oranının yüksek olduğunu göstermiştir. Kesme kuvveti analizlerinde kesme hızı, ilerleme, kesme derinliği ve kesici takım çapı için hesaplanan p değerleri 0,05'den büyük olduğu için tüm parametrelerin aşınma mekanizmaları üzerinde istatistiksel ve fiziksel öneme sahip olmadığı tespit edilmiştir.

5.7.2. Bilenmiş HSS kesici takım için varyans analizi

Çizelge 5.7.'de Bilenmiş HSS kesici takım sonuçları (takım aşınması, yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvveti) için yapılan varyans analizi sonuçları özetlenmiştir.

Çizelge 5.7. Bilenmiş HSS kesici takım için varyans analizi

Faktör	Serbestlik der. SD	Kareler top. KT	Kareler ort. KO	F oranı	P değeri	% katkı
Takım aşınması (VB)= R^2 =%98,73						
V	3	0,030108	0,011231	22,13	0,006	18,8
f	3	0,006619	0,003922	7,73	0,039	4,1
a	3	0,026372	0,014631	28,83	0,004	16,4
d	1	0,095203	0,095203	187,59	0,000	59,4
Hata	4	0,002030	0,000508			1,3
Toplam	14	0,160333				100
Yüzey pürüzlülüğü (Ra) = R^2 =%69,93						
V	3	3,2883	1,0961	3,27	0,117	59,1
f	3	0,0306	0,0102	0,03	0,992	0,5
a	3	0,4290	0,1430	0,43	0,743	7,7
d	1	0,1488	0,1488	0,44	0,535	2,6
Hata	4	1,6754	0,3351			30,1
Toplam	14	5,5721				100
Kesme Kuvveti (F)= R^2 =%97,95						
V	3	696,6	232,2	0,95	0,484	1,1
f	3	14592,5	4864,2	19,86	0,003	24,4
a	3	43074,5	14358,2	58,63	0,000	72,2
d	1	21,5	21,5	0,09	0,779	0,15
Hata	4	1224,5	244,9			2,15
Toplam	14	59609,6				100

AISI 1050 çeliğinin bilenmiş HSS takım ile frezelenmesi esnasında oluşan takım aşınması üzerindeki etkili parametreler varyans analiziyle değerlendirilmiştir. Çizelge 5.7' de görülen varyans analizi sonuçlarına göre takım aşınması üzerindeki en etkili parametrenin %59,4 ile parmak freze çıkışı olduğu tespit edilmiştir. Diğer etkili parametreler ise sırasıyla %18,8 ile kesme hızı, %16,4 ile kesme derinliği ve %4,1 ile ilerleme olduğu belirlenmiştir. Analizler sonucu elde edilen belirtme katsayısı (R^2) olarak bilinen bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklama oranı ise; modeldeki açıklama miktarının

açıklanamayan miktara olan oranıdır. Anlamlılık göstergesi olan p değeri ise; deney sonuçlarına etki eden bağımsız değişkenlerin varyans analizinde anlamlı olup olmadığını test etmektedir [54]. Bu bilgiler eşliğinde yapılan varyans analizinde belirlilik katsayısının takım aşınması için $R^2=98,73$ olarak bulunması bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklama oranının yüksek olduğunu göstermiştir. Takım aşınması analizlerinde kesme hızı, ilerleme, kesme derinliği ve kesici takım çapı için hesaplanan p değerleri 0,05'den küçük olduğu için tüm parametrelerin aşınma mekanizmaları üzerinde istatistiksel ve fiziksel öneme sahip olduğu tespit edilmiştir.

Bilenmiş HSS takım kullanılarak elde edilen sonuçlardan yapılan varyans analizine göre; yüzey pürüzlülüğü üzerindeki en etkili parametrenin %59,1 ile kesme hızı olduğu bulunmuştur. Yüzey pürüzlülüğüne etki eden diğer parametreler ise sırasıyla %7,7 ile kesme derinliği, %2,6 ile kesici takım çapı ve %0,5 ile ilerleme olduğu görülmüştür. Yüzey pürüzlülüğü için R^2 değerinin %69,93 olarak bulunması bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklama oranının orta seviyede olduğu belirlenmiştir. Yüzey pürüzlülüğü için hesaplanan p değerleri 0,05'den yüksek olduğu için tüm parametrelerin yüzey pürüzlülüğü üzerinde istatistiksel olarak önemsiz olduğu tespit edilmiştir.

Bilenmiş HSS takım kullanılarak elde edilen sonuçlardan yapılan varyans analizine göre; kesme kuvveti üzerindeki en etkili parametrenin %72,2 ile kesme derinliği olduğu bulunmuştur. Kesme kuvvetine etki eden diğer parametreler ise sırasıyla %24,4 ile ilerleme, %1,1 ile kesme hızı ve %0,15 ile kesici takım çapı olduğu görülmüştür. Kesme kuvveti için R^2 değerinin %97,95 olarak bulunması bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklama oranının yüksek olduğunu göstermiştir. Kesme kuvveti analizlerinde kesme hızı, ve kesici takım çapı için hesaplanan p değerleri 0,05'den yüksek olduğu için bu parametrelerin kesme kuvvetleri üzerinde istatistiksel ve fiziksel öneme sahip olmadığı tespit edilirken, ilerleme ve kesme derinliği için hesaplanan p değerleri 0,05'den küçük olduğu için bu parametrelerin kesme kuvvetleri üzerinde istatistiksel ve fiziksel öneme sahip olduğu tespit edilmiştir.

5.7.3. Karbür kesici takım için varyans analizi

Çizelge 5.8.' de karbür kesici takım sonuçları (takım aşınması, yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvveti) için yapılan varyans analizi sonuçları özetlenmiştir

Çizelge 5.8. Karbür kesic takım için varyans analizi

Faktör	Serbestlik der.	SD	Kareler top. KT	Kareler ort. KO	F oranı	P değeri	% katkı
Takım aşınması (VB)= R^2 =%72,51							
V	3		0,013869	0,004623	0,69	0,594	11,4
f	3		0,044269	0,014756	2,21	0,205	36,5
a	3		0,022969	0,007656	1,15	0,415	18,9
d	1		0,006806	0,006806	1,02	0,359	5,6
Hata	4		0,033331	0,006666			27,5
Toplam	14		0,121244				100
Yüzey pürüzlülüğü (Ra) = R^2 =%86,75							
V	3		0,018631	0,006210	0,80	0,544	6,4
f	3		0,066265	0,022088	2,85	0,144	22,6
a	3		0,129114	0,043038	5,55	0,048	44,1
d	1		0,039800	0,039800	5,13	0,073	13,6
Hata	4		0,038766	0,007753			13,2
Toplam	14		0,292577				100
Kesme Kuvveti (F)= R^2 =%91,49							
V	3		2117,8	705,9	0,73	0,579	3,7
f	3		13022,4	4340,8	4,46	0,070	22,8
a	3		32207,8	10735,9	11,03	0,012	56,4
d	1		4922,1	4922,1	5,06	0,074	8,6
Hata	4		4864,8	973,0			8,5
Toplam	14		57134,9				100

AISI D2 çeliğinin karbür takımla frezelenmesi esnasında oluşan takım aşınması üzerindeki etkili parametreler varyans analiziyle değerlendirilmiştir. Çizelge 5.8' de görülen varyans analizi sonuçlarına göre takım aşınması üzerindeki en etkili parametrenin %36,5 ile ilerleme olduğu tespit edilmiştir. Diğer etkili parametreler ise sırasıyla %18,9 ile kesme derinliği, %11,4 ile kesme hızı ve %5,6 ile kesme derinliği olduğu belirlenmiştir. Yapılan varyans analizinde belirlilik katsayısının takım aşınması için R^2 =%72,51 olarak bulunması bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklama oranının orta düzeyde

olduğunu göstermiştir. Kesme kuvveti analizlerinde kesme hızı, ilerleme, kesme derinliği ve kesici takım çapı için hesaplanan p değerleri 0,05'den yüksek olduğu için tüm parametrelerin aşınma mekanizmaları üzerinde istatistiksel ve fiziksel öneme sahip olmadığı tespit edilmiştir.

Karbür kesici takım kullanılarak elde edilen sonuçlardan yapılan varyans analizine göre; yüzey pürüzlülüğü üzerindeki en etkili parametrenin %44,1 ile kesme derinliği olduğu bulunmuştur. Yüzey pürüzlülüğüne etki eden diğer parametreler ise sırasıyla %22,6 ile ilerleme, %13,6 ile kesici takım çapı ve %6,4 ile kesme hızı olduğu görülmüştür. Yüzey pürüzlülüğü için R^2 değerinin %86,75 olarak bulunması bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklama oranının yüksek seviyede olduğu belirlenmiştir. Yüzey pürüzlülüğü analizlerinde kesme hızı, ilerleme ve kesici takım çapı için hesaplanan p değerleri 0,05'den yüksek olduğu için tüm parametrelerin yüzey pürüzlülüğü üzerinde istatistiksel olarak önemsiz olduğu tespit edilirken, kesme derinliği için hesaplanan p değeri 0,05'ten küçük olduğu için bu parametrenin yüzey pürüzlülüğü üzerinde istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir.

Karbür kesici takım kullanılarak elde edilen sonuçlardan yapılan varyans analizine göre; kesme kuvveti üzerindeki en etkili parametrenin %56,4 ile kesme derinliği olduğu bulunmuştur. Kesme kuvvetine etki eden diğer parametreler ise sırasıyla %22,8 ile ilerleme, %8,6 ile kesici takım çapı ve %3,7 ile kesme hızı olduğu görülmüştür. Yüzey pürüzlülüğü için R^2 değerinin %91,49 olarak bulunması bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklama oranının yüksek seviyede olduğu belirlenmiştir. Yüzey pürüzlülüğü analizlerinde kesme hızı, ilerleme ve kesici takım çapı için hesaplanan p değerleri 0,05'den yüksek olduğu için tüm parametrelerin yüzey pürüzlülüğü üzerinde istatistiksel olarak önemsiz olduğu tespit edilirken, kesme derinliği için hesaplanan p değeri 0,05'ten küçük olduğu için bu parametrenin yüzey pürüzlülüğü üzerinde istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir.

5.7.4. Bilenmiş karbür kesici takım için varyans analizi

Çizelge 5.9' da bilenmiş karbür kesici takım sonuçları (takım aşınması, yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvveti) için yapılan varyans analizi sonuçları özetlenmiştir

Çizelge 5.9. Bilenmiş Karbür kesici takım için varyans analizi

Faktör	Serbestlik der.	SD	Kareler top. KT	Kareler ort. KO	F oranı	P değeri	% katkı
Takım aşınması (VB)= R^2 =%83,25							
V	3		0,011019	0,003673	0,96	0,478	9,7
f	3		0,041469	0,013823	3,63	0,099	36,5
a	3		0,041019	0,013673	3,59	0,101	36,2
d	1		0,001056	0,001056	0,28	0,621	0,9
Hata	4		0,019031	0,003806			16,75
Toplam	14		0,113594				100
Yüzey pürüzlülüğü (Ra) = R^2 =%65,03							
V	3		0,04586	0,01529	0,97	0,474	20,4
f	3		0,01024	0,00341	0,22	0,880	4,5
a	3		0,04830	0,01610	1,03	0,455	21,8
d	1		0,04141	0,04141	2,64	0,165	18,5
Hata	4		0,07842	0,01568			34,8
Toplam	14		0,22423				100
Kesme Kuvveti (F)= R^2 =%89,94							
V	3		579,5	193,2	0,25	0,859	1,5
f	3		5401,5	1800,5	2,32	0,193	13,9
a	3		20023,9	6674,6	8,58	0,020	51,8
d	1		8749,7	8749,7	11,25	0,020	22,6
Hata	4		3888,0	777,6			10,2
Toplam	14		38642,7				100

AISI D2 çeliğinin bilenmiş karbür kesici takım kullanılarak frezelenmesi esnasında oluşan takım aşınması üzerindeki etkili parametreler varyans analiziyle değerlendirilmiştir. Çizelge 5.9' da görülen varyans analizi sonuçlarına göre takım aşınması üzerindeki en etkili parametrenin %36,5 ile ilerleme olduğu tespit edilmiştir. Diğer etkili parametreler ise sırasıyla %36,2 ile kesme derinliği, %9,7 ile kesme hızı ve %0,9 ile parmak freze çıkışı olduğu belirlenmiştir. Yapılan varyans analizinde belirlilik katsayısının takım aşınması için R^2 =%83,25 olarak bulunması bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklama oranının

yüksek olduğunu göstermiştir. Takım aşınması analizlerinde kesme hızı, ilerleme, kesme derinliği ve kesici takım çapı için hesaplanan p değerleri 0,05'den büyük olduğu için tüm parametrelerin aşınma mekanizmaları üzerinde istatistiksel ve fiziksel öneme sahip olmadığı tespit edilmiştir.

Bilenmiş karbür kesici takım kullanılarak elde edilen sonuçlardan yapılan varyans analizine göre; yüzey pürüzlülüğü üzerindeki en etkili parametrenin %21,8 ile kesme derinliği olduğu bulunmuştur. Yüzey pürüzlülüğüne etki eden diğer parametreler ise sırasıyla %20,4 ile kesme hızı, %18,5 ile kesici takım çapı ve %4,5 ile ilerleme olduğu görülmüştür. Yüzey pürüzlülüğü için R^2 değerinin %65,03 olarak bulunması bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklama oranının orta seviyede olduğu belirlenmiştir. Yüzey pürüzlülüğü analizlerinde kesme hızı, ilerleme, kesme derinliği ve kesici takım çapı için hesaplanan p değerleri 0,05'den büyük olduğu için tüm parametrelerin aşınma mekanizmaları üzerinde istatistiksel ve fiziksel öneme sahip olmadığı tespit edilmiştir.

Bilenmiş karbür kesici takım kullanılarak elde edilen sonuçlardan yapılan varyans analizine göre; kesme kuvveti üzerindeki en etkili parametrenin %51,8 ile kesme derinliği olduğu bulunmuştur. Kesme kuvvetine etki eden diğer parametreler ise sırasıyla %22,6 ile kesici takım çapı, %13,9 ile ilerleme ve %1,5 ile kesme hızı olduğu görülmüştür. Kesme kuvveti için R^2 değerinin %89,94 olarak bulunması bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklama oranının yüksek olduğunu göstermiştir. Kesme kuvveti analizlerinde kesme hızı, ve ilerleme için hesaplanan p değerleri 0,05'den yüksek olduğu için bu parametrelerin kesme kuvvetleri üzerinde istatistiksel ve fiziksel öneme sahip olmadığı tespit edilirken, kesici takım çapı ve kesme derinliği için hesaplanan p değerleri 0,05'den küçük olduğu için bu parametrelerin kesme kuvvetleri üzerinde istatistiksel ve fiziksel öneme sahip olduğu tespit edilmiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, özellikle kalıp sektöründe ve modern CNC işleme merkezlerinde yaygın olarak kullanılan HSS ve Yekpare Sementit Karbür parmak frezelerin, yeniden bilenerek tekrar kullanılmaları halindeki performansları araştırılmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlar genel olarak aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- HSS ve Yekpare Sementit Karbür kesici takımlarla yapılan işleme deneyleri sonunda kesme hızındaki artışa bağlı olarak, yeni takımlarda 90m/dak ya kadar beklenen şekilde bileşke kesme kuvvetinde düşme eğilimi gözlenirken, 90m/dak kesme hızında kesme kuvvetleri tekrar bir artış eğilimine girmiştir. Bu artış her iki tip yeni takım da takımda ölçülen yüksek yanak aşınmasına atfedilmiştir.
- Bilenmiş HSS ve karbür kesici takımlarda, kesme hızındaki artış, bileşke kesme kuvvetleri üzerinde yeni takımlara göre daha az etkili olmuştur. En çarpıcı sonuç, yeni takımlarda en büyük bileşke kuvvetinin gözlemlendiği 90m/dak kesme hızında gözlenmiştir. Bilenmiş takımlarda, yeni takımların aksine bu hızda kesme kuvvetleri düşme eğilimine girmiştir. Bu durum bileme sonrası takımın kendi kendini yenileme kabiliyetinin artmasına atfedilmiştir.
- Yeni ve bilenmiş HSS ve karbür kesici takımların tamamında en düşük kesme hızında bileşke kuvvetin yüksek çıkması takım-iş parçası temas süresinin uzamasıyla artan sürtünme kuvvetlerine atfedilmiştir.
- İlerleme miktarındaki artış hem yeni hem de bilenmiş HSS ve karbür kesici takımlarda bileşke kesme kuvvetinin artmasına sebep olmuştur. Bu durum artan ilerlemeyle birlikte artan talaş kesit alanına bağlı olarak belirlenen bir sonuçtur.
- Kesme derinliğindeki artış da ilerlemedeki artışa benzer şekilde, deneysel çalışmalarda kullanılan yeni ve bilenmiş tüm kesici takımlarda, bileşke kuvvetin artmasına sebep olmuştur. Kesme derinliğinin talaş kesit alanını oluşturan ikinci bileşen olması, bileşke kuvvetteki artışın temel sebebi olarak yorumlanmıştır.
- Her üç kesme parametresinin (kesme hızı, ilerleme miktarı, kesme derinliği) bileşke kesme kuvvetleri üzerindeki etkisi değerlendirildiğinde, bilenmiş takımlarla nispeten yüksek kesme hızı-ilerleme kombinasyonları ile çalışılması önerilirken, kesme derinliğinin daha düşük tutulması tavsiye edilebilir.

- Kesme hızındaki artış, tüm kesici takımlarda yüzey kalitesi üzerinde olumlu etkiye sahipken, yeni kesici takımlarda en yüksek kesme hızı olan 90m/dk da artan aşınma miktarı yüzey kalitesi üzerine olumsuz olarak yansımıştır. Kesme hızının bileşke kesme kuvvetleri üzerindeki etkisine benzer şekilde bilenmiş takımlarla en iyi yüzey kalitesi en yüksek kesme hızı olan 90 m/dk da gözlenmiştir. Bu durum bilenmiş kesici takımlarla nispeten yüksek hızlarda çalışmanın yüzey kalitesi üzerinde olumlu sonuçlar sergileyeceğini göstermektedir.
- İlerleme miktarındaki artış tüm takımlar için yüzey kalitesini olumsuz etkilemiştir. Bu durum literatürde bilinen ilerlemenin yüzey pürüzlüğü üzerindeki etkilerine atfedilmiştir.
- Yeni ve bilenmiş takımların genelinde, en iyi yüzey kalitesinin 1,2 mm. kesme derinliğinde elde edildiği gözlenmiştir. Bu durum talaş kaldırma sırasında ortaya çıkan titreşimlerin bu kesme derinliğinde tolere edilebildiğini göstermektedir.
- HSS kesici takımlarda bileme işleminin yüzey kalitesi üzerinde olumsuz bir etkisi gözlenmez ve genelde yeni takıma göre daha olumlu sonuçlar sergilerken bilenmiş sementit karbür takımlarla elde edilen yüzey pürüzlükleri yeni kesici takımlara göre daha yüksek çıkmıştır. Bu durum, HSS takımların daha yüksek olan kendi kendini yenileyebilme kabiliyetine atfedilmiştir.
- Deneysel çalışmalardan genel olarak artan bileşke kuvvetin artan aşınma veya artan aşınma eğiliminin artan bileşke kuvvetlerine sebep olduğu söylenebilir. Artan aşınma miktarları, tüm kesme parametrelerinde bileşke kesme kuvvetinin de artmasına sebep olmuştur.
- Bilenmiş takımlardaki aşınma miktarlarının yeni takımlara göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu durumun bileme işlemiyle ideal geometrinin tam elde edilememiş olmasına ve bileme sonrası çapakların olumsuz etkisine atfedilmiştir.
- HSS takımlarda bileme işleminin işleme performansına herhangi bir olumsuz etkisi gözlenmediğinden, HSS takımların yüksek kendini (kesici kenar) yenileme kabiliyeti de dikkate alınarak, bileme sonrası kullanım tavsiye edilebilir.
- Yekpare sementit karbür takımlar için; takımın ilk maliyeti yeniden bileme maliyeti ilişkisi dikkate alınarak, özellikle yüzey kalitesi açısından küçük çaplı takımlar için bileme önerilmişken çaptaki artışa paralel olarak artan takım maliyeti dikkate alındığında yüzey kalitesindeki beklentiler izlenmek kaydı ile yeniden bileme işlemi önerilebilir.

- Yapılan Varyans Analizlerine bağlı olarak; HSS kesici takımlar kullanılarak elde edilen sonuçlara göre; yüzey pürüzlülüğü üzerindeki en etkili parametrenin yeni HSS takımlarda %59,5 ile *kesici takım çapı*, bilenmiş HSS takımlarda ise %59,1 ile *kesme hızı* olduğu gözlenmiştir.
- HSS kesici takım kullanılarak elde edilen sonuçlara göre; kesme kuvveti üzerindeki en etkili parametrenin yeni HSS takımlarda %30,1 ile, bilenmiş HSS takımlarda ise %72,2 *kesme derinliği* olduğu gözlenmiştir.
- HSS kesici takım kullanılarak elde edilen sonuçlara göre; takım aşınması üzerindeki en etkili parametrenin yeni HSS takımlarda %74,1 ile *kesme derinliği*, bilenmiş HSS takımlarda ise %59,4 ile *kesici takım çapı* olduğu tespit edilmiştir.
- Yapılan Varyans Analizlerine bağlı olarak; Yekpare Sementit Karbür kesici takımlar kullanılarak elde edilen sonuçlara göre; yüzey pürüzlülüğü üzerindeki en etkili parametrenin yeni karbür takımlarda %44,1 ile, bilenmiş kesici takımlarda %21,8 ile *kesme derinliği* olduğu gözlenmiştir.
- Karbür kesici takım kullanılarak elde edilen sonuçlara göre; kesme kuvveti üzerindeki en etkili parametrenin yeni karbür takımlarda %56,4 ile, bilenmiş karbür takımlarda %51,8 *kesme derinliği* olduğu gözlenmiştir.
- Karbür kesici takım kullanılarak elde edilen sonuçlara göre; takım aşınması üzerindeki en etkili parametrenin yeni ve bilenmiş karbür takımların her ikisi için de %36,5 ile *ilerleme* olduğu gözlenmiştir.

Yapılan bu çalışma sonucunda, bu çalışmanın daha da derinleştirilebilmesi için;

- Bileme öncesi yeni takım geometrisi ile yeniden bileme sonrası elde edilen takım geometrisi karşılaştırılarak, yeniden bileme ile başlangıç geometrisine ne kadar yaklaşılabildiği araştırılmalı ve ideal geometriyi oluşturan unsurlarda farklılıklar söz konusu ise bu farklılıklar belirlenerek kesme performansına olan etkileri yorumlanmalıdır.
- Bileme sonrası takımın oluşan düzensizlikler (çapak vb.) daha detaylı fotografik metotlarla incelenmeli ve bunların takım performansına olan etkileri değerlendirilmelidir. Bu düzensizliklerin giderilmesi için bileme sırasında ve sonrasında alınabilecek tedbirler araştırılmalıdır.

- Bilenmiş takımların yüksek kesme hızı ve yüksek ilerleme kombinasyonlarındaki başarısını net olarak ortaya koyabilmek için bu parametrelerin artan değerleriyle ilave deneyler yapılmalıdır.
- Bu çalışmada takımların ilk bileme sonrası performansları araştırılmıştır. Takımların ikinci ve sonraki yeniden bileme sonrası performansları/performans değişimleri de gözlenerek ideal bileme sayısı veya boyu belirlenmelidir.
- Takımın ilk maliyeti - Bileme Maliyeti (fiyat-performans) değerlendirmesi yapılarak bilemenin hangi tür takımlarda, hangi çaplardan sonra etkili olacağı optimize edilmelidir.
- Bu araştırmada, araştırma maliyetleri sebebiyle sadece iki takım çapı üzerinde durulmuş ve takım çapının bileme performansına olan etkisi net olarak değerlendirilememiştir. Daha fazla sayıda takım çapı ile deneysel çalışma aralığı genişletilerek, bu parametrenin etkisi daha net olarak ortaya konulabilir.
- Günümüzde ileri malzemeler alanındaki gelişmeler dikkate alındığında, işlenebilirliği güç/takım ömrü düşük yüksek dayanımlı/ısı dirençli (HSTR) malzemeler veya farklı işlenebilirlik karakteristikleri ve daha sık takım değiştirme ihtiyacı sergileyen kompozit malzemeler vb. işlenmesi için yeniden bilemenin etkisi ve performansı değerlendirilebilir.

KAYNAKLAR

1. Tonshoff, H.L., Spintig, W., Konig, W. and Neises, A. (1994). Machining of Holes Developments in Drilling Techonology. *Annals of the CIRP*, 43 (2): 551-560.
2. Domaç, H. (2011). Frezeleme İşleminde Kesici Uç Yarıçapı ve Uç Geometrisinin Yüzey Pürüzlülüğü ve Kesme Kuvvetleri Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 10.
3. Akkurt, M. (1996). Talaş kaldırma yöntemleri ve takım tezgahları. *Birsen Yayınevi* İstanbul, 214-221.
4. Böhler Sert Maden ve Takım Sanayi ve Ticaret A.Ş. (1990). Talaş kaldırma bilgileri. *Yeni Karar Yayıncılık*, İstanbul, 31-42.
5. Şahin, Y. (2000). Talaş kaldırma prensipleri. *Nobel Yayın Dağıtım*, Ankara, 163-170.
6. Çakıroğlu, R. (2011). Delik Delme İşlemlerinde Kesme Parametrelerine Bağlı Olarak Oluşan Sıcaklığın Modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 3.
7. Diniz, A.E. and Filho, J.C. (1999). Influence of the relative positions of tool and workpiece on tool life, tool wear and surface in the face milling process. *Wear*, 232: 67-75.
8. Boothroyd, G. and Knight W.A. (1989). Fundamentals of Machining And Machine Tools. *Second Edition, Marcel Dekker Inc.* (5): 212-222.
9. Ghani, J. A., Choudhury, A. and Masjuki, H. H. (2004). Performance of P10 TiN coated carbide tools when end milling AISI H13 tool steel at high cutting speed. *Journal of Materials Processing Technology*, 153–154, 1062–1066.
10. Budak, E., Altındaş, Y. and Armegedo. (1996). *Prediction of End Milling Force Coefficients from Orthogonal Cutting Data*. ASME J. Of Manufacturing Science and Engineering, 118: 216-224.
11. Korkut, İ. ve Dönertaş, M.Ö. (2007). The Influce of Feed Rate and Tool-Chip Contact Length During Face Milling. *Material & Design*, 28: 308-312.
12. Zhang Julie Z., Chen Joseph C. and Kirby E. Daniel (2007). Surface Roughness Optimization In An End-Milling Operation Using The Taguchi Design Method. *Journal of Materials Processing Technology* 184: 223-239.
13. Gökkaya, H. ve Sur G., Dilipak, H., (2006). Kaplamasız Sementit Karbür Kesici Takım ve Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 12 (1): 59-64.
14. Güllü, A. ve Özdemir, A. (2003). Prizmatik Parçaların Frezelenmesinde Kesme Parametreleri İle 1Yüzey Pürüzlülüğü Arasındaki İlişkilerin Deneysel Olarak Bulunması. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 16(1): 127-134.

15. Jawaid, A., Sharif, S. and Koksai, S. (2000). Evaluation Of Wear Mechanisms Of Coated Carbide Tools When Face Milling Titanium Alloy. *Journal Of Materials Processing Technology*, 99: 266–274.
16. Chou, Y.K. and Song, H. (2001). Hard Turning With Different Nose-Radius Ceramic Tools. *SME Tech. Pap. Ser.* 13-26.
17. Yang, W.H. and Tarn, Y.S. (1998). Design Optimization Of Cutting Parameters For Turning Operations Based On The Taguchi Method. *Journal Of Materials Processing Technology*, 84: 122-129.
18. Kopač, J., Bahor, M. and Soković, M. (2002). Optimal Machining Parameters For Achieving The Desired Surface Roughness In Fine Turning Of Cold Pre-Formed Steel Workpieces. *International Journal Of Machine Tools And Manufacture*, 42: 707-716.
19. Choudhury, S.K. and Bartarya, G. (2003). Role of Temperature and Surface Finish in Predicting Tool Wear Using Neural Network and Design of Experiments. *International Journal Of Machine Tools And Manufacture*, 43: 747-753.
20. Davim, J.P, Gaitonde, V.N. and Karnik, S.R. (2008). Investigations into the Effect of Cutting Conditions on Surface Roughness in Turning of Free Machining Steel by ANN Models. *Journal Of Materials Processing Technology*, 205 16-23.
21. Jawaid, A., Köksal, S. and Sharif, S. (2001). Cutting performance and wear characteristics of pvd coated and uncoated carbide tools in face milling inconel 718 aerospace alloy. *Journal of Materials Processing Technology*, 116: 2-9.
22. Akçay, C.E., (2008). Alümina Takviyeli Alüminyum Takviyeli Kompozitlerin Frezelenmesinde Kesme Parametrelerinin İşleme Performansına Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 94-96.
23. Sandvik Coromant., (2005). Sandvik Coromant El Kitabı, Talaşlı İmalat Teknik Kılavuzu. *Türkçe Basım, Elanders*, İsveç, D5-D9.
24. İpekçioğlu, N., (1984). Frezecilik. *Milli Eğitim Basımevi*, İstanbul 1-3.
25. Turgut, Y., (2007). Bağlama Kalıplarında Bağlama Kuvvetlerinin Hesaplanmasında Kullanılan Emniyet Katsayılarının Deneysel Olarak İncelenmesi. Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 17
26. Özkan, S.S., (2000). CNC Tezgahlarında Kesme Şartları ve İşleme Kalitesi Arasındaki İlişkinin Analizi. Doktora Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 228.
27. Groover, M.P., (1996). Fundamentals of Modern Manufacturing. *Prentice Hall*, New Jersey, 611-613.

28. Taylan, F., (2006). Alın Frezelemede Deney Şartları ve Takım Aşınması Ölçüm Metodları. Doktora Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, 96.
29. Gezgin, A., (2007). Prizmatik Parçaların Frezelenmesi Esnasında, Kesici Uç Sayısının Takım Ömrü ve Yüzey Pürüzlülüğü Açısından Değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi, 112, Ankara.
30. Ezugwu, E.O., (2005). Key Improvements In The Machining of Difficult-To-Cut Aerospace Superalloys. *International Journal Of Machine Tools & Manufacture*, 45: 1353-1367.
31. Degarmo, E.P., Black, J.T. and Kohser, R.A. (1997). Materials And Processes In Manufacturing. *Prentice-Hall Inc., New Jersey*, 214-652.
32. Zhang, H., (2000). Plastic Deformation And Chip Formation Mechanics During Machining of Copper, Aluminium And An Aluminium Matrix Composite. *Phd. Thesis, University Of Windsor*, Canada, 5-106.
33. Griffin, R.D., Li, H.J., Eleftheriou, E. and Bates, C.E. (2008). Machinability of Gray CastIron. *American Foundry Society Report*, Alabama, 1-20.
34. Trent, E.M., (1989). Metal cutting. *Butterworths Press*, London, 1-171.
35. Zhang, J.H., (1991). Theory and technique of precision cutting. *Pergamon Press*, Oxford, 1-50.
36. Bayrak, M., (2002). Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi Ve Uzman Sistemle Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, 1-35.
37. Özses, B., (2002). Bilgisayar Sayısal Denetimli Takım Tezgahlarında Değişik İşleme Koşullarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Makine Mühendisliği Bölümü, Ankara, 6-25.
38. Sandvik Coromant, (1994). Modern Metal Cutting–A Practical Handbook. English Edition, *Sandvik Coromant*, Sweden, 1-3.
39. Özçatalbas, Y. ve Ercan, F. (2003). The Effects Of Heat Treatment On The Machinability Of Mild Steels. *Journal Of Materials Processing Technology*, 6784: 1-12.
40. Davim, J. P. (2003). A Note the Determination of Optimal Cutting Conditions for Surface Finish Obtained in Turning Using Design of Experiments. *Journal of Materials Processing Technology*, 116: 305-308.
41. Ünal, Y.A., (2001). Şanzıman Giriş Mili İmalatındaki Proses Parametrelerine Taguchi Metodunun Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 28-57.

42. Keleş, Ö. ve Taptık, Y. (1998). Kalite Savaşı. **Kalder Yayınları**, İstanbul, 23: 23-36.
43. Şirvancı, M. (1997). Kalite İçin Deney Tasarımı-Taguchi Yaklaşımı. **Literatür Yayınları**, İstanbul, 107-129.
44. Koç, S., (2003). *Kritik Ünitelerin Performansını Etkileyen Faktörlerin Deneysel Tasarım Yöntemi İle Optimizasyonu*. Yüksek Lisans Tezi, **Çukurova Fen Bilimleri Enstitüsü**, Adana,
45. Hamzaçebi, C. ve Kutay, F., (2003). Taguchi metodu bir uygulama, **Gazi Üniversitesi Teknoloji Dergisi**, Ankara, 7-17.
46. Zuperl, U. and Cus, F. (2004). Tool cutting force modeling in ball-end milling using multilevel perceptron **Journal of Materials Processing Technology**, 153-154.
47. Çiftçi, İ. (2004). Talaşlı İmalatta Yüzey Pürüzlülüğünün Tayini Ders Notları. Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Karabük, 1-6.
48. Uluğ, D. ve Dilipak, H., (2012). Kaplamalı Ve Kaplamasız Sementit Karbür Takımlar İçin Takım Ömrü Modelindeki “N”Üstel Değerinin Deneysel Olarak Araştırılması. **3.Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu** Ankara, 251-258.
49. Pul, M., (2010). Al Matrisli MgO Takviyeli Kompozitlerin İnfiltrasyon Yöntemi ile Üretilmesi ve İşlenebilirliğinin Değerlendirilmesi. Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 169-174.
50. Nas, E., Samtaş, G. ve Demir, H., (2012). Cnc Frezelemede Yüzey Pürüzlülüğüne Etki Eden Parametrelerin Matematiksel Olarak Modellenmesi. **Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 18(1): 47-59.
51. Yalçın, Ü., Korkut, İ. ve Kuş, A., (2012). İnconel 718 Süper Alaşımının CVD Kaplamalı Kesici Takım İle Yüzey Frezelemede, Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi. **3.Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu**, Ankara, 225-232.
52. Demirel, A., (2007). Karbon Elyaf Takviyeli Epoksi Kompozit Malzemelerin Karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 1.
53. Koca, S., Oral, A. ve Çakır, M, C., (2012).55 HRC Sertliğinde Isıl İşlem Görmüş DIN1.2344 ESR Kalıp Çeliğinin Yüksek İlerleme İle Frezelenmesinde Takım Aşınması Kesme Parametreleri İlişkisinin İncelenmesi. **3.Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu** Ankara, 1-8.
54. Sarıkaya, M. ve Gullu, A., (2014). Taguchi design and response surface methodology based analysis of machining parameters in CNC turning under MQL. **Journal of Cleaner Production**, 65:604-616.

55. Seker, U., (2006). Talaş kaldırma Prensipleri Ders Notları. **Ankara,**
56. Sandvik Coromant, (2008). Modern Metal Cutting. *Sandvikens Tryckeri*, Sweden,1-6.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : HACIBEKTAŞOĞLU, Yasin
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 11.02.1983 OF
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0 (532) 308 42 61
 e-mail : yasin@hacibektasoglu.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Gazi Üniversitesi/Talaşlı Üretim Öğretmenliği	2009
Lise	Trabzon Of Ulusoy Anadolu Meslek Lisesi ve Endüstri Meslek Lisesi	2001

İş Deneyimi

Yıl	Görev	Yer
2001-2004	HACIBEKTAŞOĞLU Rot-Balans Servisi	İşçi
2009-2010	Şehit Büyükelçi Daniş Tunalıgil Teknik ve End. Mes. Lisesi	Teknik Öğretmen
2010- Halen	M.K.E Mühimmat Fab.KIRIKKALE	C.N.C Operatörü

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Futbol, Masa Tenisi, Basketbol, Kültür turları yapma, Kitap okuma, Yüzme



GAZİ GELECEKTİR..