



MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**TAKIM ÇELİĞİNDEN (AISI 4340) FARKLI İKİ
YÖNTEMLE ÜRETİLEN TAKIM
TUTUCULARININ KESME ANINDAKİ
PERFORMANSLARININ DENEYSEL OLARAK
KARŞILAŞTIRILARAK, UYGUN TAKIM
SEÇİMİNE KARAR VERİLMESİ**

EMRE YILMAZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

DANIŞMAN

Dr.Öğr.Üyesi Ferhat Güngör

EŞ-DANIŞMAN

Dr.Selim Hartomacıoğlu

İSTANBUL, 2019

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitiminde ve tez yazma sürecinde desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen Sayın Dr.Öğr.Üyesi Ferhat Güngör, Dr. Selim Hartomacioğlu, Dr. Barkın Bakır, Dr.Öğr.Üyesi Gürcan Atakök'e, hocalarıma, TAKIMSAŞ firma yöneticilerine, her zaman yanımda bulunan arkadaşlarıma ve aileme teşekkürü bir borç bilirim.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Öğrencisi Emre Yılmaz'ın “Takım Çeliğinden (AISI 4340) Farklı İki Yöntemle Üretilen Takım Tutucularının Kesme Anındaki Performanslarının Deneysel Olarak Karşılaştırılarak, Uygun Takım Seçimine Karar Verilmesi” başlıklı tez çalışması, tarihinde savunulmuş ve jüri üyeleri tarafından başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi Ferhat GÜNGÖR (Danışman)

Marmara Üniversitesi Teknoloji Fak. Makine Müh. Bölümü
(Üye)

..... Üniversitesi Fak. Müh. Bölümü
(Üye)

..... Üniversitesi Fak. Müh. Bölümü

ONAY

Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve sayılı kararı ile Emre Yılmaz'ın Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Makine Mühendisliği Programında Yüksek Lisans derecesi alması onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
SEMBOLLER	ix
KISALTMALAR	x
ŞEKİL LİSTESİ	xi
TABLO LİSTESİ	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1. Literatür Araştırması	2
1.1.1. AISI 4340 İle Yapılan Çalışmalar	2
1.1.2. Taguchi Methodu İle Yapılan Çalışmalar	3
1.1.3. Gri İlişki Analizi ile Yapılan Çalışmalar	4
2. TALAŞ İMALAT VE TALAŞ OLUŞUMU	6
2.1. Dik Kesme Modeli	7
2.2. Eğik Kesme Modeli	7
2.3. Tornalama	8
2.3.1. Tornalama İşlemine Etki Eden Faktörler	10
2.3.1.1. Kesme Hızı	11
2.3.1.2. İlerleme	11
2.3.1.3. Talaş Derinliği	12
2.3.1.4. Takım Ömrü	13
2.3.1.5. Talaş Hacmi	14
2.3.1.6. Tezgâh Gücü	14
2.3.1.7. Takım Malzemesi ve İş Parçası Malzemesi	14
2.3.1.8. Takım Geometrisi	16
2.3.1.9. Kesici Takım Yarıçapı	17
2.4. Yüzey Pürüzlülüğü	18
2.4.1. Ortalama Yüzey Pürüzlülük Değeri (R_a)	18
2.4.2. En Dik Tepe- En Düşük Çukur Pürüzlülük Değeri (R_{max} , R_y)	19
2.4.3. Yüzey Pürüzlülüğünde On Nokta Yüksekliği (R_z)	20
2.4.4. Yüzey Pürüzlülüğünü Etkileyen Durumlar	20
2.5. Kesici Takım	21
2.5.1. Kesici Takım Malzemesinden Beklenen Özellikler	22

3.	DENEYDE KULLANILAN YÖNTEMLER.....	24
3.1.	Taguchi Methodu	24
3.2.	Taguchi Deney Tasarımı	25
3.2.1.	Değerlendirecek Faktör ve Etkileşimlerin Seçilmesi.....	25
3.2.2.	Faktör Düzeylerinin Seçilmesi.....	26
3.2.3.	Uygun Ortogonal Düzenin Seçilmesi	26
3.2.4.	Testlerin Yapılması.....	28
3.2.5.	Sonuçların Analiz Edilmesi	29
3.3.	Gri İlişkisel Analiz	29
3.3.1.	Gri İlişkisel Analiz Metodunun Hesaplama Aşamaları	30
4.	MATERYAL VE YÖNTEMLER.....	33
4.1.	Deneyde Kullanılan Cihazlar, Malzemeler ve Düzenekler	33
4.1.1.	Malzeme İşlemede Kullanılan Torna Tezgâhı.....	33
4.1.2.	Deney Numuneleri.....	34
4.1.3.	Kesici Takım	35
4.1.4.	Kullanılan Kesici Takım Ucu.....	36
4.1.5.	Kesme Parametreleri.....	37
4.1.6.	Kesme Kuvvetinin Ölçümü	37
4.1.7.	Titreşim Ölçümü.....	39
4.1.8.	Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü	40
5.	UYGULAMA SONUÇLARI.....	42
5.1.	Kesme Kuvveti, Titreşim ve Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Sonuçları.....	42
5.2.	Ölçüm Sonuçlarının Gri İlişki Analizi Yöntemi İle Çözümü.....	43
6.	SONUÇ VE ÖNERİLER	48
	KAYNAKLAR.....	49
	ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

Takım Çeliğinden (AISI 4340) Farklı İki Yöntemle Üretilen Takım Tutucularının Kesme Anındaki Performanslarının DeneySEL Olarak Karşılaştırılarak, Uygun Takım Seçimine Karar Verilmesi

Talaşlı imalat işlemlerinde sonucunda elde edilen ürünün yüzey kalitesi, ölçüsü istenilen özelliklerde olması amaçlanmaktadır. Bu amacı sağlamak için talaşlı imalat işleminde kesme parametrelerinin optimizasyon işlemi çok önem kazanmaktadır.

Bu tez çalışmasında; takım tutucu malzemesi, ilerleme miktarı ve kesme derinliği değiştirilerek iş parçası olarak AISI 4340 takım çeliği işlenmiştir. Bu çalışmada seçilen kesme parametreleri ilerleme miktarı (7,9 ve 12,6 mm/dak), kesme derinliği (0,4 ve 0,8 mm), devir sayısı 600 dev/dak ve takım tutucu malzemesi olarak sıcak dövme ve normal yöntemle imal edilmiş olan PCLNR takım tutucuları kullanılmıştır. Malzemenin işlenmesi sonucunda kesme kuvveti, yüzey pürüzlülüğü ve titreşim gibi parametreler hesaplanmıştır. Bu parametreler ışığında GİA (Gri İlişkisel Analizi) kullanılarak en optimum kesme parametreleri ve takım tutucu malzemesi seçimi amaçlanmıştır.

ABSTRACT

Determining The Appropriate Tool Selection By Comparing Experimental Cutting Performance Of Tool Holders Produced By Two Different Methods From Tool Steel (AISI 4340)

The main aim in the machining process, the final product will have to get desired surface quality and dimensions. Optimization of cutting parameters is very important in the machining process in order to get this aim.

In this thesis; tool holder material, feed rate and cutting depth are used to process the AISI 4340 steel. Our cutting parameters are feed rate (7.9 and 12.6 mm/min), depth of cut (0.4 and 0.8 mm), speed 600 rpm, forging and normal method as a tool holder material using of PCLNR tool holders. As a result of machining process, our exit parameters(vibration, surface roughness and shear force) are calculated. The main goal is to find the most optimum cutting parameters (feed rate, tool holder material, depth of cut) by using Grey Relational Analysis (GRA).

SEMBOLLER

a	:Talaş Derinliği
P_c	:Kesme Gücü
α	:Serbest Açı
β	:Kama Açısı
r	:Kesici Uç Radyüsü
Hz	:Hertz
k_c	:Spesifik kesme kuvveti
Ø	:Kayma açısı
A_s	:Talaş kesiti
dk	:Dakika
dev	:Devir
f	:İlerleme miktarı
h	:Talaş kalınlığı
mm	:Milimetre
n	:Devir sayısı
Ra	:Ortalama yüzey pürüzlülüğü
Rmax, Ry	:En yüksek tepe-çukur pürüzlülük yüksekliği
Rz	:Yüzey pürüzlülüğünde On nokta yüksekliği
cm³	:santimetreküp
V	:Kesme hızı
x₀	:Referans Değeri
γ	:Talaş açısı
λ	:Eğim açısı

KISALTMALAR

TiC	: Titanyum karbür
CBN	: Kübik bor nitrür
WC	: Tungsten karbür
CNC	: Computer Numerical Control
GİA	: Gri İlişkisel Analizi
B₄C	: Bor Karbür

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1. Talaş Oluşumu.....	6
Şekil 2.2. Ortogonal Kesme.....	7
Şekil 2.3. Eğik Kesme.....	8
Şekil 2.4. Dış Çap Tornalama İşlemi.....	9
Şekil 2.5. Tornalama İşleme Yöntemleri.....	10
Şekil 2.6. İlerleme ve Kesme Derinliği.....	12
Şekil 2.7. Kesme Hızının Farklı Takım Malzemeleri için Takım Ömrü Grafiği.....	13
Şekil 2.8. Malzemelerin ISO Sınıflandırılması.....	15
Şekil 2.9. Takım Açılarının Etkisi.....	16
Şekil 2.10. Kesici Takım Geometrisi.....	17
Şekli 2.11. Köşe Radyüsünün Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi.....	17
Şekil 2.12. Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü.....	19
Şekil 2.13. Ry Değeri.....	19
Şekil 2.14. Rz On Nokta Yüksekliği.....	20
Şekil 2.15. Yüzey Pürüzlülüğüne Etki Eden Faktörler.....	21
Şekil 2.16. Kesici Uç Özellikleri Cetveli.....	22
Şekil 3.1. Etkileşimlerin Grafikle Gösterimi.....	26
Şekil 4.1. JohnFord Markalı TC 35 Kodlu CNC Torna Tezgâhının Gösterimi.....	34
Şekil 4.2. AISI 4340 Islah Çeliği Numunesi.....	35
Şekil 4.3. PCLNR 2020 M12T Görünüşü.....	35
Şekil 4.4. Örnek Dış Tornalama Kesici Takım ISO Kodlama Örneği.....	36
Şekil 4.5. Deneylerde Kullanılan CNMG 120408 PF 5015 Kesici Uç.....	36
Şekil 4.6. Kesme Kuvveti Ölçümü Akış Şeması.....	37

Şekil 4.7. Kistler Yük Amplifikatörü	38
Şekil 4.8. Scheck Vibrotest 60 Cihazı.....	39
Şekil 4.9. Titreşim Sensörünün Bağlanması ve Deney Düzenegi.....	40
Şekil 4.10. Mitutoyo SJ210 Yüzey Pürüzlülük Cihazı.....	41
Şekil 4.11. Mitutoyo SJ210 Yüzey Pürüzlülük Cihazı Teknik Özellikler.....	41

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1. Takım Malzemelerin Mekanik Özellikleri.....	23
Tablo 3.1. L9 Ortogonal Dizin.....	27
Tablo 3.2. S/N Oranı Formülleri.....	28
Tablo 3.3. Siyah, Gri Ve Beyaz Sistemlerin Karşılaştırılması.....	29
Tablo 4.1. JohnFord Markalı TC35 kodlu ' CNC Kontrollü Torna Tezgâhı Hakkında Bilgiler.....	33
Tablo 4.2. AISI 4340 Islah Çeliği Kimyasal Özellikleri.....	34
Tablo 4.3. Seçilen Kesme Parametreleri.....	37
Tablo 4.4. Kuvvet Sensörünün Teknik Özellikleri.....	38
Tablo 4.5. Kistler Yük Amplifikatörü Hakkında Bilgiler	38
Tablo 5.1. Titreşim, Kesme Kuvveti ve Yüzey Pürüzlülüğü Sonuçları.....	42
Tablo 5.2. Referans Serilerinin Oluşturulması.....	43
Tablo 5.3. “Daha Düşük Daha İyi” Kriterlerine Göre Normalize Edilmiş Değerler....	44
Tablo 5.4. Uzaklık Matrislerinin Hesaplanması.....	45
Tablo 5.5. Gri İlişki Katsayı Hesabı.....	46
Tablo 5.6. Gri Derece Hesabı.....	47

1. GİRİŞ

Teknolojinin ilerlemeye başladığı ilk zamanlarda, talaşlı işlemeyi etkileyen parametreler, takım aşınması, takım ömrü ve yüzey kalitesini etkileyen faktörler fazla değer verilmiyordu. Talaşlı imalat, seri imalatın değeri önem kazandığında bu faktörler çok fazla önem kazanmaktadır [1].

Talaşlı imalat işlemleri, üretim yöntemlerinin büyük bir çoğunluğunu oluşturmaktadır. Döküm, dövme, haddeleme ve diğer şekillendirme yöntemleriyle üretilmiş mühendislik malzemelerini son kullanıma hazır hale getirilmesi için genellikle talaşlı imalat işlemlerinden geçirilmesi gerekmektedir. Talaşlı imalat işlemlerinde işlenen parçanın istenilen şekle getirmek için, malzemedeki fazlalıklar uygun bir takım tezgahı kullanılarak ve kesici takım kullanılmakta olup, fazlalıklar talaş şeklinde uzaklaştırılıp, istenilen şekle ve yüzey kalitesi ulaşılmaktadır. Birçok endüstriyel alanda (Uzay, Havacılık, Otomotiv vb...) kullanılan birçok malzeme son aşama talaşlı imalat işlemleri ile verilir [2].

Talaşlı imalat işlemlerinde en önemli konu, işlemin gerçekleşebilecek olan en minimum maliyetle ve istenilen kalitede gerçekleşmesi beklenmektedir. Endüstride tornalama işlemi en önemli üretim süreçlerinin başında yer alır. Tornalama işlemi sonucunda elde edilen parçaların kalitesi, toplam ürün kalitesini etkileyen faktörlerden birisidir. Bu nedenle parçalarda kalite seviyesini arttırmak zorunluluk haline dönüşmüştür. İşlenebilirliği iyi olan bir malzemenin minimum sürede, yüksek talaş hacmiyle işlenmesi ve oluşan yeni yüzeyin kaliteli olması beklenir [3].

Modern imalat teknolojilerin ilerlemesinden ile daha çabuk ve daha kaliteli işler yapan sistemlerle çalışılmaya geçilmiştir. Malzemelerin talaş kaldırılarak işlenmesi için geliştirilen CNC takım tezgâhlarında yüksek kesme hızlarında ve ilerlemelerle çalışılabilmektedir. Malzeme teknolojisindeki ilerlemeler ile yüksek dayanıma sahip olan malzemeler elde edilmiştir. Malzemelerin randımanlı bir şekilde işleyebilmek için, takım imalatçıları ve akademisyenler imalat sistemlerindeki kesici takım geometrisi ve malzemelerinin geliştirilmesi için kafa yormaktadırlar [4].

Talaş kaldırmada uygun kesici takımın seçilmesi, verimliliğin maksimum olması için gereken bir şarttır. Kesici takım uygun seçilmiş olmasına rağmen kesme parametreleri uygun değil ise verimlilik azalır [5].

1.1. Literatür Araştırması

1.1.1. AISI 4340 İle Yapılan Çalışmalar

Jadhav ve Naiti'nin yürütmüş olduğu makalede, AISI 4340 çeliğinde oluşan stabil kırılma büyümesinin karakteristiğinin kohezyon zon modeli ile çatlak açılma yolu ve açısını dikkate alınarak bir inceleme yapılmıştır. Deneyde FE method ve deneysel analiz kullanılarak hangi methodun daha iyi sonuç verdiği görülmüştür [6].

Çaydaş'ın üzerinde uğraşmış olduğu bu araştırmada, AISI 4340 çeliğinin tornalanmasında kullanılan farklı kesici takımların istatistik veri kullanılarak araştırması yapılmıştır. AISI 4340 çeliğinde birbirinden farklı sertlik değerinde bulunan kübik-baron nitrit, seramik ve karbit uç kullanılmıştır. Burada hangi özelliğin en büyük etkiye bulunduğunu bulmak için Taguchi ve ANOVA yöntemleri kullanılmıştır. Bu metodlar kullanılarak kesme parametrelerin etkisi hesaplanmıştır [7].

Safı ve Giri'nin yapmış olduğu bu makalede, AISI 4340 çeliğinde uygulamış olduğu Tomita methodunda bazı modifikasyonlar yaparak enerji korunumu, işlemde tutma zamanı gibi kavramların optimizasyonu yapılmaya çalışılmıştır.Çeşitli ısıt işlemlere tabi tutulan numunelerde sertlik,patlama enerjisi, uzanım, süneklik gibi faktörler dikkate alınarak Isıl işlemin prosesinin geliştirilmesi sağlanmıştır [8].

Asadi ve Mahboubi'nin yürütmüş olduğu çalışmada, AISI 4340 çeliğine uygulanan plazma nitrürleme işleminde kullanılan malzemenin geometrisinin işleme olan etkisi incelenmiştir. İki farklı nitrürleme methodu kullanılarak malzemelerdeki sertlik, tabakanın kalınlığı, ϵ değerlerini dikkate alınmıştır [9].

Navas,Gonzalo ve Benegoetxea'nın yaptığı çalışmada, AISI 4340'nın işlenmesi sırasında kesme parametrelerinin yüzey kalıntı gerilmelerine olan etkisi incelenmiştir. Kesme takımın kaplama kullanıldığında yüzey pürüzlülüğü iyi özellik göstermekte fakat kalıntı gerilemelere neden olmaktadır. Kesme hızı ve ilerleme hızı arttığında kalıntı gerilemeler kesme hızı yönünde olmaktadır [10].

Weng, Zhang, Kalnaus, Feng, Jiang tarafından yapılan çalışmada, AISI 4340 çeliğinde meydana gelen korozyon yorulması sonucu oluşan kırılma gerilmeleri incelenmiştir. Numuneler farklı ortamlarda(hava,sulu çözelti vb...), R-Ratio (max-min yükleme oranı), yükleme frekansı temel alınarak çalışmalar gerçekleştirilmiştir [11].

Chinchanikar ve Choudhung'un yürütmüş olduğu çalışmada, sertleştirilmiş farklı karbür uçları olan AISI 4340 çeliğinin çeşitli parametrelerinin kesmeye olan etkisini incelemiştir ve bu uçlara göre bir proses optimizasyonu yapılmıştır [12].

Kumar, Singh ve Kalsi'nin yapmış olduğu çalışmalarda, sertleştirilmiş AISI 4340 çeliği işlenmesinde birden minimum miktarda yağlama yapılmış olup, bunun yüzey pürüzlülüğüne olan etkisi araştırılmıştır. Proses parametreleri olarak köşe radyüsü, kesme hızı, iş parçası sertliği ve ilerleme oranı kullanılmıştır. Deneyler sonucunda minimum miktarda yağlama sonucu yüzey kalitesi kuru ve ıslak kesmeye göre daha iyi performans göstermiştir [13].

1.1.2. Taguchi Methodu İle Yapılan Çalışmalar

Kumar ve Kulkarni'nin yürütmüş olduğu çalışmada, Titanyum Alaşımının(Ti-6Al-4V) sert tornalama ile işlenmesinde, Taguchi methodu kullanılarak kesme parametrelerinde (köşe radyüsü, kesme hızı, ilerleme hızı, kesme derinliği) optimizasyon analizi yapılmıştır. Kesici takım ucunun köşe radyüsünün yüzey pürüzlülüğüne en çok etkisi olduğu görülmüştür [14].

Srinivas, Kadadevaramath, Shakar, Nagraj, Bhaskaran ve Mallapur'un yürütmüş oldukları çalışmada,AA1100 Alüminyum alaşımı ve Bor karbür (B₄C) oluşturduğu kompozitin torna ile işlenmesinde kullanılan kesme parametrelerin optimizasyonu amaçlanmıştır. Optimum proses parametresi için Taguchi L9 ortogonal matrisi kullanılmıştır. ANOVA methodu ise en çok etki eden faktörlerin elde edilmesinde kullanılan bir yöntemdir. Kesme hızı ve bileşimin ağırlığı en fazla parametrelere etki eden faktörler olarak elde edilmiştir [15].

Sateesh, Satyanarayana ve Karthikeyan'ın yapmış olduğu çalışmada, Al 6063A-T6 alüminyum alaşımının CNC tornasında işlenmesinde kullanılan kesme parametrelerin optimizasyonu Taguchi ve Gri İlişki Analizi ile hesaplanmıştır.L9 ortogonal matris

kullanılmış olup kesme parametrelerin optimum düzeyde tutup, kesici takım sıcaklığı ve yüzey pürüzlülüğünü düşük olmasını amaçlamışlardır. Deneyler sonucunda optimum parametreler, devir sayısı 1400 rpm, ilerleme hızı 0,1 mm/rev, kesme derinliği 0,75 mm, en düşük yüzey pürüzlülüğü 0.855 mikron, kesme takım sıcaklığı ise 457°C olarak bulunmuştur [16].

Khare, Agarwal, Srivastava'nın yürütmüş olduğu çalışmada, Alüminyum alaşımı Al 6061 malzemesinin tornalama işleminde kullanılan parametrelerinin Taguchi methodu ile deneysel hale getirilmesi, bu deneyler sonucunda yüzey pürüzlülüğünün analizi yapılmıştır. Yüzey pürüzlülüğüne etki eden en önemli iki faktör; köşe açısı ve kesme hızı olarak bulunmuştur [17].

1.1.3. Gri İlişki Analizi ile Yapılan Çalışmalar

Gupta ve Kuman'ın yürütmüş olduğu çalışmada, yönü olmayan cam elyaf takviyeli kompozit malzemede Taguchi ve Gri İlişki Analiz Methodu kullanarak kompozitin performans karakteristik optimizasyonu hesaplanmıştır. Deneyler sonucunda kesme derinliği, yüzey pürüzlülüğü ve malzeme kaldırma oranı üzerinde en fazla etkiye sahiptir [18].

Maiyar, Romanujam, Venkatesan'ın yapmış olduğu çalışmada, Inconel 718 süper alaşımın frezeleme ile işlemede, kesme parametrelerin optimizasyonu Taguchi ve GİA(Gri İlişki Analizi) kullanılarak optimum değerler hesaplanmıştır. Kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliği parametreler kullanılmış olup bunların malzeme kaldırma oranı ve yüzey pürüzlülüğüne olan etkisi analiz edilmiştir. Deney sonucunda, ilerleme hızı en büyük faktör olarak görülmüştür [19].

Vinayagomoorthy ve Xavier'in yürütmüş olduğu çalışmada, Titanyum alaşımının (Ti-6Al-4V) tornalama işlemi ile işlenmesinde GİA (Gri İlişki Analizi) kullanılarak performans analizi yapılmıştır. Yüzey Pürüzlülüğü, kesme kuvveti, takım aşınması, kesme takım sıcaklığı baz alınarak proses optimizasyonu hesaplanmıştır [20].

Raykar, D'Addona ve Mane'nin yaptığı makalede, Al 7075 alaşımının yüksek hızda işlemede Taguchi ve GİA (Gri İlişki Analizi) methodları kullanılarak, hangi proses parametresinin işlenmesi sonucunda, uygunluğuna karar vermek için bir çalışma

gerçekleştirilmiştir. Deneyler sonucunda $V=200$ m/dak, $f=0,1$ mm/rev, $a=0,5$ mm, kaplamalı karbür uç ve kuru işleme en uygun faktörler olmuştur [21].

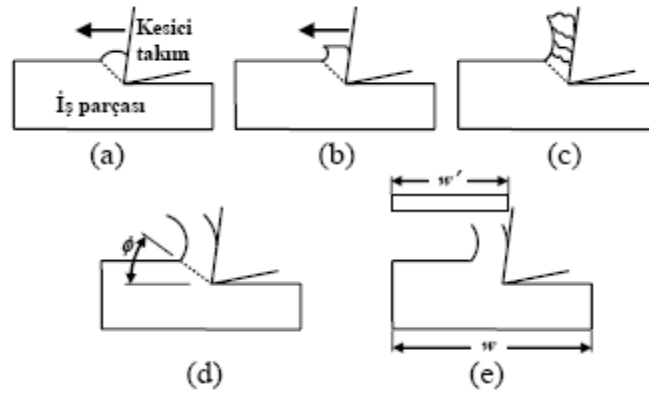
Varghese, Araguind, Shunmugesh'in yürütmüş olduğu makalede, 11SMn30 çeliğin tornada kuru işlemede GİA (Gri İlişki Analizi) kullanılarak işleme parametrelerinin optimizasyonu sağlanmıştır. GİA optimum kombinasyon ve en fazla etkisi olan işleme parametreleri bulmamıza yardımcı olmaktadır. Deneyler sonucunda $V=240$ m/dak, $f=0.1$ mm/rev, $a=1,5$ mm bulunmuştur [22].

Das, Mukherjee, Dutt, Nayak ve Sahoo'nun yönetmiş olduğu çalışmada, EN24 çeliğinin kaplamasız tungsten karbür ucu ile kuru ortamda işleminde Taguchi ve GİA (Gri İlişki Analizi) methodları kullanılarak hangi kesme parametrelerinin en çok yüzey pürüzlülüğüne olan etkisi araştırılmıştır. ANOVA methodu kullanılarak kesme hızının en çok etki eden parametre olduğu, en önemsizi ise kesme derinliği olduğu görülmüştür [23].

Xavior ve Jeyapandiarajan'ın yapmış olduğu çalışmada, AISI D2 torna ile işleminde Taguchi ve GİA analizi kullanılarak optimum işleme parametrelerini bulmak amaçlanmıştır. İşleme parametresi olarak takım geometrisi, kesme takım malzemesi ve kesme koşulları kullanılmıştır. Optimizasyon sonucunda, kesme ucu-multi kaplamalı karbür, kesme hızı değeri olarak 180 m/dak, kesme derinliği değeri ise 0.3 mm, ilerleme hızı 0.2 mm/rev, en ideal kesme sıvısı ise düz kesme sıvısı, kesme açısı 0, boşluk açısı 7° , köşe radyüsü 0.4 bulunmuştur [24].

2. TALAŞ İMALAT VE TALAŞ OLUŞUMU

Talaş kaldırma, bir parçanın sahip olduğu boyut, şekil ve yüzey kalitesini, kesici takım ve güç kullanarak, parçadan malzeme kaldırma işlemine verilen addır. Fiziksel bakımdan talaş kaldırma işlemi, elastik ve plastik şekil değiştirme olayına bağlanan, sürtünme olayından dolayı ısı meydana gelmesi, talaşın kırılması ve büzülmesi, işlem yapılan iş parçasının yüzeyinin sertleşmesi, işlemede kesici takım ucunun kesme görevini yerine getirememesi gibi olayların meydana geldiği karışık bir fiziksel olaydır. Bir iş parçası üzerinden malzeme tabakası kaldırılması için kesici takımın malzemeye temas etmesi gerekmektedir. Bu malzeme kaldırma olayının olabilmesi için; takım malzemesinin iş parçasının malzemesinden sert olması ve takıma gelen kuvvetin yeterli miktarda olması durumunda kesme olayı gerçekleşir. Talaş kaldırma mekanizmasının gerçekleşebilmesi için; kesici kenarın iş parçası temas ettiği yüzey üzerinde bölgesel kayma formunun bozulması durumunun gerçekleşmesidir [1].



Şekil 2.1. Talaş Oluşumu [25]

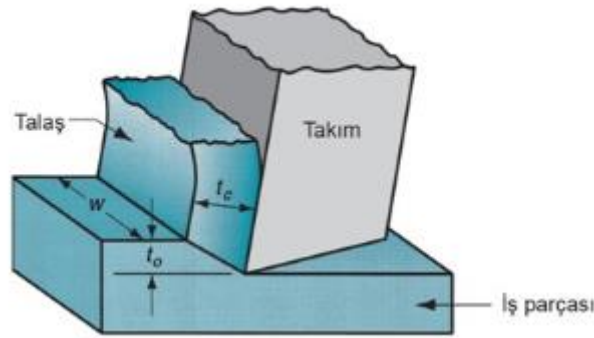
Talaş oluşumunu anlatabilmek için 2 tip kesme modeli geliştirilmiştir;

a-) Ortogonal (Dik) kesme modeli

b-) Oblik (Eğik) kesme modeli [26].

2.1. Dik Kesme Modeli

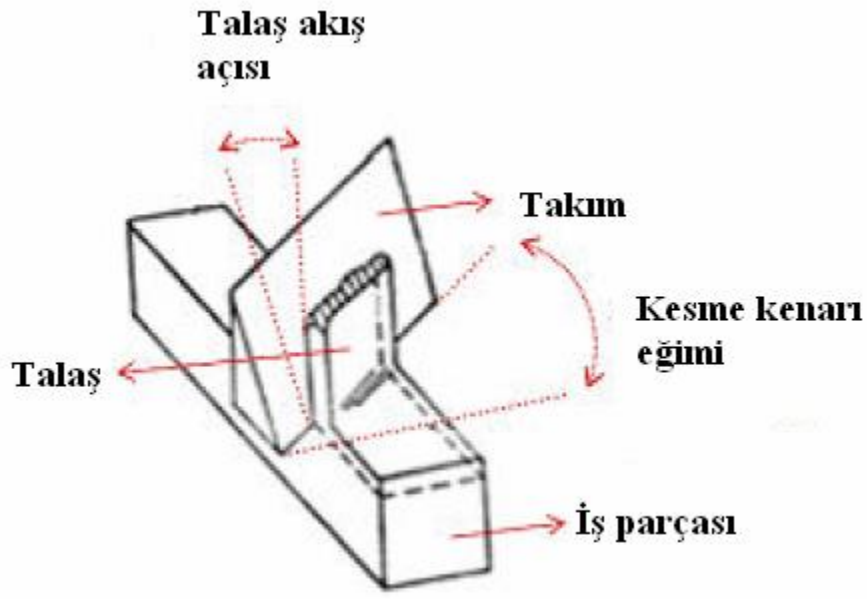
Ortogonal kesmede, kesici takımın kesme kenarı kesme hızının doğrultusuna diktir. Takım malzemeye doğru hareket ettirildikçe, kayma düzlemi adı verilen düzlem üzerinde oluşan kayma deformasyonu talaş oluşur. Kayma düzlemi ile iş parçası yüzeyi arasında kalan açı kayma düzlemi açısı (Φ) olarak adlandırılır. Talaşlı imalatla mekanik enerjinin büyük bir kısmı plastik deformasyonun meydana geldiği kayma düzlemi üzerinde harcanır. Ortogonal kesmede takım iki açıyla tanımlanır. Bunlar; talaş açısı ve serbest yüzey açısıdır [27].



Şekil 2.2. Ortogonal (Dik) Kesme [28]

2.2. Eğik Kesme Modeli

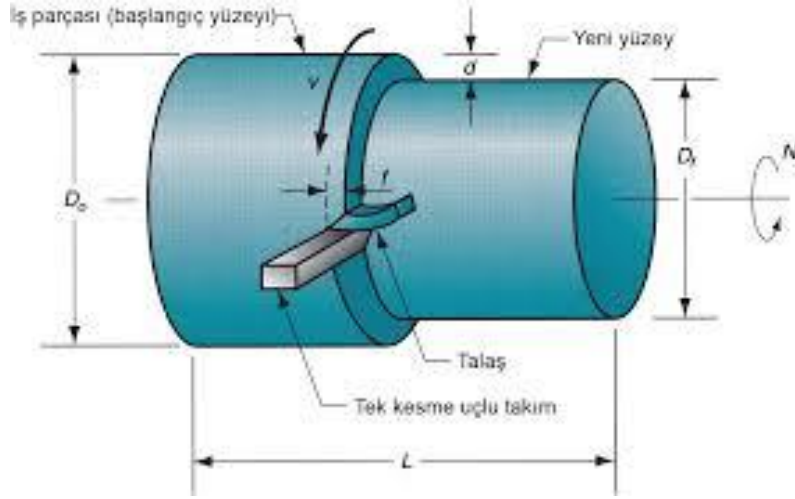
Kesme kenarının işlenecek parçanın kesici takım hareketine açı yapması durumu (Şekil 2.3) eğik (oblique) kesme olarak adlandırılmaktadır. Talaşlı imalatla kesme olayı çoğunlukla açılı kesme olayı kullanılmakta ve eğik kesme olayını kabul edilmesine rağmen bu modelin matematik ve sayısal analiz olarak karmaşık hesaplara neden olduğundan dolayı kesme işlemleri dik kesme olarak kabul edilmektedir [29].



Şekil 2.3. Eğik (Oblique) Kesme [29]

2.3. Tornalama

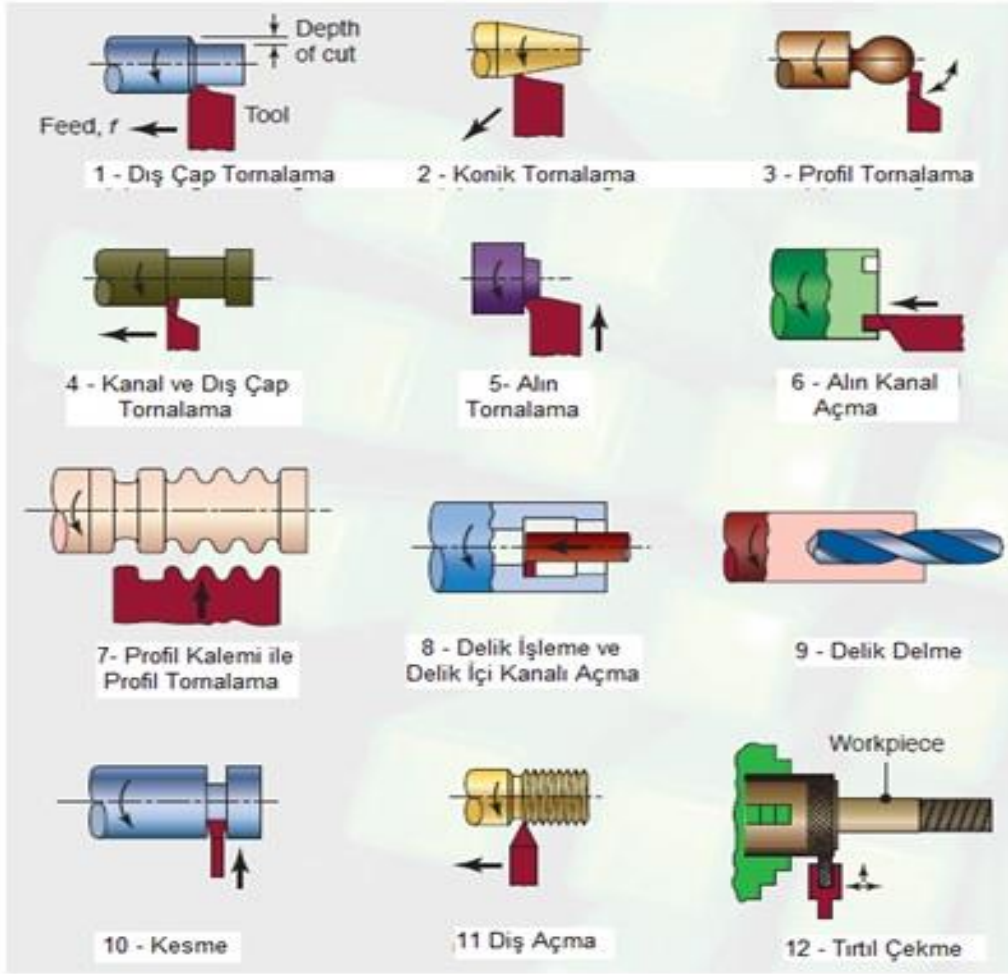
Tornalama işlemi iki hareketin birleşmesinden meydana gelir. İş parçasının kendi etrafında dönmesi ve takımın ilerleme hareketi ile iş parçasında talaş kaldırma işlemine verilen isimdir [30].



Şekil 2.4. Dış Çap Tornalama İşlemi [31]

Torna tezgâhında iş parçasının işlenmesinde arzu edilen özellikleri taşıyabilmesi için farklı talaş kaldırma yöntemleri bulunmaktadır. Bu talaş kaldırma yöntemleri aşağıdaki gibidir. Bu yöntemlerin uygulamaları Şekil 2.5’de gösterilmiştir [32].

- | | |
|----------------------|---|
| 1) Dış Çap Tornalama | 2) Konik Tornalama |
| 3) Profil Tornalama | 4) Kanal ve Dış Çap Tornalama |
| 5) Alın Tornalama | 6) Alın Kanal Açma |
| 7) Profil Tornalama | 8) Delik İşleme ve Delik İçi Kanal Açma |
| 9) Delik Delme | 10) Kesme |
| 11) Diş Açma | 12) Tırtıl Çekme |



Şekil 2.5. Tornalamada İşleme Yöntemleri [33]

2.3.1. Tornalama İşlemine Etki Eden Faktörler

Tornalama işlemi için, kesme parametrelerinin seçilmesi tüm fiziksel faktörlerin seçilmesinde sonra belirlenir. Tezgahın verimli bir şekilde çalıştırılması için; kesme hızı, ilerleme miktarı ve talaş derinliği faktörlerine bağlıdır. Tornalama işleminde, seçilmesi gereken mil hızı ve ilerleme miktarı seçilmezse zaman kaybına neden olabilir, işleme maliyetinde artış ve yüzey kalitesinde bozulma meydana gelebilir. Kaba ve finiş işleme için gereken ilerleme miktarının seçilmesi, tezgah güç seçimim ve iş parçasının işleme zamanı hesaplanması gerekmektedir [34].

2.3.1.1. Kesme Hızı

Kesme Hızı; Talaşlı işleme zamanında kesici takımın dönen iş parçası üzerinde dakika kattettiği metre cinsinden aldığı yola verilen addır. Kesme Hızı “V” ile gösterilir ve birimi m/dak’dır.

Kesme hızına aşağıdaki denklemden bulunabilmektedir;

$$v = \frac{\pi.D.n}{1000} \text{ (m/ dak)} \quad (2.1)$$

D=İşlenen Çap (mm) n=Devir Sayısı (dev/dak) v=Kesme Hızı (m/dak)

Kesmede genel kural gerekli kesme şartların oluşturmak için en dikkat edilmesi gereken konu, daha önce yapılan deneylerden faydalananarak, gerekli kesme hızı seçimini yapılması gerekmektedir. Kesme hızı çok düşük değer seçilmesi az parça üretimine neden olur. Çok düşük kesme hızı seçilmesi durumunda kesici takımın ucunda talaş sıvanması gibi problem oluşabilir. Kesme hızının çok yüksek değer seçiminde ise çabuk takım bozulması meydana gelecek ve sürekli takım değişimi gibi problem ortaya çıkacaktır. Bu sebeplerden dolayı, talaşlı imalat prosesleri için ideal kesme hızı, kesici takım ömrü ve talaş kaldırma miktarı uygun bir şekilde seçimi yapılmalıdır [35].

2.3.1.2. İlerleme

Kesici takımın bir devir yol aldığı mesafeye ilerleme adı verilir. İlerleme s (mm/dev) olarak ifade edilir [36]. İlerleme, iş parçasındaki yüzey kalitesine ve talaş oluşum karakterine direk sebep olmaktadır. İlerleme miktarının az olması durumunda ise; işlenen yüzeyde bir aşınma meydana gelmekte ve takım kullanım süresinde azalma olduğu görülmüştür. İlerleme miktarı büyük olması sonucunda ise kesme sırasında sıcaklık artışı meydana gelmekte ve bu durum parçanın yüzey kalitesine negatif bir etki göstermektedir. Bu sebeplerden dolayı, işlemede ilerleme miktarının artırılması işleme esnasında ilerleme miktarının artırılması kontrollü bir şekilde gerçekleştirilmelidir. Kesme işleminin verimini belirlemek için ilerleme miktarı uygun bir şekilde belirlenmelidir [32].

2.3.1.3. Talaş Derinliği

Talaş derinliği; işlenecek malzemenin kalınlığı (a) , talaş kalınlığı (h) ve ilerlemesi (s) ile gösterilmektedir. İşlenecek olan malzemenin çapı ilk olarak D ise ve bir kademe işlendikten sonra d olduysa, talaş kalınlığının tornalama işlemine göre (İç ve Dış Tornalama) aşağıdaki bağıntılarla belirtilmiştir;

$$a = \frac{D-d}{2} \text{ (mm)} \quad a = \frac{D-d}{2} \text{ (mm)}; \quad (2.2)$$

Alın tornalamada ve kesme işlemine ise paso kalınlığı ve derinliği birbirine eşit olmaktadır [36]. Talaş genişliği (b), kesici takım ağzının iş parçasıyla temasa girdiği uzunluk; kalınlık (h) ise, kesici takım ağzına dik şekilde bir devirde kattetiği mesafeye denir. b, h ve s, a bu tarifler şöyle bağıntılar bulundurur;

$$b = a/\sin x \quad (2.3)$$

$$h = \sin x.s \quad (2.4)$$

bağıntıları bulunur. Yukarıdaki denklemlere göre

$$A_s = h.b = (a/\sin x)(s.\sin x) = s.a \quad (2.5)$$

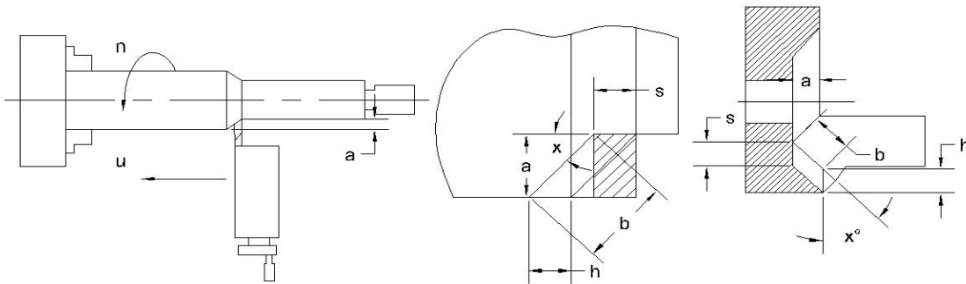
Yukardaki denklemler gibi gösterilir. Üst taraftaki denklemler $\gamma = 0$ ve $\lambda = 0$ olması halinde kullanılabilir.

Eğim açısı λ ve talaş açısı γ' 'nın etki gösterirlerse, yukarıdaki bağıntılar;

$$h_\gamma = \frac{h}{\cos \gamma} = \frac{\sin x.s}{\cos \gamma} \quad ; \quad b_\lambda = \frac{b}{\cos \lambda} = \frac{a}{\cos \lambda \sin x} \quad (2.6 \text{ ve}$$

2.7)

değerini alır.



Şekil 2.6. İlerleme Ve Kesme Derinliği [36]

2.3.1.4. Takım Ömrü

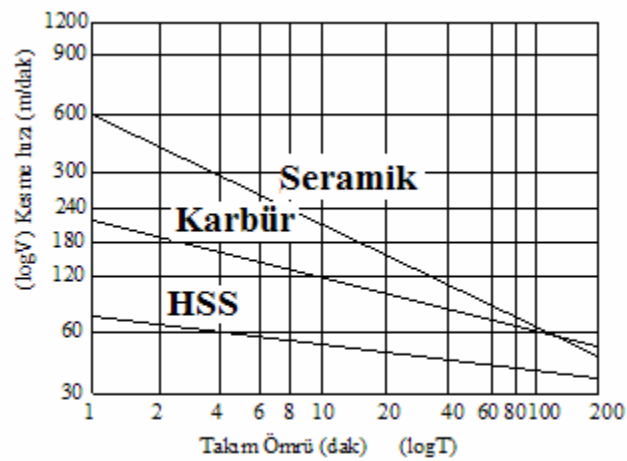
Kesme işlemi yapan kesici takımın kesme görevini kaybedene kadar geçen süreye takım ömrü adı verilir. Takım ömrünü etkileyen faktörler; takım aşınması, aşınmaya etki eden takım malzemesi ve iş malzemesi, takım ve talaş geometrisi, kesme hızı, soğutma sıvısıdır. Yukarıda verilen faktörlerden en önemli faktör kesme hızıdır. Kesme prosesinin iyileştirme yapmak için, kesme hızı (V) ve takım ömrü (T) arasındaki ilişki çok önem göstermektedir. Bu ilişki konusunda ilk çalışma, Taylor tarafından yapılmış olup, aşağıdaki eşitlik ile gösterilmiştir [37].

$$V T^n = C \quad (2.8)$$

V : Kesme hızı (m/dak), **T** : Takım ömrü (dak), **n** : Takım veya iş parçası malzemesine bağlı bir değer, **C** : İşleme değişkenlerine (takım veya iş parçası malzemesi, kesme sıvısı, kaldırılacak talaş kesiti vb. ortam koşulları) bağlı bir sabittir ve bir dakikalık takım ömrüne karşılık gelen kesme hızını ifade eder.

Şekil 2.7’de kesme hızına göre bazı kesiciler için takım ömrü eğrileri gösterilmiştir. Takım ömrü eğrisinin eğimi, n sabitini bulmamızda yardımcı olur [37]. Bu eşitlik aşağıda gösterilmiştir.

$$n = \tan \theta = \frac{\log V_2 - \log V_1}{\log T_1 - \log T_2} \quad (2.9)$$



Şekil 2.7. Kesme Hızını Farklı Takım Malzemeleri İçin Takım Ömrü Grafiği [37]

2.3.1.5. Talaş Hacmi

Talaş hacmi; birim zamanda iş parçasından kaldırılan talaşın birim hacmidir. Birimi mm/cm³'tür. Talaş derinliği, kesme hızı ve ilerleme kullanılarak hesaplanır. Bu değer Formül aşağıdaki eşitlikle de ifade edilebilir;

$$Q = v \cdot a \cdot f \quad (2.10)$$

Q=Talaş Kaldırma Oranı (cm³/dak) V=Kesme Hızı (m/dak) a=Kesme Derinliği (mm)

f=İlerleme (mm/dev)

2.3.1.6. Tezgâh Gücü

Talaşlı imalatta tezgâhın kesme kuvvetini yapabilmesi için yeterli miktarda güce sahip olması gerekir. Bu gücü birimi kW'tır. Birim zamanda yapılan iş gücünü aşağıdaki bağıntı vermektedir.

$$P_c = \frac{v_c \cdot a_p \cdot f_n \cdot k_c}{60 \cdot 10^3} \quad (2.11)$$

P_c= Kesme Gücü (kW) V=Kesme Hızı (m/dak) a_p=Kesme Derinliği (mm) f=İlerleme (mm) k_c=Spesifik Kesme Kuvveti(N/mm²)

2.3.1.7. Takım Malzemesi ve İş Parçası Malzemesi

İş parçasının malzemesi ile işlemi gerçekleştirecek olan kesici takım malzemesinin bu işlem için uygun olması gerekmektedir. İş parçası ve kesici takım malzeme çiftinin uyumlu seçilmesi bu kesme işleminin düzgün bir şekilde yapılmasına olanak sunar. ISO malzeme çiftlerinin sınıflandırmak için bir standart oluşturmuştur. Kullanılacak yerlere göre iş parçası malzemeleri, farklı kimyasal bileşene sahip malzemelerden üretilmektedir. Bu malzemeleri şöyle sıralayabiliriz: Çelikler, paslanmaz çelikler, dökme demirler, alüminyum alaşımları, süper alaşımlar ve sertleştirilmiş çelikler [38].

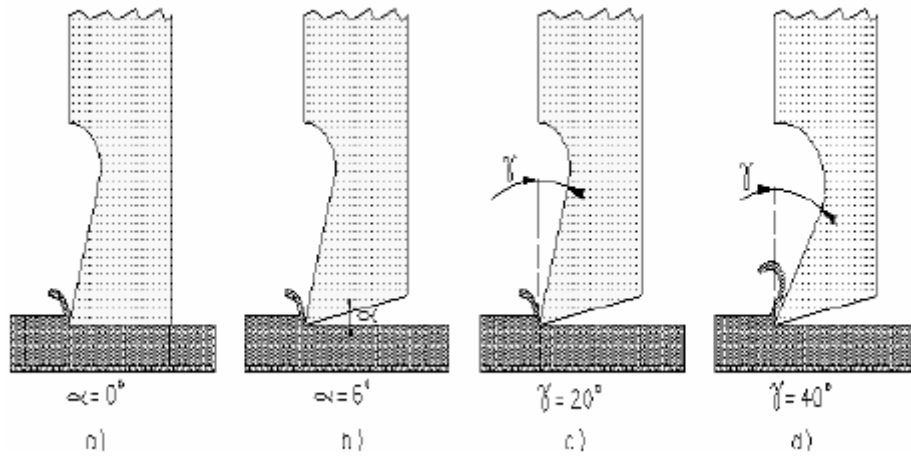
P  Çelikler	M  Paslanmaz çelikler	K  Dökme demirler
N  Alüminyum	S  Isıl dirençli alaşımlar	H  Sertleştirilmiş çelikler

Şekil 2.8. Malzemelerin ISO Sınıflandırılması [39]

Kesici ucun kalitesini belirtirken P10, M30, K50 gibi kısaltmalarla gösterilir. Bu kısaltmadaki harf hangi malzemeye uygun olduğunu belirtmektedir. Sayılar ise kesici ucun tokluk veya sertlik değerlerini belirtmektedir. Sayılar 05, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 olarak devam eder. Sayı değerleri küçük olursa kesici ucun sertliği artmakta olup tokluğunun azaldığı anlatmaktadır. Sayı büyür ise; kesici ucun tokluğunun arttığı sertliğinin azaldığını anlatır. Kesici ucu için yeterli miktarda hem sert hem de tok olması beklenir [38].

2.3.1.8. Takım Geometrisi

Takım geometrisine etki eden faktörler; kayma açısı (ϕ), serbest açısı (α), kama açısı (β), talaş açısı (γ) ve takım ucunun “r” yuvarlatma yarıçapıdır. Kayma açısı kayma düzlemi ile takımın ilerleme yönü arasındaki açı olup çok önemli bir faktördür. Talaş kalınlığını ayarlamak için kayma açısını değiştirmeliyiz [38].

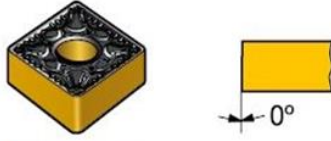


Şekil 2.9. Takım Açılarının Etkisi [40]

Şekil 2.9.c’de görüldüğü üzere Talaş açısı (γ) küçük ve kama açısı (β) büyük ise; iş parçasının kesme olayı takım ucunun yeterli miktarda iyi olmadığından dolayı işlem zor bir hale gelmiştir. Bu kesme sonucunda takım ile iş parçası arasında ısı meydana gelmekte, kesme kuvvetlerinin artış, bu konulara paralel olarak takım ömründe düşüş meydana gelir [38].

Şekil 2.9.d’de görüldüğü gibi Talaş açısı (γ) büyük ve kama açısı (β) küçük ise; iş parçasının işlenmesi daha rahattır. Bu rahatlığa sebep olan neden ise; kesici takım ucun inceliğidir. Kesici uç talaş akışının kolaylaştırır, düşük kesme kuvvetlerine sebep olur ve daha yüksek kesme hızlarında da işleme tabi tutulabilir. Kesici ucun inceliğinden yüzünden kesme işlemine dayanımı düşüktür ve bu düşük dayanımdan dolayı kesme sırasında ucun bozulma oranı yüksektir. [38].

Negatif Temel Şekli Kesici Uçlar

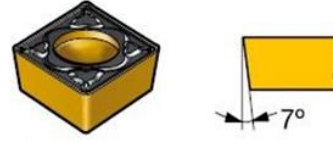


Negatif Şekli

- Çift taraflı ya da tek taraflı
- Yüksek kenar mukavemeti
- Wiper (silici) ile ve Wiper (silici) olmadan mevcut

Dış çap tornalama
Büyük parçalar
Zor koşullar

Pozitif Temel Şekli Kesici Uçlar



Pozitif Şekli

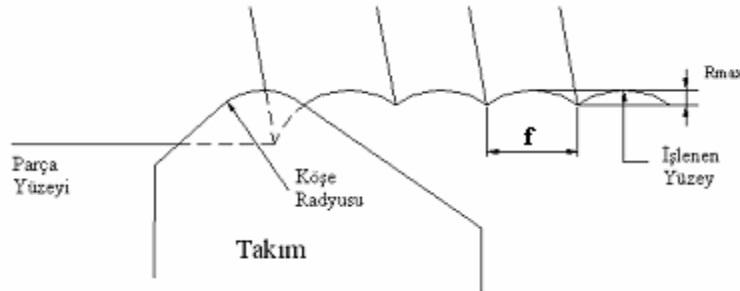
- Tek Taraflı
- Keskin Kesme Kenarı
- Düşük Kesme Kuvvetleri
- Wiper (Silici) ile ve Wiper (Silici) olmadan mevcut

Delik tornalama
Dış çap ve delik profil işleme
İnce, stabil olmayan ve zayıf parçalar

Şekil 2.10. Kesici Takım Geometrisi [41]

2.3.1.9. Kesici Takım Yarıçapı

Talaşlı kesme işleminde kesici takım yarıçapının birçok etkisi bulunmaktadır. Kesme işleminin ideal koşullarda gerçekleşebilmesi için kesici takım yarıçapı değerinin belirlenmesi son derece önemlidir. Kesici takım yarıçapı düşük talaş derinliğini özelliği taşıması yüzünden bir ayarlama yapılması gerekir. Kesme işleminde gereken değerden yüksek seçilen kesici uç yarıçapının etkileri şöyledir; kesme kuvvetinin yükselmesinden dolayı kesici uca sürtünme olayı gerçekleşebilir. Bu olay kesme işlemin sonucu oluşan yüzeyin kötü çıkmasına neden olur. Kesici takım yarıçapının küçük seçilmesi durumunda, yeterli miktarda talaş derinliği değerleri verilemeyeceğinden dolayı takım sadece kazıma işlemi yapar. Bu işlemde olayı kesici takımın ucunun bozulmasına, aşınmaya ve kırılma gibi olaylar oluşabilir [38].



Şekil 2.11. Köşe Radyüsünün Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi [37]

Köşe radyüsü ile yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişki şu denklemle tanımlanabilir;

$$f = \sqrt{8 \cdot r \cdot R_a} \quad (2.12)$$

r : Kesici uç radyüsü (mm) , Ra : Ortalama yüzey pürüzlülüğü (μm), f = İlerleme (mm/dev)

2.4. Yüzey Pürüzlülüğü

Yüzey Pürüzlülüğü, son yüzey için bir değer ve ürün kalitesi için bir indeks anlamına gelmektedir [42]. Yüzey pürüzlülüğü, kullanılan imalat metotları ile ve başka etkilere ortaya çıkan, mutlak tarzda genellikle başka düzensizliklerle sınırlanan oldukça küçük aralıklı yüzey düzensizlikleridir. Kesici takımındaki ya da imalat aşamasındaki başka sıkıntılardan dolayı oluşan yüzeydeki farklılıklar pürüzlülük olarak adlandırılır. Pürüzlülük çapraz ilerleme izleri ile diğer düzensizlikleri kapsar. Talaş kaldırma işleminin amacı, iş parçalarına şekil vermekle kalmayıp onlara geometrik, boyut ve yüzey parametrelerinin istenilen tolerans aralıklarına göre üretmektir. Parçaların geometrik, yüzey ve boyut bakımından doğru olmaları bu dönemdeki talaş kaldırma işleminin en önemli özelliklerinden biridir [43].

2.4.1. Ortalama Yüzey Pürüzlülük Değeri (Ra)

Sekil 2.12’de gösterildiği gibi ortalama çizgisinin altında ve üstünde oluşan mutlak yükseklik değerlerinin aritmetik ortalama değeridir. Yüzey Pürüzlülüğü, kalite kontrolünde kullanılan uluslararası bir parametredir. Yükseklik dağılımı hakkında bir bilgi verdiğinden dolayı dalga boyu ve profildeki değişimleri yeterli miktarda tanımlayamaz. Matematiksel formülü aşağıdaki gibi ifade edilir [44].

$$R_a = \frac{1}{L} \int_0^L |y(x)| dx \quad (2.13)$$

“İşleme sonucunda oluşan yüzey; AISI ve ISO gibi standartlardaki gibi bazı semboller ile ifade edilir. Yüzey Pürüzlülüğü Amerikalıların kullandığı standartta merkez doğrusundan ortalama mikro-metre olarak (1 μm = 0,00001 m) ölçülen yüzeyin aritmetik ortalama sapmalar (AA) kullanılmaktadır. Fakat İngiltere standartların merkez doğrusunun ortalaması (CLA) olarak kullanılmaktadır [45].

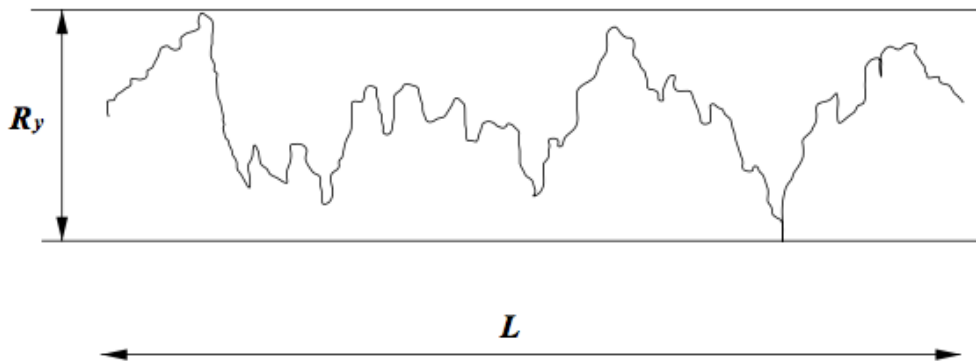
Şekil 2.12’ de gözüktüğü gibi ortalama yüzey pürüzlülük değeri için, merkez çizginin alt ve üst bölümünde eşit bir şekilde bir alan seçilir. R_a değeri, tüm uluslar tarafından kabul edilmiş bir olup ortalama yüzey pürüzlülük değerini belirtir. Ortalama yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazları tarafından sıkça kullanılır. R_a , ortalama profil doğrusundan y aritmetik ortalama olarak sapmasıdır. Üst üste sıralanmış örnekleme uzunluğu sonuçlandırıp ve bu sonuçların ortalaması alınır [46].



Şekil 2.12. Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü [47]

2.4.2. En Dik Tepe- En Düşük Çukur Pürüzlülük Değeri (R_{max} , R_y)

R_y değeri belirlenen uzunluk içinde ölçümler sonucu en dik tepe ve en düşük yükselti arasındaki mesafeye verilen addır. R_y değerinin gösterimi Şekil 2.13’de belirtilmiştir.

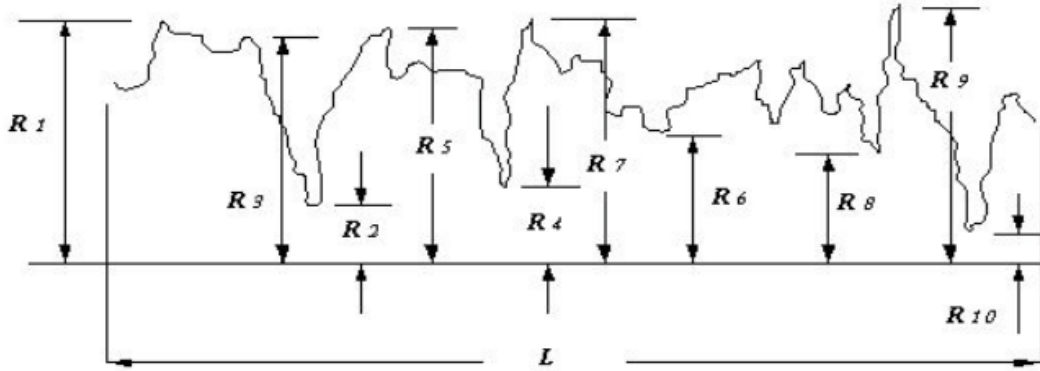


Şekil 2.13. R_y Değeri [46]

2.4.3. Yüzey Pürüzlülüğünde On Nokta Yüksekliği (R_z)

R_z ; örnekleme uzunluğu içindeki en yüksek beş tepe ve çukur seçilerek bunların farkının ortalaması alınır. R_z ile ilgili gösterim Şekil 2.14’de gösterilmiştir.

$$R_z = \frac{(R_1 + R_3 + R_5 + R_7 + R_9) - (R_2 + R_4 + R_6 + R_8 + R_{10})}{5} \quad (2.14)$$

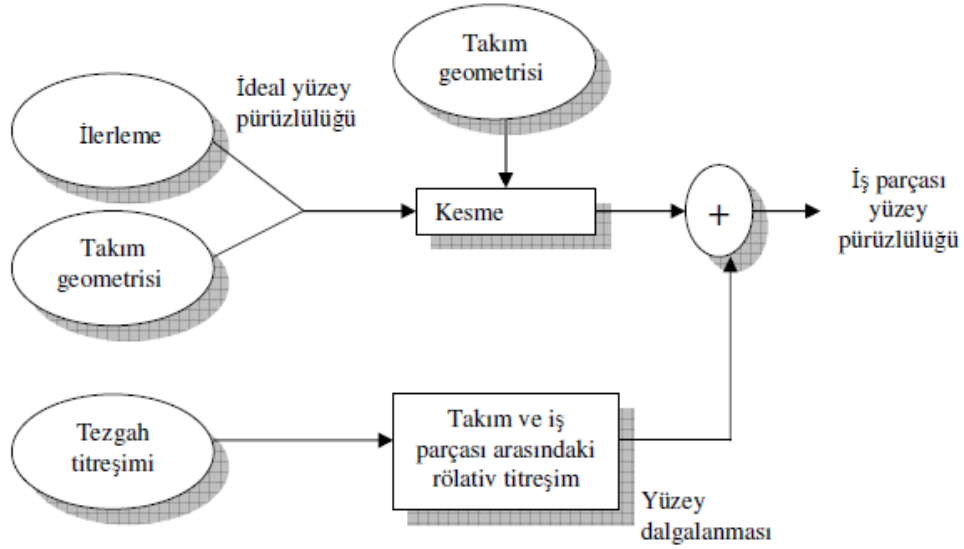


Şekil 2.14. R_z On Nokta Yüksekliği [46]

2.4.4. Yüzey Pürüzlülüğünü Etkileyen Durumlar

- Kullanılan tezgahların kinematik yapısı.
- İş parçasının bağlanması sonucunda olan deformeler.
- İşlemede talaş tipinden dolayı oluşan bozukluklar.
- İlerleme hızının düzgün ayarlanmaması sonucu oluşan sıkıntılar.
- İş parçasının içyapısındaki bozukluklar.
- Gevrek olan iş parçalarda az miktarda kesme hızıyla kesme yapıldığında malzemede üstünde meydana gelen yırtıklar.
- Takım tezgâhlarının gerekli miktarda rijitliği sağlamaması
- Takım tezgahında yataklamadan probleminden sıkıntılar
- Takımların oluşturan uçlar ve tutucuların titreşimden dolayı sabit olmamasından dolayı oluşan üretim yanlışları.
- Kesici takımın yanlış yapılan şekli, tasarım biçimi ve
- Takım konumlama ve bağlama hataları.

- Takımın işlemini yerine getirememesinden dolayı oluşan sıkıntılar.
- İş Parçasının işlenme sırasındaki talaş kaldırma durumu.
- Dış ortamdan dolayı oluşan yanlışlar [35].



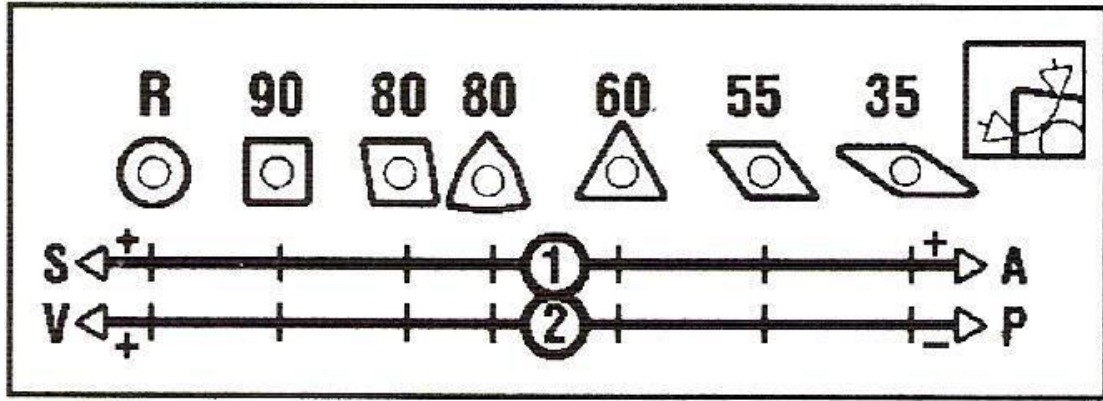
Şekil 2.15. Yüzey Pürüzlülüğünü Etkileyen Faktörler [45]

2.5. Kesici Takım

Kesici takımlar, kesme işleminde iş parçasına şekil vermeyi sağlayan bir araçtır. Talaş kaldırma işlemi çoğunlukla malzeme yüzeyinden talaş kaldırılarak işlem gerçekleştirilir. Bu talaşlı imalat işleminde kesici takıma ait olan bir takım özellikler. Talaşlı imalat işlemlerinde kesici takımının sahip olduğu nitelikler çok büyük değer taşımaktadır. Makro ve mikro ebatlardaki farklı makine ve makine parçalarını üretmek amacıyla kullanılan kesici takım, talaş kaldırma işlemi sırasında meydana gelen yüksek kuvvetleri karşılamak zorundadır [48].

Kesici takımın amacı; iş parçasının istenilen bir boyut, geometrik ve yüzey kalitesinde işlenmesini sağlamaktır. İşleme sırasında meydana gelen dinamik kesme kuvvetleri, kesici takımda aşınma, takım ile iş parçası arasında oluşan ısı vb. gibi sıkıntılar meydana gelebilir. İşleme göre seçilecek kesici takımın, işleme sırasında meydana gelecek sıkıntılara karşı dayanıklı olması gerekmektedir [32].

Kesici takımlar maliyeti yüksek olduklarından gereken miktarda kullanılmalıdırlar [32]. Şekil 2.16 incelendiğinde; S kesici uç mukavemetini, V titreşime yatkınlık, P güç gereksinimini, A çok yönlülük profiline ulaşılabilirlik faktörlerini belirtmektedir.1 nolu gösterge sola doğru ilerledikçe kesici uç mukavemeti büyümekte olup, sağ tarafa doğru gidildikçe çok yönlülük profiline ulaşılabilirlik faktörüne daha uygun uç kalitesini taşımaktadır.2 nolu göstergede ise; sağa doğru ilerledikçe titreşime yatkınlık ve güç gereksiniminin azalmakta olduğu görülmektedir.



Şekil 2.16. Kesici Uç Özellikleri Cetveli [34]

2.5.1. Kesici Takım Malzemesinden Beklenen Özellikler

Kesici takım her koşulda iş parçasından daha sert olma özelliği göstermesi gerekir. Kesici takımın taşınması gereken özelliklerinden biri olan sertlik, malzemeyi işlerken bu işlemi devam ettirebilmesi için bu özelliği kaybetmemesi ve aşınmaya karşı etki etmelidir. Artan kesme hızlarında takım sertliğinde değişimler meydana gelmiştir. Takımın yeteri kadar tokluğa sahip olması darbeli kesme işlemlerini gerçekleştirmesini sağlar. Darbeli kesme işlemlerinde hızlı ısınma ve soğumalar meydana geldiği için yüksek termal şok direncine sahip olmalıdır. Kesici takımdaki düşük sertlik kesme sırasında takım bütünlüğünün bozulmasına neden olacağından çok tercih edilmemektedir. Yeterli miktarda olmayan tokluk ve termal şok direnci ise kesme sırasında takım hasarına ve kesici takımın körlenmesine neden olmaktadır [49].

Aşağıdaki tabloda birden çok malzemenin mekanik bilgileri Tablo 2.1’de gösterilmiştir.

Özellik	Yüksek hız çeliği	Döküm alaşımı	WC	TiC	Al ve Si Esaslı Seramik	cBN	Elmas
Sertlik (Gpa)	8.5	8.0	14-24	18-32	20-30	40-50	70-80
Basma mukavemeti (Mpa)	4100- 4500	1 500-2300	4100- 5850	100-3850	2750-4500	6900	6900
Darbe mukavemeti (J)	1.35-8	0.34-1.25	0.34-1.35	0.79-1.24	<0.1	-	-
Elastite modülü (Gpa)	200	200	520-600	310-450	310-410	850	820- 1050
Yoğunluk (gr/cm ³)	8.6	8-8.7	10-15	5.5-5.8	4-4.5	3.48	3.5
Ergime/bozunma sıc. (°C)	1300	-	1400	1400	2000	1300	700
Isıl iletkenlik (W/mC)	-	-	42-125	17	17-29	13	70
Isıl genleşme Katsayısı (x10 ⁻⁶ /°C)	12	-	4-6.5	7.5-9	3.2-8.5	4.8	1.3

Tablo 2.1. Takım Malzemelerinin Mekanik Özellikleri [50]

3. DENEYDE KULLANILAN YÖNTEMLER

3.1. Taguchi Methodu

İşletmeler ürettikleri ürünlerin müşterilerin istediklerini özelliklerini gösterebilmesi için kendi aralarında bir yarış halindedirler. Müşterilerin isteklerine uygun olabilmesi için (daha kaliteli ve uygun fiyatlı, istenilen özellikleri taşıması, kısa zamanda teslim edilmesi vb....) gibi özelliklerin önem kazandığından beri işletmeler kalite geliştirme konusunda büyük bir gelişme yaşanmıştır. Kalitenin, üretim prosesi ve ürünün tasarımı yapılacak doğru çalışmalar ile işletmenin veriminde yükselme, diğer şirketlerle rekabet konusunda avantaj elde etmesini sağlar [51].

İşletmelerin kalite geliştirme konusuna verdikleri eğilim, onların rekabet içinde bulundukları pazarda kalabilmelerine ve bu pazardaki paylarını yükseltmektedir. Kalite konusunda yapılan ilerleme ve iyileştirmeye yönelim işletmelerin hayatı devam ettirebilmesi ve diğer şirketlerle rekabete girebilmesi konusunda önemli bir konu haline gelmiştir [51].

Üretim yönteminde kullanılan gereçlerde ilerleme meydana gelmiş bu ilerleme bizim zamanımıza göre teknikler geliştirilmiş veya teori aşamasında olan yöntemler işleme geçirilmiştir. Bu uygulama konulan yöntemlerden biri de deney tasarım teknikleridir. Deney tasarım teknikleri, sanayi endüstrisi ilerlemiş olan ülkelerde kullanılır. Üründe kullanılan parametre sayısı ve parametrelerinin yükselmesi, uygulanabilirlik konusunda bir aşama gerçekleştirilemediğinden dolayı ürünün tasarım aşamasında kullanılması beklenen istatistiksel deneyler kullanılamamaktadır. Taguchi'nin üzerinde çok çalışma yaptığı ortogonal diziyi meydana getirmiştir. Bu dizi deneme sayısını düşük tutup deney sonucuna çok iyi cevap almıştır [52].

Ortogonal dizilerde faktör seviyelerini tek tek değiştirmemekte bunun yerine aynı zamanda değiştirilmektedir. Eş değişim sayesinde deney tasarımında kullanılan Taguchi methodu birçok üretim sektöründe (kimya ve elektronik vb...) kullanılmıştır. Taguchi'nin sanayi sektöründeki işlemlere göre uygulamalar geliştirmekle kalmayıp birçok konuda fikir babası olduğundan dolayı, deney tasarım yöntemi sanayi ve imalat sektöründe benimsenmiştir [53].

Taguchi methodun ana gayesi; ürünlerin tasarımı yapılırken gözlemlenen parametrelerin zaman, maliyet açısından iyi özellik göstermesini fakat aynı zamanda gözlemlenemeyen parametreler içinde tüm parametrelerin kombinasyonuna karşı uygun ürünler geliştirmektir. Taguchi deneysel tasarım yönteminin uygulanması sonucunda üretilen ürünlerin kalitesinde yükseliş kalite geliştirme prosesinde deney sayısında azalma meydana gelmektedir. Bu azalma sonucu ürünlerden daha iyi özellik göstermektedir [52].

3.2. Taguchi Deney Tasarımı

Taguchi yöntemi deneyde kullanılan birbirinden farklı değişkenlerin ve farklı seviyeler içinde en iyi kombinasyonu bulmaya çalışan çok tercih edilen bir yöntemdir. Taguchi methodunda kullanılan ortogonal dizi kullanılırsa; her bir parametre ve seviyesine karşılık gelen kombinasyonu sonucu oluşan fazla deneyler Taguchi methoduyla daha düşük deney sayısına indirgenir [54].

Taguchi'nin deney tasarım aşamaları aşağıdaki gibidir;

1. Değerlendirilecek faktör ve etkileşimlerin seçilmesi
2. Faktör düzeyinin seçimi
3. Deneye uygun ortogonal düzen seçimi
4. Faktörleri veya etkileşimlerin kolonlara atanımı
5. Testlerin yapılması
6. Sonuçların analiz edilmesi,
7. Doğrulama deneylerinin yapılması [55]

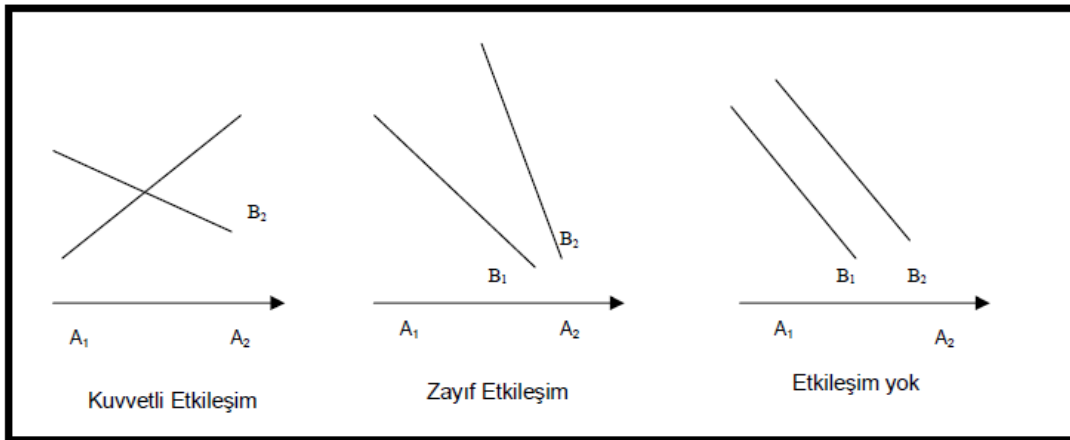
3.2.1. Değerlendirecek Faktör ve Etkileşimlerin Seçilmesi

Problemin gidermek amacıyla ortaya konulan plandan sonraki adım klasik tasarımda kullanılan yöntemler (beyin fırtınası, süreç akış şeması, sebep-sonuç diyagramı vb...) ile önemli olan faktör ve seviyeler belirlenmelidir. Taguchi metotuna göre kullanılan faktörleri kontrol edilebilen ya da kontrol edilemeyen (gürültü faktörü) olarak belirtebiliriz. Kontrol edilen veya edilemeyen faktörler faktör düzeyleri belirlenmeden önce seçilmelidir. Tasarım ve deneyler yapılırken kontrol edilebilen faktörler dikkate alınır [56].

3.2.2. Faktör Düzeylerinin Seçilmesi

Faktörlerin sonuçlara olan tesirini görebilmek amacıyla en az iki düzey seçimi yapılmalıdır. Deney maliyetini düşük tutmak için düzey miktarının seçimi dikkatli yapılması gerekir. Aksi taktirde deney maliyeti yükseltmektedir. Deney sayısında kullanılan düzey sayısının düşük tutulmasının amacı; kaliteyi birçok faktör etki ettiğinden, ön aşama deneylerinde bu faktörler arasında en çok etki edenler seçilip, düzey sayısını düşük tutmaktır. Ön aşamada yapılan deneylerde kullanılan faktörler içinde soyut faktörlerde bu faktörler arasında ise bu deneylerde düzey sayısına eklenmesi gerekir [57].

“Faktörlerin birbirini etkilemesi durumu, seçilen faktörün (şekilde gösterilen A), faktörün kaliteye olan tesiri, seçilen diğer faktörün seçilen faktöre göre (A’ya) aldığı değer bağlı olarak da söylenebilir”. Bu etkileşim olayı AXB söylenebilir. Faktörlerin etkileşim halinde olup veya olmadığını belirten grafikler Şekil 3.1.’de gösterilmektedir [55].



Şekil 3.1. Etkileşimlerin Grafikle Gösterimi [55]

3.2.3. Uygun Ortogonal Düzenin Seçilmesi

Taguchi tarafından uygulanan ortogonal dizinler, birçok deneysel tasarım durumu açıklamaktadır. Ortogonal dizinin sağladığı avantajlardan birkaçı şöyledir; faktör

seviyelerini aynı zamanda değiştirme ve deney sayısını düşük tutulmasıdır. Ortogonal dizilerinin kademe seçimi, 2 kademeli, 3 kademeli, 2 ve 3 kademeli olarak

belirlenmektedir. Bu belirleme problemlere göre olmaktadır. Ortogonal diziye tasarım matrisi adı da verilmektedir.

“Genel gösterimi;

d: Toplam deney sayısı,

a: Faktörlerin düzey sayısı

k: Faktör sayısı

L: Ortogonal diziye

olmak üzere,

$L_d (a)^k$ yada L_d şeklinde ifade edilmektedir”. Çoğunlukla tercih edilen 2 seviyeli ortogonal diziler için L_4 , L_8 , L_{16} ve L_{32} ve 3 seviyeli ortogonal diziler içinse L_9 , L_{18} ve L_{27} dizileri tercih edilmektedir. Deney tasarımı sırasında belirlenen düzey ve toplam serbestlik derecesine bağlı olarak ortogonal dizi seçimi yapılmaktadır [TF01330]. Ortogonal dizin, ürüne etkileyen ve değişmesine tesir olan birçok faktörle eş zamanlı ve çalışma zamanını azalma meydana gelir. L_9 ortogonal dizini örnek olarak Tablo 3.1’de belirtilmiştir [56].

Deney Sayısı	Parametre 1	Parametre 2	Parametre 3	Parametre 4
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

Tablo 3.1. $L_9 (3^4)$ Ortogonal Dizin [56]

3.2.4. Testlerin Yapılması

Problemin bir sonuca varılmasını sağlayan yol seçilen performans özelliklerine göre gereken performans istatistiğinin elde edilmesidir. “Deney sonucunda elde edilen veriler analiz için seçilen performans istatistiğine göre yapılmaktadır”. Performans istatistiğinin deneye göre uygun bir şekilde seçilmesi gerekir. Taguchi methodunda veri analizi için kullanılan performans istatistiği S/N oranıdır ve S/N oranı ürün tasarımının performansını değerlendirmek amacıyla kullanılmaktadır [55]. S/N oranının 3 farklı kalite varyansı bulunmaktadır;

En Büyük En İyi; Kalite varyansında bir üst nokta bulunmamakta olup buna göre de bir ideal değer bulunmamaktadır. “Ölçü arttıkça verimlilik artar”. Örnek; Malzemelerin dayanıklılığı....

En Küçük En İyi; Bu kalite varyansında ise negatif bir yönde sapma meydana gelmez. Bu kalite değişkeninde bir alt nokta gerekmektedir. Tolerans değeri azaldıkça iyileşme meydana gelir. Örnek; Üretimdeki hurda miktarı.....

Hedef Değer En İyi; Bu kalite değişkeninde ise iki yöne doğru yönelim meydana gelebilir. Bu yönelim sonucunda iki yöne doğru sapma oluşabilir. Örnek olarak boyut kriterleri söylenebilir [54].

Seçim	Amaç	Sonuç
En Büyük En İyi $S/N = -10(\log(\sum \frac{1}{Y^2})/n)$	Sonucun maximize edilişi	Pozitif
Hedef Değer En İyi $S/N = -10(\log(s^2))$	Sadece standart sapmanın azaltılışı	Pozitif, sıfır ya da negatif
Hedef Değer En İyi $S/N = 10(\log(Y^2)/s^2)$	Standart sapmanın ve ortalamanın belirli bir hedef değerinde olması	Ortalama sıfır olduğu zaman standart sapma da sıfır
En Küçük En İyi $S/N = -10(\log(\sum Y^2)/n)$	Sonucun minimize edilişi	Pozitif

Tablo 3.2. S/N Oranı Formülleri [54]

y = Ölçülen karakteristik değer n = Ölçüm sayısı

3.2.5. Sonuçların Analiz Edilmesi

Önemli olan faktörler ve birbirleri arasındaki etkileşimleri oluşturan bir model meydana getirilir ve bu faktörlerin analizi yapılır. Bu analiz ve model oluşumu; ürüne kalitesine tesir eden faktör ve düzeylerin seçiminden sonra oluşturulur. Deneyler sonucunda elde edilen değerlerin analizi için varyans analizi, faktör etkilerinin grafiksel gösterimi metodu, hesap tablosu metodu gibi metotlar kullanabilmektedir [55].

3.3. Gri İlişkisel Analiz

“Gri Sistem Teorisi; bilginin bilinme seviyesine göre beyaz (tam bilinme),siyah (hiç bilinmeme ve gri (eksik bilgi bulunması) belirlenen ufak örneklemeler ve yeterli miktarda bilgi toplanamayan problemlerin karar verme mekanizmasında tercih edilen bir yöntemdir” [58]. Gri Sistemde bazı bilgilerde eksikler olduğu bulunmuştur [59].Gri İlişkisel derece iki faktörün birbirlerine göre oluşturduğu değişim seviyesidir. Gri İlişkisel Analiz (GİA) karar verilecek olan faktör arasındaki farklılık ve benzerlikleri zamana bağlı olarak hesaplayan sisteme verilen addır [58]. Gri, Siyah ve Beyaz sistemlerin açıklamaları Tablo 3.3’de verilmiştir;

	Siyah	Gri	Beyaz
Bilgi	Kesin bilinmeyen	Eksik	Kesin bilinen
Görünüm	Karanlık (Koyu)	Gri	Açık (Berrak)
Süreç	Yeni	Eskinin yenisiyle değişimi	Eski
Özellik	Kaos	Güçlük (Complexity)	Düzenli
Metodoloji	Negatif (Olumsuz)	Değişim	Olumlu (Pozitif)
Davranış	Hoşgörülü	Toleranslı	Ciddiyetli
Sonuç (Karar)	Çözüm yok	Çok çözüm	Tek çözüm

Tablo 3.3. Siyah, Gri ve Beyaz Sistemlerin Karşılaştırılması [60]

Gri ilişkisel analiz yöntemi çoklu düzey sayısının olduğu ve faktör sayısının fazla olduğu problemlerin çözümünde kullanılan yöntemdir. Bu analizde, en ideal değere göre olan mesafeyi dikkate alınarak, bu ideal değere göre en iyi seçeneği ortaya koyar. Faktör sayısı ve düzey sayısının düşük olduğu durumlarda seçenekler kolayca ortaya

çıkarmakta ama faktör ve düzey sayısında fazlalık var ise bu durum GİA ile hesaplanmaktadır. Bu yöntemde; en ideal değere göre uzaklık ve yakınlık ilişkisi kurarak en iyi seçimin yapılmasına olanak sağlar [61].

3.3.1. Gri İlişkisel Analiz Metodunun Hesaplama Aşamaları

Gri İlişkisel Analiz Metodunun Hesaplanma aşamaları aşağıda gösterilmiştir [62];

1.Adım: n uzunluğundaki referans seri aşağıdaki gibi olsun.

$$x_0 = (x_0(1), x_0(2), x_0(3), \dots, x_0(n)) \quad (3.1)$$

2.Adım: Verilerin Normalizasyonun Yapılması

Deney yapıldıktan sonra elde edilen faktörlerin değerleri farklı birimlerde ölçüldüğünden dolayı ilk önce GİA’da bu faktör değerlerinin aynı birime dönüşmesi gerekmektedir. Değerler arasında çok değer farkı var ise standartlaştırma yoluna giderek aralığı kısaltmak gerekmektedir. Gri ilişki teorisinde yapılan bu normalizasyon işlemine “gri ilişkisel oluşum (grey relational generating)” adı verilir. Elde edilen verilerin normalizasyon işleminde en fazla tercih edilen yöntem ise lineer veri önileme metodudur. Normalizasyon işlemi yapılacak olan serinin hangi faktörün “ daha yüksek daha iyi”, “daha düşük daha iyi” ve “en ideal en iyi” özelliğini gösterdiğinin iyi hesaplanması gerekir. Seçilen seri “daha düşük daha iyi” ise normalizasyon yapılırken küçük değerler “1” değerine yakın, büyük değerler ise “0” yakın değerler almaktadır. [62].

“Daha yüksek daha iyi ” kriterin seçilmesi durumunda normalizasyon aşağıdaki gibidir;

$$x_i(k) = \frac{x_i^0(k) - \min x_i^0(k)}{\max x_i^0(k) - \min x_i^0(k)} \quad (3.2)$$

$x_i^0(k)$ i serisi k.sıradaki orjinal değer, $x_i(k)$ normalizasyon sonrası i. seri k. Sıradaki değer, $\min x_i^0(k)$ i serisindeki en küçük değeri, i serisindeki en yüksek değerdir.

“Daha düşük daha iyi ” kriterin seçilmesi durumunda normalizasyon aşağıdaki belirtilmiştir;

$$x_i(k) = \frac{\max x_i^0(k) - x_i^0(k)}{\max x_i^0(k) - \min x_i^0(k)} \quad (3.3)$$

“Daha ideal daha iyi ” kriterin seçilmesi durumunda normalizasyon aşağıdaki gibidir;

$$x_i(k) = 1 - \frac{|x_i^0(k) - x^0|}{|\max x_i^0(k) - x^0|} \quad (3.4)$$

Burada x^0 istenilen ideal değeri göstermektedir.

3.Adım: x_0 serisine göre değerlendirilecek m adet seri Eşitlik 3.5’te tanımlanmış olsun.

$$x_i = (x_i(1), x_i(2), x_i(3), \dots, x_i(n)) \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (3.5)$$

4.Adım: k , n uzunluğundaki serideki k. Sırayı belirtir. $\varepsilon(x_0(k), x_i(k))$ k. noktadaki gri ilişkisel analizdeki katsayıyı belirttiğinde aşağıdaki denklemlere göre hesaplanmaktadır.

$$\varepsilon(x_0(k), x_i(k)) = \frac{\Delta_{\min} + \varepsilon \Delta_{\max}}{\Delta_{0i}(k) + \varepsilon \Delta_{\max}} \quad (3.6)$$

$$\Delta_{0i}(k) = |x_0(k) - x_i(k)| \quad (3.7)$$

$$\Delta_{\min} = \min_j \min_k |x_0(k) - x_j(k)| \quad (3.8)$$

$$\Delta_{\max} = \max_j \max_k |x_0(k) - x_j(k)| \quad (3.9)$$

Ve $\varepsilon \in (0,1)$ arasındaki bir katsayıdır. $j=1,2,\dots,m$; $k=1,2,\dots,n$. ε işlevi, Δ_{0i} ile $\Delta_{\max}$ arasındaki farkı ayarlamaktır. Çalışmalar ε değerinin gri ilişkisel derece sonrası oluşacak sıralamayı etkilemediğini göstermektedir.

5.Adım: Gri ilişkisel derecesi aşağıdaki denklem ile hesaplanmaktadır;

$$\gamma(x_0, x_i) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \varepsilon(x_0(k), x_i(k)) \quad (3.10)$$

“ $\gamma(x_0, x_i)$ gri ilişki serisinde x_i ile x_0 referans serisi arasındaki geometrik benzerliğe

verilen ölçüdür”. Gri ilişkisel analizinin büyüklüğü x_i ile x_0 birbiri içinde olan yüksek derecede bir alaka olduğunu belirtir. Seçilen iki serinin birbiriyle aynı özellikleri gösteriyorsa gri ilişki derecesi 1 olarak atanır. Gri ilişkisel derece seçilen iki serinin ideal seriye olan ilişkisine olan yakınlığını anlatmaktadır Gri İlişkisel derecesi en yüksek olan değer en iyi kriter olarak belirtilir [63].

4. MATERYAL VE YÖNTEMLER

4.1. Deneyde Kullanılan Cihazlar, Malzemeler ve Düzenekler

Çalışmada; düzenekler, CNC kontrollü torna tezgâhı, kesici takım ve kesme parametreler ile ilgili bilgiler sunulmuştur. GİA yöntemi kullanılarak kesme parametre ve takım imal yönteminin uygun takım seçimine olan etkisini incelenmiştir. AISI 4340 çeliğinin torna ile işlenmesinde kullanılan farklı yöntemle imal edilen takım tutucuların kesme kuvveti, titreşim ve yüzey pürüzlülüğü incelenerek deneyler yapılmıştır. Deneylerde kullanılan malzeme, cihaz ve düzenekler aşağıda belirtilmiştir.

4.1.1. Malzeme İşlemede Kullanılan Torna Tezgâhı

Deneylerde Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi'nde bulunan JohnFord markalı TC35 kodlu CNC torna tezgâhı ile malzemeler işlenmiştir. Deneyde kullanılan tezgahın bilgileri Tablo 4.1'de belirtilmiştir.

Tezgâh Özellikleri	Birim Değerleri
Z Eksen	600 mm
X Eksen	250 mm
Devir Sayısı (n)	4000 rpm
Tezgâh Gücü	10 kW
Hidrolik Ayna Çapı	250 mm
Hassasiyet	0,001 mm
Taret, Takım Bağlama Kapasitesi	12

Tablo 4.1. JohnFord Markalı TC35 kodlu ' CNC Kontrollü Torna Tezgâhı Hakkında Bilgiler



Şekil 4.1. “ JohnFord Markalı TC 35 Kodlu CNC Torna Tezgâhının Gösterimi [64]

4.1.2. Deney Numuneleri

Deneylerde AISI 4340 (DIN 34CrNiMo6) ıslah çeliği seçilmiştir. Deneylerde kullanılan AISI 4340 ıslah çeliğinin içeriğinin özellikleri Tablo 4.2’ de gösterilmiştir. Deneyde işlenen malzemenin boyu ise 120 mm, çapı 35 mm’dir.

C	Mn	Si	S	P	Ni	Cr	Mo
0,38	0,5	0,4	0,035	0,035	1,6	2,0	0,2

Tablo 4.2. AISI 4340 Islah Çeliğinin Kimyasal Özellikleri [65]

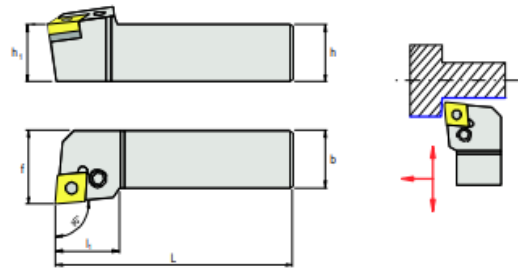
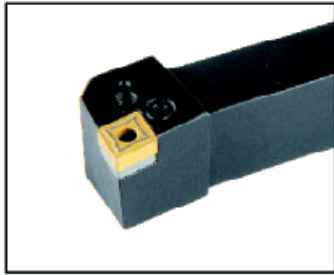


Şekil 4.2. AISI 4340 Islah Çeliği Numunesi

4.1.3. Kesici Takım

Deneylerde TAKIMSAŞ A.Ş tarafından üretilen PCLNR 2020 M12T adlı kesici takım kullanılmıştır. Bu takım üretilirken iki farklı üretim yöntemi ile üretilmiştir.

1.Sıcak Dövme 2.Talaşlı İmalat ile Üretim



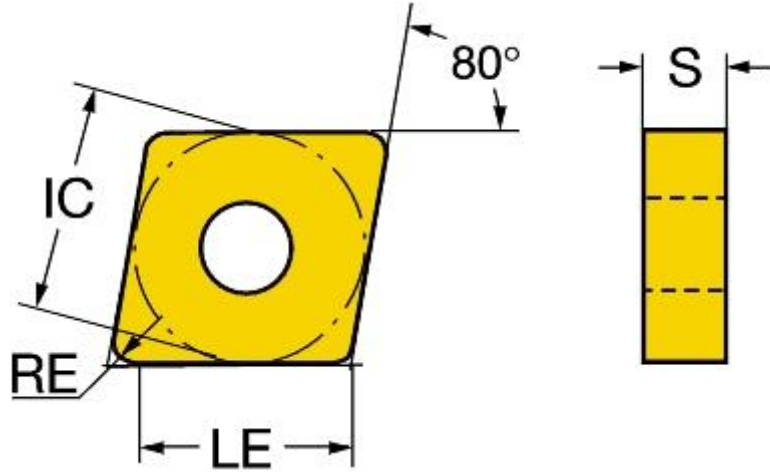
Şekil 4.3. PCLNR 2020 M12 T Görüntü Şekli [66]

SIRA NO:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AÇIKLAMA	Kesici uç sıkma tipi	Kesici uç tipi	Yanaşma açısı	Ön boşluk açısı	Kesme yönü	Kesici kenar yüksekliği	Kater gövde genişliği	Kater gövde boyu	Kesici kenar uzunluğu	Türetici firma sıkma geometrisi (Kesici uç üreten firmaya göre değişiklik gösterir)
ÖRNEK	P	C	L	N	R	25	25	M	12	H1

Şekil 4.4. Örnek Dış Tornalama Kesici Takım ISO Kodlama Örneği [67].

4.1.4. Kullanılan Kesici Takım Ucu

Deneylerde Şekil 4.4’ te görülen CNMG120408 geometrisine sahip Sandvik Coromant Firmasına ait PF 5015 kalitesinde HT (Kaplamasız sert metaller) kesici uç kullanılmıştır.



Şekil 4.5. Seçilen CNMG120408 PF-5015 Kesici Takım Ucu [68]

Kesici ucun temel özelliklerini şöyle sıralanabilir; kesici takımın kesici ucun 80° bir köşe açısı bulunmakta, büyük boşluk açısı 0° , etkin bir biçimde kesim yapabileceği kesici kenarının uzunluğu 12mm, kesici takımın ucunun kalınlığı 4,763mm, köşe yuvarlatması ise 0,8 mm’dir.

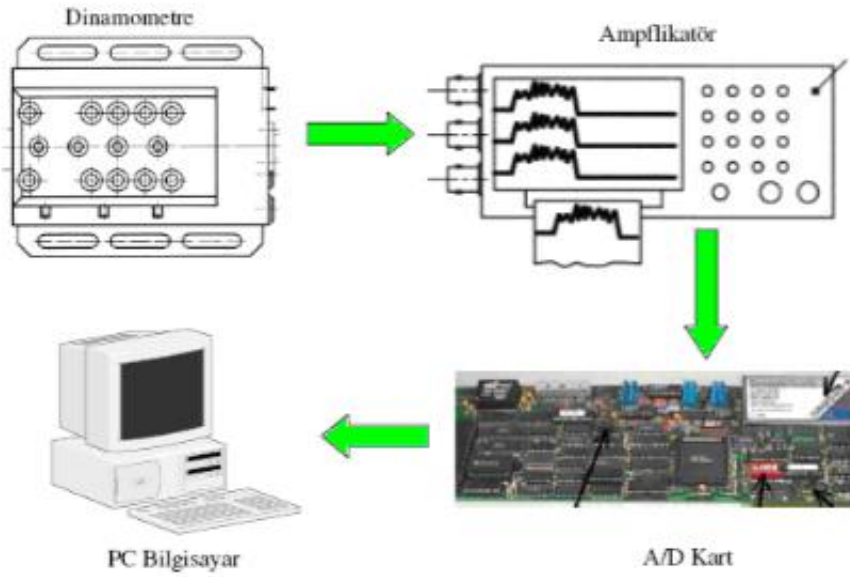
4.1.5. Kesme Parametreleri

Kullanılan kesme parametreleri olarak; Kesici takım imal yöntemi (dövme ve talaşlı imalat), devir sayısı sabit tutulmuş, ilerleme 7,9 ve 12,6 mm/dak seçilmiş, kesme derinliği ise 0,4 ve 0,8 mm olarak seçilmiştir. Kesme parametreleri Tablo 4.3'te belirtilmiştir.

PARAMETRELER	DEĞERLER
Kesici Takım İmal Yöntemi	Dövme ve Talaşlı İmalat
Devir Sayısı n (dev/dak)	600
İlerleme, f (mm/dak)	7,9 ve 12,6
Kesme Derinliği, a (mm)	0,4 ve 0,8

Tablo 4.3. Seçilen Kesme Parametreleri

4.1.6. Kesme Kuvvetinin Ölçümü



Şekil 4.6. Kesme Kuvveti Ölçümü Akış Şeması [69]

Dinamometre ile kesme kuvvetinin ölçülmesini sağlayan araçlar şöyledir; x, y ve z eksenlerinde F_x , F_y ve F_z kuvvetlerini hesaplayan bir kuvvet sensörü, kuvvet sensöründen çıkan x, y ve z eksenindeki dataları voltaj sinyaline çeviren bir amplifikatör, Bu analog bilgileri dijital bilgiye çeviren bir veri toplama kartı (A/D) bu araçları oluşturmaktadır. Bilgisayarda Dynoware yazılımı sayesinde F_x , F_y ve F_z

kuvvetlerin grafiksel ve kuvvet değerlerini alabilmekteyiz.

Özellik	Sembol	Birim	Değerler
Aşırı Yük	Fx, Fy	kN	-15..15
	Fz	kN	-10..30
Ölçme Aralığı	Fx, Fy	kN	-15/15
	Fz	kN	-10/30
Rijitlik	Cx, Cy	pC/N	~-0,8-1
	Cz	pC/N	~2
Hassasiyet	Fx, Fy	kN/ μ M	~8
	Fz	kN/ μ M	~3.8
Doğal Frekans	(X,Y)	kHz	~1.5-1.7
	F0(Z)	kHz	~2.5-2.7
Çalışma Sıcaklığı		°C	$\leq \pm 0.02(0-70)$

Tablo 4.4. Kuvvet Sensörünün Teknik Özellikleri



Şekil 4.7. Kistler Yük Amplifikatörü [32]

Arayüz	RS-232C
Bağlantı	Fischer 9 pol. Neg
Açıklama	19" rack
Frekans aralığı	0.....>45 kHz
Ölçüm Aralığı	$\pm 200.....200000$ pC
Çıktı sinyali	200....240 V
Kanal Sayısı	8

Tablo 4.5. Kistler Yük Amplifikatörü Hakkında Bilgiler

4.1.7. Titreşim lümü

Brüel & Kjør Vibro firması tarafından üretilen VibroTest 60, malzemeyi işlerken titreşim ölçümü, grafiğini ve veri analizini sağlayan bir alettir. Titreşim ölçümü yapıldıktan sonra Vibrotest 60’da bulunan PC kartına kaydedilip VibroReport adlı PC programından analiz değeri ve çıktıları alınmıştır.



Şekil 4.8. Schenck VibroTest60 Cihazı [70]



Şekil 4.9. Titreşim Sensörü Bağlanması ve Deney Düzenegi

4.1.8. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü

Yüzey pürüzlülük değerlerini hesaplayabilmek amacıyla DIN, ISO, ANSI parametreleri ölçebilen, otomatik kalibrasyon yapabilen, 17,5 mm tarama boyu seçimli Mitutoyo SJ210 Yüzey Pürüzlülüğü Cihazı kullanılmıştır. Yüzey pürüzlülüğü güvenilirliği için numune üzerinden 3 farklı noktadan ölçüm yapılmıştır. Şekil 4.12’de yüzey pürüzlülüğü cihazının özellikleri belirtilmiştir.



Şekil 4.10. Mitutoyo SJ210 Yüzey Pürüzlülük Ölçüm Cihazı [71]

Ölçüm Profilleri	: Ham Profil (P), Pürüzlülük Profili (R), R-Motif, DF-Profil
Pürüzlülük Parametreleri:	Ra, Rc, Ry, Rz, Rt, Rmax, Rp, Rv, R3z, Rsk, R _{Pc} , R _{sm} , Rz _I max, S, HSC, Rz _{JIS} , R _{ppi} , R _{Δa} , R _{Δq} , R _{Lr} , R _{mr} , R _{mr(c)} , R _{dc} , Rk, R _{pk} , R _{vk} , Mr1, Mr2, A1, A2, Vo, R _{pm} , tp, H _{tp} , R, Rx, AR, R _{ku} , R _c
Pürüzlülük Standartları	: DIN EN ISO, VDA, JIS, ANSI ve özelleştirilmiş ayarlar
Ölçüm Mesafesi (Z)	: 360μm (-200μm ile +160μm)
Tarama Mesafesi (X)	: 17.5 mm
Dijital Filtre	: Gauss, 2CR75, PC75
Cutoff Mesafesi	: λc : 0,08 mm, 0,25 mm, 0,8 mm, 2,5 mm
Örnekleme Mesafesi	: 0.08, 0.25, 0.8, 2.5, 8mm
Örnekleme Sayısı	: x1, x2, x3, x4, x5, x6, x7, x8, x9, x10 veya serbest giriş
Kalibrasyon	: Ra mastarı ile otomatik kalibrasyon
Çıkış/Giriş	: USB, Digimatic, RS-232C, Ayak Şalteri
Dil seçenekleri	: 16 Dil (Türkçe dahil)

Şekil 4.11. Mitutoyo SJ210 Yüzey Pürüzlülük Cihazı Teknik Özellikler [72]

5. UYGULAMA SONUÇLARI

5.1. Kesme Kuvveti, Titreşim ve Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Sonuçları

AISI 4340 çeliğinin talaşlı imalat işleminde, kesme kuvveti ölçümü için KISTLER dinamometre, titreşimin ölçülmesi için Vibrotest ölçüm cihazı, işleme sonucunda oluşan yüzeylerin ölçümü için Mitutoyo SJ210 yüzey pürüzlülük cihazı kullanılarak deneyler gerçekleştirilmiştir. Her bir deney doğrulaması için 3 defa tekrar edilmiştir. Tablo 5.1’de yapılan deney sonucunda kesme kuvveti (N), titreşim (m/s^2) ve yüzey pürüzlülüğü (R_a) sonuçları verilmiştir.

Deney No	ap (mm)	f (mm/dak)	Takım Tutucu İmal Yöntemi	R_a (μm)	Kesme Kuvveti (N)	Titreşim (m/s^2)
1	0,4	7,9	Dövme	2,35	78,1	0,65
2	0,4	12,6	Dövme	1,63	83,5	0,276
3	0,8	7,9	Dövme	4,07	87,03	1,089
4	0,8	12,6	Dövme	3,59	90,22	0,275
5	0,4	7,9	Normal	2,15	25,73	0,351
6	0,4	12,6	Normal	2,34	28,66	0,2604
7	0,8	7,9	Normal	2,25	44,55	0,1715
8	0,8	12,6	Normal	1,03	47,87	0,3892

Tablo 5.1. Titreşim, Kesme Kuvveti ve Yüzey Pürüzlülüğü Sonuçları

5.2. Ölçüm Sonuçlarının Gri İlişki Analizi Yöntemi İle Çözümü

Ölçüm sonuçların değerlendirilmesi için Gri İlişki Analizi kullanılmıştır. Çözüme giden yolda Microsoft Excel yardımıyla tablolar oluşturulmuştur. 8 farklı deneyde yüzey pürüzlülüğü, titreşim ve kesme kuvveti değerlerine göre en uygun takım tutucusunun bulunması sağlanmıştır. Gri İlişki Analizine göre yapılan analiz aşağıdaki gibi sıralanmıştır;

İşleme sırasında titreşim, yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvveti değerlerinin en küçük olması istenir. Bundan dolayı alacağımız referans serisi en küçük değerler alınarak yapılır. Tablo 5.2’de referans serileri oluşturulmuştur.

Deney No	Ra (μm)	Kesme Kuvveti (N)	Titreşim (m/s^2)
Referans Serisi	1,03	25,73	0,1715
1	2,35	78,1	0,65
2	1,63	83,5	0,276
3	4,07	87,03	1,089
4	3,59	90,22	0,275
5	2,15	25,73	0,351
6	2,34	28,66	0,2604
7	2,25	44,55	0,1715
8	1,03	47,87	0,3892
Maksimum	4,07	90,22	1,089
Minimum	1,03	25,73	0,1715

Tablo 5.2. Referans Serilerinin Oluşturulması

Tablo 5.2’de referans serileri bulunmuştur. Bu aşamada ise “en küçük en iyi” kriterine göre normalizasyon işlemi yapılmıştır. Tablo 5.3’de normalizasyon işlemine uğraşmış değerler gösterilmiştir. Aşağıdaki formüle göre normalizasyon işlemi yapılmıştır.

$$x_i(k) = \frac{\max x_i^0(k) - x_i^0(k)}{\max x_i^0(k) - \min x_i^0(k)}$$

Deney No	Ra (μm) Yüzey Pürüzlülüğü	KK; Kesme Kuvveti (N)	T; Titreşim (m/s ²)
Referans Serisi	1,000	1,000	1,000
1	0,566	0,188	0,478
2	0,803	0,104	0,886
3	0	0,049	0
4	0,158	0	0,887
5	0,632	1	0,804
6	0,569	0,955	0,903
7	0,599	0,708	1
8	1	0,657	0,763
Maksimum	1	1	1
Minimum	0	0	0

Tablo 5.3. “Daha Düşük Daha İyi” Kriterine Göre Normalize Edilmiş Değerler

Tablo 5.3.’de referans serisinin normalizasyon işlemleri aşağıda gösterilmiştir;

$$x_0(R_a) = \frac{4,07 - 1,03}{4,07 - 1,03} = 1$$

$$x_0(KK) = \frac{90,25 - 25,73}{90,25 - 25,73} = 1$$

$$x_0(T) = \frac{1,089 - 0,1715}{1,089 - 0,1715} = 1$$

Bir sonraki adımda ise normalize edilmiş değerleri ile referans serisine göre olan uzaklık hesaplanır. Tablo 5.4.'de uzaklık matrisi belirtilmiştir;

$$\Delta_{0i}(k) = |x_0(k) - x_j(k)|$$

Deney No	Ra (μm)	Kesme Kuvveti (N)	Titreşim (m/s ²)
Referans Serisi	0,000	0,000	0,000
1	0,434	0,812	0,522
2	0,197	0,896	0,114
3	1	0,951	1
4	0,842	1	0,113
5	0,368	0	0,196
6	0,431	0,045	0,097
7	0,401	0,292	0
8	0	0,343	0,237

Tablo 5.4. Uzaklık Matrisinin Hesaplanması

Aşağıda 1.deneye göre uzaklık matrisi hesaplanmıştır;

$$x_{01}(R_a) = |1 - 0,566| = 0,434$$

$$x_{01}(KK) = |1 - 0,188| = 0,812$$

$$x_{01}(T) = |1 - 0,478| = 0,522$$

Her bir takım tutucusuna göre gri ilişki katsayısı belirlenmesi için aşağıdaki formül kullanılmış. Tablo 5.5’de Gri İlişki katsayıları belirtilmiştir.

$$\varepsilon(x_0(k), x_i(k)) = \frac{\Delta_{min} + \varepsilon \Delta_{max}}{\Delta_{0i}(k) + \varepsilon \Delta_{max}}$$

Deney No	Ra (μm)	Kesme Kuvveti (N)	Titreşim (m/s ²)
1	0,535	0,381	0,489
2	0,717	0,358	0,814
3	0,333	0,345	0,333
4	0,373	0,333	0,816
5	0,576	1	0,719
6	0,537	0,917	0,838
7	0,555	0,631	1
8	1	0,593	0,678

Tablo 5.5. Gri İlişki Katsayı Hesabı

Tablo 5.5’deki 1.deneyde hesaplanan Gri İlişki Katsayı hesabı aşağıda belirtilmiştir;

$$\varepsilon = 0,5 \quad ; \quad \Delta_{min} = 0 \quad ; \quad \Delta_{max} = 1$$

$$\varepsilon(R_a) = \frac{0 + 0,5 * 1}{0,434 + 0,5 * 1} = 0,535 \quad \varepsilon(kk) = \frac{0 + 0,5 * 1}{0,812 + 0,5 * 1} = 0,381$$

$$\varepsilon(t) = \frac{0 + 0,5 * 1}{0,522 + 0,5 * 1} = 0,489$$

Son aşamada Genel Gri İlişki Derecesi aşağıdaki formülle hesaplanmıştır. Tablo 5.6’da takım tutucuların Gri Dereceleri gösterilmiştir.

$$\gamma(x_0, x_i) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \varepsilon(x_0(k), x_i(k))$$

Deney No	ap (mm)	f (mm/dak)	Takım Tutucu İmal Yöntemi	Ra (μm)	Kesme Kuvveti (N)	Titreşim (m/s ²)	Gri Derece	GİA göre Sıralama
1	0,4	7,9	Dövme	0,535	0,381	0,489	0,469	7
2	0,4	12,6	Dövme	0,717	0,358	0,814	0,630	5
3	0,8	7,9	Dövme	0,333	0,345	0,333	0,337	8
4	0,8	12,6	Dövme	0,373	0,333	0,816	0,507	6
5	0,4	7,9	Normal	0,576	1,000	0,719	0,765	1
6	0,4	12,6	Normal	0,537	0,917	0,838	0,764	2
7	0,8	7,9	Normal	0,555	0,631	1,000	0,729	4
8	0,8	12,6	Normal	1,000	0,593	0,678	0,757	3

Tablo 5.6. Gri Derece Hesaplanması

1.nolu deneyin Gri İlişki Derecesi aşağıda hesaplanmıştır;

$$\gamma(1) = \frac{1}{3} (0,535 + 0,381 + 0,489) = 0,469$$

Bütün takım tutucuların gri derecelerin hesaplanması Tablo 5.6’da hesaplanmıştır. Gri ilişkisi derecesi referans serisine yakınlığı ölçen bir derecedir. Bu hesaplama sonucunda 5.deney en optimum özelliklere en yakın derece ile 1.sıradadır. Bu 5. Deneydeki ideal parametreler şöyledir; ap=0,4 mm , f=7,9 mm/dak , takım tutucu imal yöntemi ise normal şekilde (talaşlı imalat) üretilen takım tutucusudur.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

AISI 4340 ıslah çeliğinin farklı iki yöntemle üretilen kesici takım tutucularının farklı kesme parametrelerine göre CNC torna tezgâhında işlenmesi sonucu elde edilen veriler ile GİA yöntemine uygulanmış, kesme kuvveti, titreşim “en küçük değer en iyi” seçilerek optimum seçeneğin bulunması sağlanmıştır. İşleme yöntemine göre en ideal parametreler 0,4 mm kesme derinliği, ilerleme 7,9 mm/dak ve takım tutucu imal yöntemi olarak normal seçilmiştir. Bu deneyler arasındaki sıralama şöyledir;

5.deney>6.deney>8.deney>7.deney>2.deney>4.deney>1.deney>3.deney

Deneyler arasında yüzey pürüzlülüğü açısından en iyi özellik gösteren deney 8.deney en kötüsü ise 3.deney olmuştur. Kesme kuvveti açısından en iyi deney 5.deney en kötüsü 4.deneydir. Titreşim söz konusu olduğunda en iyi özelliği 7.deney, en kötü özelliği ise 3.deney seçilmiştir. Bu sonuçlar Tablo 5.6’dan yorumlanmıştır. Genel olarak yüzey kalitesi ve kesme kuvveti açısından normal yolla imal edilen takım tutucuları, dövme ile imal edilen takım tutuculara göre daha iyi özellik göstermektedir. İlerleme sabit tutulduğu ve kesme derinliğinin değiştirildiği parametrede ise kesme kuvvetinde ve yüzey pürüzlülüğünde bir artış gözlenmektedir.

Sonuç olarak; Normal malzeme ile üretilmiş takım tutucusu, dövmeye göre daha iyi işleme sonucu vermiştir.

Takım tutucu imal yöntemi ve kesme parametrelerine göre ideal takım tutucu seçimine olan etkisini görebilmek için yapılmış olan bu tezin daha kapsamlı hale getirmek için şunlar yapılabilir;

- AISI 4140 çeliğiyle benzer bir çalışma yapılabilir.
- Farklı bir kesici uç kullanılarak deney tekrarlanabilir.
- CNC tornada kesme sırasında kesme sıvısı kullanımı olabilir: Örneğin;bitkisel yağlar veya alternatif yağ uygulamaları.....
- Devir sayısı değiştirilerek bunun GİA üzerine etkisi gözlemlenebilir.
- Kesme parametreleri olan kesme derinliği ve ilerleme hızı değiştirilebilir.
- PCLNR takım tutucu yerine farklı bir takım tutucu kullanarak bunun parametreler üzerine etkisi incelenebilir.

KAYNAKLAR

1. Kıdder, S.M. (2016). Tornalama İşleminde Kesme Parametrelerinin Karşılaştırılmalı Optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, Türkiye.
2. Çevik, E. (2006). Tornalama İşleminde Kesici Takım Ömrünün İyileştirilmesine Yönelik Alternatif Bir Yaklaşım. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
3. Neşeli, S., Taşdemir Ş., Yıldız S. (2009). Yapay Sinir Ağı Yaklaşımı İle Tornalamada Yüzey Pürüzlülüğünün Tahmin Edilmesi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, XXVI Sayı:3.
4. Bakır, B. (2005). CNC Freze takımlarında Kullanılan Karbür Parmak Freze Takımı Geometrisinin İşlenebilirliğe Etkilerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
5. Yılmaz, E. (2010). Dış Tornalama İşleminde, Takım Tutucu Malzemesinin Ve Sertliklerinin (HRC) Yüzey Pürüzlülüğü ve Kesme Kuvvetlerine Etkisinin Gri İlişkisel Analiz Yöntemi İle Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
6. Jadhav, N.D., Maiti, K.S. (2010). Characterization Of Stable Crack Growth Through AISI 4340 Steel Using Cohesive Zone Modeling And CTOD/CTOA Criterion. Nuclear Engineering and Design, 240 (2010), 713–721.
7. Çaydaş, U. (2010). Machinability Evaluation In Hard Turning Of AISI 4340 Steel With Different Cutting Tools Using Statistical Techniques. J.Engineering Manufacture, Vol 224 Part:B.
8. Safi, M.S., Givi, B.K.M. (2012). Saving Energy By Modification Of Tomita Heat Treatment Method For AISI 4340 Steel. Energy Procedia, 14(2012), 608-612.
9. Asadi, S.Z., Mahboubi, F. (2012). Effect Of Component's Geometry On The Plasma Nitriding Behavior Of AISI 4340 Steel. Materials and Design, 34 (2012), 516–521.

10. Navas, G.V., Gonzalo, O., Bengoetxea, I. (2012). Effect Of Cutting Parameters In The Surface Residual Stresses Generated By Turning In AISI 4340 Steel. *International Journal Of Machine Tools and Manufacture*, 61 (2012) 48–57.
11. Weng, L., Zhang, J., Kalnaus, S., Feng, M., Jiang, Y. (2013). Corrosion Fatigue Crack Growth Of AISI 4340 Steel. *International Journal of Fatigue*, 48 (2013) 156–164.
12. Chincharikar, S., Choudhury, K.S. (2013). Investigations on machinability Aspects Of Hardened AISI 4340 Steel At Different Levels Of Hardness Using Coated Carbide Tools. *Int. Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, 38 (2013), 124–133.
13. Kumar, S., Singh, D., Kalsi, S.N. (2017). Analysis of Surface Roughness During Machining Of Hardened AISI 4340 Steel Using Minimum Quantity Lubrication. *Materials Today: Proceedings*, 4 (2017), 3627–3635.
14. Kumar, R.M.S., Kulkarni, K.S. (2017). Analysis of Hard Machining Of Titanium Alloy By Taguchi Method. *Materials Today: Proceedings*, 4(2017), 10729–10738.
15. Srinivas, D., Kadadevaramath, S.D., Shankar, L.B., Nagraj, M.P., Bhaskaran, J., Mallapur, G.D. (2017). Optimization of Machinability Parameters of Al1100 B₄C Composites using Taguchi Method. *Materials Today: Proceedings*, 4(2017), 11305–11313.
16. Sateesh, N., Satyanarayana, K., Karthikeyan, R. (2018). Optimization Of Machining Parameters In Turning of Al6063A-T6 Using Taguchi-Grey Analysis. *Materials Today: Proceedings*, 5 (2018), 19374–19379.
17. Khare, K.S., Agarwal, S., Srivastava, S., (2018). Analysis Of Surface Roughness During Turning Operation By Taguchi Method. *Materials Today: Proceedings*, 5 (2018), 28089–28097.
18. Gupta, M., Kumar, S. (2013). Multi-Objective Optimization Of Cutting Parameters In Turning Using Grey Relational Analysis. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 4 (2013), 547–558.

19. Maiyar, M.L., Ramanujam, R., Venkatesan, K., Jerald, J. (2013). Optimization Of Machining Parameters For End Milling of Inconel 718 Super Alloy Using Taguchi Based Grey Relational Analysis. *Procedia Engineering*, 64(2013),1276 – 1282.
20. Vinayagamoorthy, R., Xavier, A.M. (2014). Parametric Optimization On Multi-Objective Precision Turning Using Grey Relational Analysis. *Procedia Engineering*, 97 (2014), 299 – 307.
21. Raykar, J.S., D'Addona, M.D., Mane, M.A. (2015). Multi-Objective Optimization Of High Speed Turning Of Al 7075 Using Grey Relational Analysis. *Procedia CIRP*, 33 (2015), 293 – 298.
22. Varghese, L., Aravind, S., Shunmugesh, K. (2017). Multi-Objective Optimization Of Machining Parameters During Dry Turning Of 11SMn30 Free Cutting Steel Using Grey Relational Analysis. *Materials Today: Proceedings*, 4 (2017), 4196–4203.
23. Das, D., Mukherjee, S., Dutt, S., Nayak, B.B., Sahoo, K.A. (2018). High Speed Turning Of EN24 Steel - a Taguchi Based Grey Relational Approach. *Materials Today: Proceedings*, 5 (2018), 4097–4105.
24. Xavier, A.M., Jeyapandiarajan, P. (2018). Multi-Objective Optimization During Hard Turning Of AISI D2 Steel Using Grey Relational Analysis. *Materials Today: Proceedings*, 5 (2018), 13620–13627.
25. Şeker, U., Günay, M. (2008). *Kesme Teorisi Ve Kesici Takımlar Ders Notları*. Ankara.
26. http://cdn.hitit.edu.tr/mf/files/18085_20471817776.pdf (12.06.2019)
27. <https://docplayer.biz.tr/4688114-Talasli-imalat-talas-kaldirma-yontemlerinin-siniflandirilmesi-1-geleneksek-talasli-imalat-1a-tornalama-ve-iliskili-operasyonlar.html>. (17.06.2019)
28. <https://slideplayer.biz.tr/slide/10319116/> (20.06.2019)
29. Karagöl, T. (2008). AL 7075 Alaşım Malzemesinin DLC Kaplamalı Kesici Takımlarla CNC Torna Tezgahında İşlenebilirliği. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
30. <http://www.muhandisalemi.com/tornalama-nedir-tornalama-nasil-yapilir/>

(13.06.2019)

31. Groover, M. P. (2010). Fundamentals Of Modern Manufacturing: Materials, Processes And Systems (4th Edition). Pennsylvania: John Wiley and Sons Inc.
32. Özcan, E.A. (2019). Minimum Miktarda Yağlama Sistemine Katılan Aşındırıcı Toz Miktarının Kesme İşlemine Etkilerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
33. <http://www.hamitarслан.com/tornalama-islemleri.html> (21.07.2019)
34. Aydemir, O.A. (2006). Torna ve Freze Tezgahlarında Bilgisayar Destekli Kesici Takım Seçimi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
35. Akkuş, H. (2010). Tornalama İşlemlerinde Yüzey Pürüzlülüğünün İstatistiksel ve Yapay Zeka Yöntemleriyle Tahmin Edilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, Türkiye.
36. Turhan, A. (2008). Tornalama İşleminde Kesme Parametrelerinin ve İş Parçası Uzunluğunun Geometrik Toleranslara Etkilerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
37. Aytürk, A. (2010). AISI 316 Ti Paslanmaz Çeliğinin İşlenmesinde Kesici Uç Geometrisinin Kesme Kuvvetleri ve Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
38. İnce, A.M. (2015). Co28Cr6Mo Dövülmüş Çelikleri İşlenmesinde Kesici Uç Yarıçapının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, Türkiye.
39. https://www.sandvik.coromant.com/tr-tr/knowledge/materials/workpiece_materials/workpiece_material_groups/pages/default.aspx (15.06.2019)
40. Yeyen, E.H. (2006). AISI 303 Östenitik Paslanmaz Çeliklerin İşlenebilirliğinin Deneyisel Olarak Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
41. Technical Guide, Sandvik Coromant, 2009.
42. Agrawalla, Y. (2014). Optimization Of Machining Parameters In A Turning Operation Of Austenitic Stainless Steel To Minimize Surface Roughness And Tool Wear. Bachelor Degree, Department of Mechanical Engineering National

Institute of Technology, Odisha, India.

43. Nas, E. (2008). Frezeleme İşleminde Kesici Uç Sayısını Titreşim ve Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin İncelenmesi. Bilim Uzmanlığı Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük, Türkiye.
44. Şirin, Ş. (2012). Al₂O₃ Seramik Malzemenin Talaşlı İmalat Metotlarıyla Şekillendirilmesinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük, Türkiye.
45. Kuş, A. (2013). AISI 52100 Rulman Çeliğinin Tornalanmasında Uygun Kesici Takım Ve Kesme Parametrelerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük, Türkiye.
46. Salman, Ö. (2005). Dalma Erozyon İşlemlerinde Yüzey Pürüzlülük Parametrelerinin Genetik Programlama İle Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, Türkiye.
47. Taylan, F. (2009). Sert Malzemelerin Frezelenmesinde Takım Aşınma Davranışlarının Belirlenmesi. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, Türkiye.
48. Günaydın, E. (2014). Mikro Frezeleme Uygulamalarında En Uygun Takım Yolunun Ve Kesme Parametrelerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik Ve Doğa Bilimleri Enstitüsü, Gebze, Türkiye.
49. Çakmak, S. (2015). AISI 4140 Çeliğinin İşlenmesinde Kesici Uç Geometrisinin Talaş Kırmaya Ve Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce, Türkiye.
50. Ertürk, Ş. (2010). Termo Kimyasal Yöntemle Kaplanmış Farklı Kesici Takım Malzemelerinin Talaşlı İşlem Kabiliyetinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, Türkiye.
51. Çalışkan, O. (2014). Tornalamada Talaş Kaldırma Parametrelerinin Takım Ömrüne Etkilerinin Taguchi Yaklaşımıyla İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
52. Kayı, Y. (2006). Plastik Enjeksiyon Prosesindeki Parametrelerinin Çekme Problemine Etkilerinin Taguchi Methodu İle İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, Türkiye.

53. Eşme, U., Bayramoğlu, M., Geren, N., Serin, H. (2006). Direnç Nokta Kaynağında Kaynak Parametrelerinin Taguchi Methoduyla Analizi. Proceedings of 11th International Materials Symposium, syf 24-28, Denizli, Türkiye.
54. Küçük, Z. (2017). Taguchi Deney Tasarım Yöntemi Kullanılarak Teğetsel Ve Ortogonal Tornalama-Frezeleme Yöntemlerinin Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, Türkiye.
55. Taylan, D. (2009). Taguchi Deney Tasarımı Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Isparta, Türkiye.
56. Kara, V. (2012). Taguchi Methodu Yardımıyla, Gs24MnN Malzemenin Frezeleme Operasyonunda, İşleme Parametrelerinin Yüzey Kalitesine Etkisinin Optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin, Türkiye.
57. Öztıp, M. (2007). Taguchi Deney Tasarım Yöntemi İle Alüminyum Ekstrüzyon Prosesinin İyileştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, Türkiye.
58. İpek, Ç. (2018). Konut Satın Alma Probleminin AHP Temelli Gri İlişkisel Analiz Yöntemi İle Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Burdur, Türkiye.
59. Yağanoğlu, M.A. (2017). Gri İlişkisel Analiz Ve Bulanık Teorisinin Hayvancılıkta Kullanımı. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, Türkiye.
60. Şimsek, V. (2018). Nedensellik Analizi Ve Gri İlişkisel Analiz İle Performans Sıralaması: G20 Ülkeleri Üzerine Bir Çalışma. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
61. Büyükgebiz, E. (2013). Ülke Performanslarının Gri İlişkisel Yöntemi İle Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta, Türkiye.
62. Üstünışık, Z.N. (2007). Türkiye'deki İller Ve Bölgeler Bazında Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması Araştırması: Gri İlişkisel Analiz Yöntemi Ve Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,

Ankara, Türkiye.

63. Yılmaz, E., Güngör, F. (2010). Gri İlişkisel Analiz Yöntemine Göre Farklı Sertliklerde Optimum Takım Tutucusunun Belirlenmesi. 2. Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi, 11-12 Kasım 2010, Balıkesir.
64. <https://www.exapro.biz.tr/cnc-torna-john-ford-tc-35-p41112137/> (26.06.2019)
65. https://www.mib.org.tr/uploads/UserFile/Pdf/bb2_j03TptWY9K0xvTmufHdojBnUCGQNHrAj.pdf (26.06.2019)
66. http://www.takimsas.com.tr/tkm/pdf/Takimsas_katalog.pdf (27.06.2019)
67. CNC Torna Tezgahları, Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara, 2013.
68. <https://www.sandvik.coromant.com/tr-tr/products/pages/productdetails.aspx?c=cnmg%2012%2004%2008-pf%205015> (27.06.2019)
69. Köklü, U. (2009) .Değişik Şekillerde Aralıklı (Kesikli) Yüzeylerin, Taşlanmasında Oluşan Şekil Hatalarının Deneysel İncelenmesi. Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
70. https://www.bkvibro.com/fileadmin/mediapool/Internet/Instructions/Portable_instruments/VT-60/Service_VT-60_EN_04.pdf (27.06.2019)
71. <http://yusufkaynak.com/index.php/tr/bio/research-lab-2> (27.06.2019)
72. <http://makro-teknik.com/urunler/mitutoyo/surftest-sj-210-portatif-yuzey-puruzluluk-olcum-cihazı/28-55-77.html> (27.06.2019)



ÖZGEÇMİ Ş

Kişisel Bilgiler

Ad Soyad: Emre Yılmaz

Doğum Tarihi ve Yeri: 29/11/1992 İstanbul

E-mail: emre_yilmaz_9@hotmail.com

Yabancı Dil: İngilizce

Eğitim Derecesi	Okul/Program	Mezuniyet Yılı
Lisans	Kocaeli Üni. Makine Müh.	2014
Lise	Özel Bostancı Doğa Anadolu Lisesi	2010