

**OPTİMUM YÜZEY İŞLEME PARAMETRELERİNİN  
ANP VE TAGUCHI YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ**

**Salih GÜVERCİN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
TEKNOLOJİ VE İNOVASYON  
YÖNETİMİ ANABİLİM DALI**

**Danışman**

**Doç. Dr. Arif GÖK**

**AMASYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Haziran 2018**



**Hayatımdaki tüm güzel insanlara ithaf olunur.**

## ETİK BEYAN

Amasya 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.

**Salih GÜVERCİN**

**22.06.2018**

# OPTİMUM YÜZEY İŞLEME PARAMETRELERİNİN ANP VE TAGUCHI YÖNTEMLER İLE BELİRLENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Salih GÜVERCİN

AMASYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2018

## ÖZET

Tüm imalat yöntemlerinde, iş parçasının geometrik toleranslarının yanında tatmin edici bir pürüzlülük kalitesinin olması çok önemlidir. Farklı işleme yöntemleri kullanılarak işlenen yüzeyler, kullanılan parametrelerden doğrudan veya dolaylı olarak etkilenir. Düşük değerdeki parametreler, kesici uçların hızlı aşınması ve kopması gibi kayıplara ve iş parçasının kullanılamaz hale gelmesi veya düşük yüzey kalitesi gibi ekonomik kayıplara neden olur. Bununla birlikte yüzey pürüzlülüğünü en aza indirmek için işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini araştırmak ve çeşitli yöntemler kullanarak en uygun işleme parametrelerini belirlemek gerekir.

Bu çalışmada, belirlenen işleme parametrelerine göre AISI 1040 çelik yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesi ve optimum yüzey işleme parametrelerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bunun için önce AISI 1040 çeliği çeşitli işleme parametrelerine göre işlendi ve işleme sonucunda yüzey pürüzlülüğü değerleri elde edildi. Daha sonra, bu yüzey pürüzlülüğü değerleri, çok ölçütlü karar verme metodlarından biri olan Analitik Ağ Prosesi (ANP) yöntemi ve Taguchi yöntemi ile ayrı ayrı analiz edildi ve her iki yöntemden elde edilen sonuçları karşılaştırılarak optimum yüzey işleme parametreleri belirlendi.

Sayfa Adedi :57  
Anahtar Kelimeler :Yüzey Pürüzlülüğü, Taguchi Yöntemi, Analitik Ağ Prosesi  
Danışman : Doç. Dr. Arif GÖK

# DETERMINATION OF OPTIMUM SURFACE PROCESSING PARAMETERS BY ANP AND TAGUCHI METHODS

(M.Sc. Thesis) Saba

Salih GÜVERCİN

AMASYA UNIVERSITY

INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

Haziran2018

ABSTRACT

In all manufacturing methods, it is very important that there is a satisfactory roughness quality besides the geometric tolerances of the workpiece. Surfaces processed using different processes methods are directly or indirectly affected from the parameters used. Poor valve parameters cause losses such as rapid abrasion and breakage of the cutting inserts or economic loss such as low surface quality and unusable work pieces. However in order to minimize the surface roughness, it is necessary to investigate the effects of the processing parameters on the surface roughness and to suitable processing methods by using different methods.

In this study, it is aimed to measure the surface roughness of AISI 1040 steel according to the determined processing parameters and determine the optimum surface treatment parameters. This the AISI 1040 steel is first machined according to various machining parameters and then surface roughness values are obtained as a result of the machining. After words, these surface roughness values are analysed by both Analytical Network Process (ANP) method which is one of multi criteria decision method and Taguchi methods separately, and optimum surface treatment parameters are determined by comparing the results obtained from both methods.

PageNumber :57  
Key Words : Surface roughness, Taguchi Metod, Analytical Network Process  
Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Arif GÖK

## ÖN SÖZ ve TEŞEKKÜR

Bu tez konusunu bana veren, çalışmalarım boyunca destekleyen, yönlendiren ve yazımı sırasında bana zaman ayırarak yardımını esirgemeyen tez danışmanım Doç. Dr. Arif GÖK' e ve her konuda destek veren Dr. Öğr. Üyesi Aytaç YILDIZ' a teşekkürü bir borç bilirim.

Bugünlere gelmemi sağlayan en büyük emeği olan, maddi ve manevi acıdan her zaman varlıklarını yanımda hissettiğim kıymetli anneme ve babama sonsuz saygılarımı ve minnettarlığımı sunarım.

Ayrıca tez dönemi boyunca benden her zaman desteğini esirgemeyen kıymetli eşim ve oğluma teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET .....	iv
ABSTRACT.....	v
ÖN SÖZ ve TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
RESİMLER DİZİNİ.....	xi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	xii
1. GİRİŞ .....	1
2. GENEL BİLGİLER .....	7
2.1. Yüzey Pürüzlülüğü.....	7
2.1.1. Yüzey pürüzlülüğünün tanımı.....	7
2.1.2. Yüzey pürüzlülüğünün ölçüm teknikleri .....	7
2.1.3. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı .....	10
2.1.4. Pürüzlülük .....	10
2.1.5 Dalgalanma .....	11
2.1.6 Genel form hataları .....	11
2.1.7. Yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesinde kullanılan parametreler .....	12
2.1.8. Takım kaplamanın Ra' ya etkisi .....	16
2.1.9. Talaş kaldırma faktörleri.....	17
2.2. Taguchi Yöntemi.....	19
2.2.1. Taguchi yöntemi tanımı .....	19
2.2.2. Taguchi felsefesi ve temel prensipleri .....	20
2.3. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri (ÇKKV).....	21
2.3 1. Karar verme .....	21
2.3.2. Karar verme kavramı .....	22

2.3.3. Karar verme türleri.....	23
2.3 4. Karar süreci.....	23
2.3.5. Analitik hiyerarşi süreci (AHP) ve analitik ağ süreci (ANP) .....	24
3. DENEYSEL VE ANALİTİK ÇALIŞMALAR .....	26
3.1. Deneylerde Kullanılan Malzeme ve Kullanım Alanları .....	26
3.2. Sertlik Değeri .....	27
3.3. Deney Tasarımı .....	27
3.4. Deneyde Kullanılan Tezgah.....	28
3.5. Kesici Uç.....	28
3.6. Kesme Parametreleri .....	29
3.7. Deneylerin Yapılışı .....	30
4. SONUÇLAR.....	37
KAYNAKLAR .....	39
ÖZGEÇMİŞ .....	42



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı .....	10
Şekil 2.2. Pürüzlülük.....	11
Şekil 2.3. Dalgalanma .....	11
Şekil 2.4. Form hatası .....	12
Şekil 2.5. Pürüzlülük dalga boyu .....	12
Şekil 2.6. Pürüzlülük değerlendirmesi .....	13
Şekil 2.7. Pürüzlülük değeri.....	14
Şekil 2.8. Ortalama pürüz yüksekliği.....	15
Şekil 2.9. PVD ve CVD kaplama.....	16
Şekil 2.10. Karar verme süreci.....	24
Şekil 3.1. Deney tasarımı .....	27
Şekil 3.2. ACE Micromatic Designers LT-20C tezgâh .....	28
Şekil 3.3. Kesici takım tutucusu .....	28
Şekil 3.4. Kesici uç katalog.....	29
Şekil 3.5. Fanuc programlama .....	30
Şekil 3.6. Kesme kuvvetleri .....	33
Şekil 3.7. Yüzey pürüzlülük kalitesi ağ yapısı.....	34

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 2.1. Yüzey pürüzlüğü sembolleri ve dereceleri .....	15
Çizelge 3.1. Kimyasal kompozisyonu .....	26
Çizelge 3.2. Fiziksel kompozisyonu .....	27
Çizelge 3.3. Kesme parametreleri .....	29
Çizelge 3.4. L9 için ortogonal dizilim .....	31
Çizelge 3.5. Ra Yüzey kalitesi için S/N cevap tablosu.....	32
Çizelge 3.6. Yüzey pürüzlülük kalitesi seçiminde öncelik değerleri.....	35
Çizelge 3.7. Yüzey pürüzlülük kalitesi seçiminde alternatif öncelik değerleri .....	36

**RESİMLER DİZİNİ**

<b>Resim</b>	<b>Sayfa</b>
Resim 3.1. AISI 1040 imalat çeliği.....	26
Resim 3.2. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı .....	30
Resim 3.3. İş parçasının işlenmesi ve ölçüm alınması.....	31



## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

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

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
<b>R<sub>a</sub></b>	Aritmetik ortalama sapma
<b>R<sub>z</sub></b>	5 tane en yüksek 5 tane en alçak noktanın ortalaması
<b>R<sub>t</sub></b>	Tüm ölçüm uzunluğu için maksimum yükseklik ile maksimum derinliğin toplamı
<b>R<sub>q</sub></b>	Aritmetik ortalama sapmaların karekökü anlamında bir parametredir
<b>F<sub>c</sub></b>	Esas kesme kuvveti
<b>F<sub>f</sub></b>	İlerleme kuvveti
<b>F<sub>p</sub></b>	Radyal kuvveti
<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
<b>CVD</b>	Kimyasal Püskürtme ile Kaplama
<b>PVD</b>	Fiziksel Püskürtme ile Kaplama
<b>TiN</b>	Titanyum Nitrat
<b>TiC</b>	Titanyum Karbür
<b>TiCN</b>	Titanyum Karbür Nitrür
<b>HRC</b>	Rockwell Sertlik Değeri
<b>AISI</b>	American Iron And Steel Institute
<b>ASA</b>	İnternational Organization for Standardization
<b>ÇKKV</b>	Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi
<b>ANP</b>	Analitik Ağ Süreci

<b>AHP</b>	Anolitik Hiyerarşı Süreci
<b>TOPSİS</b>	Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution
<b>SAW</b>	Basit Katkı Ağırlıklı



## 1. GİRİŞ

İmalat yapan bütün işletmeler, imal ettikleri ürünlerde en düşük maliyetle en yüksek kalite seviyesini gerçekleştirerek rakipleri ile rekabetlerinde öne geçme çabasındadırlar. Gelişen teknoloji dünyasında bu rekabet kaçınılmazdır. Hem bu sebepten dolayı, hem de buna bağlı olarak işletmelerin müşterilerine daha kaliteli, daha ucuza imal ettikleri ürünleri sunma çabaları, kaliteyi yakalama uygulamaları geliştirmelerine ya da mevcut kalite uygulamalarını daha etkin bir şekilde kullanmalarına sebep olmuştur. Bu bağlamda kaliteyi sağlamak ve üretimde verimliliği arttırmak, sadece üretim hattında ve üretim esnasında değil, aynı zamanda mamul ve proses tasarım aşamalarında da planlanan ve uygulamaya alınan faaliyetler bütünü haline gelmiş ve kalite artırıcı uygulamalar bu yönde hızlı bir şekilde gelişim göstermeye ve yaygınlaşmaya başlamıştır. Farklı üretim ve imalat yöntemleri kullanılarak şekillendirilen yüzeyler doğrudan veya dolaylı olarak işleme parametrelerinden etkilenmektedir. Bu yüzden uygun parametreler seçilmelidir. Uygun seçilmeyen işleme parametreleri kesici uçlarının kısa sürede aşınması ömrünü tamamlaması hatta kırılması ve en önemlisi iş parçasının işlevini kaybetmesi veya yüzey pürüzlülük kalitesinin bozukluğu, zaman kaybı gibi maddi zararlara neden olmaktadır. Bu yüzden bütün üretim metotlarında iş parçasının ölçü ve toleranslarının yanında yok denecek kadar az yüzey pürüzlülüğü olmalıdır [1-3].

Yüzey kalitesini arttırmak için kesici takımlara kaplama yapılmaktadır. Malzemelerin ve işleme parametrelerinin ilerleme hızı ve kesme hızlarının yüzey pürüzlülük kalitesi üzerindeki etkilerinin muhtemeldir. Kaplama malzemesinin kesme ve ilerleme hızının yüzey pürüzlülük kalitesi üzerinde farklı etkilere sahip olduğu belirlenmiştir [4].

Kesici takımlar veya kesici uçlar, ilerleme hızları, kesme hızları gibi etkenler ile takım geometrileri ve soğutma sıvıları gibi uygun şartlar sağlanarak metallerin işlenebilirliği iyileştirilmektedir. Literatürdeki çalışmalar yüzey pürüzlülüğü kalitesinin artmasına önemli katkılar sağlamaktadır [5].

Kesici takımların kaplanmasıyla ve uygun parametre seçimi yaparak takım ömrü ve yüzey pürüzlülük kalitesi de gözle görülür şekilde iyileşmektedir. Eğer parametreler uygun

seçilmezse kesici takım kaplama tek başına kaliteyi sağlamaya, aşınmayı engellemeye, takım ömrünü uzatmaya ve mukavemetini arttırmaya yetmez. Uygun parametre seçiminde, Taguchi yöntemi ile iş parçası işlemede uygun olmayan sebeplerin nedenleri kısa bir zamanda belirlenerek zaman kaybı ve maliyet düşürülerek üretilen iş parçası kalitesi artmıştır. Deneylemlerin sonuçları göstermiştir ki Taguchi yöntemi optimizasyonunun başarısı görülmüştür. Aynı işleme parametrelerinde kaplamalı kesici takımın performansının kaplamasız kesici takıma göre yüksek olduğu incelemeler sonucunda belirlenmiştir. Ayrıca her iki iş parçası işlemlerinde de aynı parça işleme şartların da en iyi sonuçlar elde edilerek, Taguchi yönteminin güvenilirliği görülmüştür. Kesme kuvvetinin sonuçlarını etkileyen en büyük sebeplerin ilerleme hızı değeri olduğu, kesme hızı değerinin ise daha az etkiye sahip olduğu görülmüştür. Yüzey pürüzlülük kalitesi sonuçlarının, matkap çapının ve ilerlemedeki artış oranı ile ters olarak arttığı, matkap çapının kesme hızı artışı ile ters orantılı olarak azaldığı deneyler sonucunda görülmüştür [6].

En uygun parametre seviye değerleri seçilerek yapılan iş parçası işleme sonrası pürüzlülük kalite değerlerinin, en uygun ve ideal seviyede olacağı sonucuna varılmıştır. Bu parametrelere göre yapılan test sonuçları sonrası elde edilen yüzey pürüzlülük kalitesi değerleri en iyi parametre seviye değerleri elde edilmiştir [7].

Bu tür çalışmalarda tespit edilen kesme hızı değeri ile yüzey pürüzlülük kalitesi arasındaki artan bir ilişki yapılan deneyler sonuçları ile tespit edilmiştir. Kesme hızının değerinin arttırılmasıyla yüzey pürüzlülük kalitesi artmaktadır. Kesme hızının azaltılmasıyla da yüzey pürüzlülük kalitesi oldukça kötü sonuç vermiştir [8].

TiN (Titanyum nitrat kaplama) kaplamalı takımda talaş derinliği etkisini daha net görmek mümkün olmaktadır. TiN kaplamalı kesici takımda elde edilen yüzey pürüzlülük kalite değerleri kaplamasız takıma nazaran daha yüksektir [9].

Yapılan deneylerde, 30MnVS6 alaşımlı çeliğinin torna tezgâhında işlenmesinde; kesme hızının ve ilerleme miktarının yüzey pürüzlülük kalitesine ve kesme kuvvetine etkileri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Ayrıca, elde edilen yüzey pürüzlülük kalitesi ve kesme kuvvetlerinin, bu parametre değerleri ile olan ilişkilerinin matematiksel modellenmesi için çeşitli eğri uydurma algoritmaları kullanılmıştır. Kullanılan bu eğri uydurma

algoritmalarından elde edilen matematiksel modeller, belirleme katsayıları kullanılarak değerlendirilmiştir. Yapılan deneylerden elde edilen yüzey pürüzlülük kalitesi ve kesme kuvveti değerleri, her bir deney için eğriler üzerinde grafiksel olarak gösterilmiş. Deney çalışmalarından elde edilen sonuçlarda ilerlemenin düşürülmesiyle yüzey pürüzlülük kalitesinin oldukça iyi sonuç verdiği görülmüş [10].

Başka bir çalışmada iki farklı kaplama yöntemi olan (Kimyasal püskürtme ile kaplama) CVD ve (Fiziksel püskürtme ile kaplama) PVD için kesme derinliğinin aynı olduğu ve ilerleme artığında kesme kuvvet değerlerinin arttığı, kesme hızındaki değer artışıyla birlikte kesme kuvvet değerleri azaldığı görülmüştür. Kesme hızındaki değer artışına bağlı olarak yüzey pürüzlülük kalitesinin iyileşme eğiliminde olduğu incelenmiştir. Talaş derinliği ve ilerleme hızındaki değer artışına bağlı olarak, CVD PVD takım kaplamaları için yüzey pürüzlülük kalitesi kötüleşmiştir. Genel olarak PVD takım kaplamada yüzey pürüzlülük kalitesi değerlerinin CVD takım kaplamaya göre daha iyi kalitede olduğu gözlenmiştir [11].

Yüzey pürüzlülük kalitesi için S/N değerleri belirlenen ortogonal diziye göre parametrelerin Ra yüzey pürüzlülük kalitesini farklı değerlerdeki etkileri ayırt edilebilmektedir. Yapılan çalışmada 18 deneme sonucundan ortalama yüzey pürüzlülük değeri hesaplanmıştır. Kontrol etkenlerinin her birinin değişik seviyelerinde edinilen en yüksek yüzey pürüzlülük kalitesi ve en düşük (Aritmetik ortalama sapmaların) Ra yüzey pürüzlülük kalitesi ortalamaları ve yine S/N değerleri ortalamaları arasındaki farkların daha yüksek olması veyahut az olması yüzey pürüzlülük kalitesi üzerindeki etkili sebeplerin belirlenmesinde kullanılmıştır. Bu sonuca göre; Ra yüzey pürüzlülük kalitesi üzerinde kontrol sebeplerinin etki sırası ilerleme hızı şeklindedir. Yapılan çalışmalar sonucunda, kesme derinliği fazla geldiğinden yüzey pürüzlülük kalitesinin istenilen değerlerde olmadığı görülmüştür. İlerleme hızındaki azalma ile yüzey pürüzlülük kalitesi değeri istenilen değerlerde olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca farklı kesme hızlarında ki benzer parametrelerde yüzey pürüzlülük kalitesinin birbirine yakın değerlerde olduğu görülmüştür. Yapılmış olan bu çalışmada uygun seçilen parametrenin sonuçları etkilediği belirlenip, daha az titreşim elde edildiği ortaya koyulmuştur. Optimum seçilen parametreler titreşimi azaltmasının yansıra yüzey pürüzlülük kalitesinin de iyi çıkmasına yol açmıştır [12-15].

Günümüzde, insanlar günlük hayatta veya iş hayatında bazı kararlar almak durumundadırlar bu da karar verme sürecini ortaya çıkartmaktadır. Bu karar verme süreci birbirleriyle çelişen



veya ilişkili birçok faktöre bağlı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu bağlamda, yöneylem çalışmalarının bir alt dalı olan karar verme sürecini buna göre ele alınan çok kriterli karar verme yönteminin kullanımı her geçen gün daha fazla artmaktadır. Birçok yaklaşımın var olduğu önemli yöneylem çalışma alanında, kriter ve alt kriter arasındaki ilişkiyi dikkate alarak karar verme sürecindeki analitik düzeyi artıran bir metot olan analitik ağ süreci ile uygulama kolaylığı, ürettiği etkin sonuçlar görülmektedir [16].

Honlama sürecinde yüzey pürüzlülük kalitesini etkileyen parametrelerin Taguchi yöntemi optimizasyonu uygulamasında en çok kullanılan deney kombinasyonu olduğu ve ilerleme hızı değeri sonrasında, bu iki deney setinden elde edilen yüzey pürüzlülük kalite değerleri karşılaştırılmış ve Taguchi yöntem optimizasyonu ile elde edilen deney kombinasyonunda yapılan honlama işlemi, pratikte en çok kullanılan kombinasyona oranla yüzey pürüzlülük kalite değerinde iyileştirme elde edildiği görülmüştür [17].

Tornalama işleminde iş parçası işleme parametrelerinin kesici takım ömrüne etkilerinin Taguchi yöntemiyle incelenmesi sonucunda uygun seçilen parametrelerin takım ömrünü iyi yönde etkilediği ve bunun yanı sıra yüzey pürüzlülük kalitesinin de iyi elde edildiği tespit edilmiştir [18-20].

Karar verme sürecinde, yapılmış olan bu çalışmanın amacı otomotiv sektöründe lastik üretimi yapan bir işletmede, farklı nitelikte iki ayrı dış alım için, iki değişik bütünleşik tedarikçi seçimi yöntemi ile karşılaştırmalı olarak en iyi tedarikçi seçimi işlemini gerçekleştirmektir. Çalışmalarda her iki grup hizmet alımı için ana Analitik ağ süreci (ANP) ve Taguchi metodu ile ANP ve (Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution) TOPSIS bütünleşik yöntemleri ile karşılaştırmalı olarak tedarikçi seçimi yapılmış, daha sonra oluşturulan modellere sanal tedarikçiler eklenerek, tedarikçi sayısındaki artışın, kurulan modeller üzerindeki etkisi ortaya konulmuştur. Bunun sonucunda da sonuçların benzer çıktığı ve en iyi tedarikçinin seçilmesine ve karar verme sürecine yardımcı olmuştur [21].

Çalışmanın özgün değer olarak müşteri şikâyetleri ve artan işleme maliyetlerini azaltmak için deney faktörleri buna uygun olarak seçilmiştir. Çok daha az deney sayısı ile kısa zamanda çabuk ve doğru sonuç veren Taguchi yöntemi ile bu çalışmada kullanılan kesme parametreleri daha farklı değerlerde belirlenerek aynı zamanda işleme süreleri üzerinde

optimizasyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir. İşleme süreleri talaşlı üretimde maliyetin en önemli unsurlarından biridir. Kalite geliştirmek için bu geliştirme prosesine giren her işletme yetkilileri Taguchi yönteminin deney tasarımı yöntemini kullanabilir. Ancak Taguchi yöntemine ek olarak Toplam Kalite Yönetiminin de kullanıldığı unutulmamalıdır. Bu yüzden, tasarım çalışmaları yapacak işletmelerin bu yöntemi tek başına kullanmayarak Toplam Kalite Yönetimini de hayata geçirmeye çalışması gerekmektedir. Kalite geliştirmenin çok önemli olduğu günümüzde açık bir gerçektir. Taguchi yönteminin ürün ve süreç tasarımı çalışmasında daha yüksek ürün kalitesinin daha düşük maliyetle elde edilebileceğini göstermiştir. Elde edilen sonuçlar, Taguchi Yönteminin talaşlı imalat araştırmalarında başarıyla uygulanabilecek bir deney tasarımı ve optimizasyon tekniği olduğunu bir kez daha göstermiştir. Deneysel sonuçlar, kesme derinliği ve ilerleme miktarının artmasıyla iş parçasının kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülük değerlerinin arttığını göstermiştir [22-25].

Çok kriterli karar verme (ÇKKV) yaklaşımlarından biri olan (Analitik hiyerarşi süreci) AHP doğru cevaba ulaştıran sihirli ve kesin bir çözüm yöntemi veya modeli sadece karar verici kişilere “en iyi” cevabı buldurmak için yardımcı bir işlemdir. AHP gruplara ve bireylere karar verme aşamasındaki nitel ve nicel değerleri birleştirme olanağı veren çok güçlü ve kolay anlaşılır bir yöntemdir. AHP yaklaşımı bir veya daha da fazla karar verici etkenlerin bulunduğu, bu karar vericilerin belirlilik veya belirsizlik barındıran ortamlarda çok fazla seçenek ile faktörlerin bulunduğu karar problemlerinde kullanılabilir. Kullanım kolaylığı olan bir yaklaşım olup, bireysel ya da gruplar halinde karar verebilmeye, karar vericilerin kendi sezgi ve içgüdülerini bu süreçte çözüme katabilme olanağının, farklı fikirlerin uzlaşarak karar verme sürecine yardımcı olduğu bilinmektedir [26-29].

Bu çalışmadaki amaç günümüz teknoloji ve inovasyon çağı olduğundan dolayı, firmaların en iyi ürünü en düşük maliyetle üretmek ve üretilen ürünün en iyi kalitede olmasını istemekte ve üretilen ürünlerin en kısa yoldan müşterilerine ulaştırabilmektir. Bu ürünlerin üretimlerinin yanı sıra diğer üreticilerle rekabet etmesi de gerekmektedir. Bu üretim sürecin en iyi şekilde gerçekleşebilmesi için eldeki verilerin özenle derlenmesi, incelenmesi, çözümlenmesi ve yorumlanması gerekmektedir. Bu üretilen ürünlerin hem ekonomik olması hem de kaliteli olması için doğru seçim yapılmalıdır. Bu seçimleri de yapabilmek için bazı deney ve karar verme yöntemlerinden faydalanmak gerekmektedir. Uygulanan yöntemler sayesinde üretilen parçaların yüzey pürüzlük kalitesinin daha iyi olmasını sağlayabilmek için

uygun parametreler seçilmelidir. Bu yöntemler sayesinde seçilen parametrelerden ilerleme hızı, kesme hızı değeri ve talaş derinliğine bağlı olarak hangi parametrenin daha uygun ve daha kaliteli bir yüzey pürüzlülüğü değeri oluşmasının sağlayacağı belirlenmiştir. Bu incelemeden çıkan sonuçları analiz yapabilmek ve daha net parametre seçebilmek için inceleme sonuçlarını Taguchi yöntemi ve çok kriterli karar verme yöntemlerinden ANP yöntemiyle analiz yapılmış ve sonuçları değerlendirilip bir kaniya varılmıştır.



## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Yüzey Pürüzlülüğü

#### 2.1.1. Yüzey pürüzlülüğünün tanımı

İş parçası işleme yöntemi, kesici takımın cinsi ve işlenen iş parçasına bağlı olarak, iş parçasını işleme sırasında oluşabilen fiziksel, kimyasal, ısıl etkilerle ve işleyen takım ve işlenen iş parçası arasındaki mekanik hareketinde etkisiyle işlenmiş iş parçasının yüzeylerinde genellikle istenmediği halde bazı pürüzler oluşabilir. Nominal yüzey çizgisinin altında veya üstünde düzensiz ve dengesiz sapmalar meydana getiren bu olaya yüzey pürüzlülüğü denir. Bir başka deyişle talaş kaldırma işlemiyle şekillendirme sırasında; seçilen metoda, kesici takımın cinsine ve iş parçası işleme şartlarına bağlı olduğu mekanik hareketin fiziksel, kimyasal, ısıl sebeplerin ve kesici takımın iş parçasındaki mekanik hareketlerin etkisi olan fiziksel işlenen yüzeylerde genellikle istenmeyen iş parçası işleme izleri oluşmaktadır. Normal yüzey çizgisinin altında veya üstünde beliren düzensiz ve dengesiz sapmalar meydana getiren oluşuma yüzey pürüzlülüğü de denmektedir [15].

30' lu yılların başında metal yüzeylerinin pürüzlülük kalite değerlendirilmesi, o iş parçası işleme yüzeyine bakarak veya elle dokunarak yapılırdı. Yüzeyde çok yüksek yansıma varsa yüzey kalitesiz olarak düşünülürdü. Sonraları metal parça yüzeylerinin değerlendirilmesi kişinin dikkatinden bağımsız düşünölmeye başlandı. Böylelikle araştırmalar parametreler üzerinde yoğunlaştı [2].

#### 2.1.2. Yüzey pürüzlülüğü ölçme teknikleri

##### Optik yöntem

Bir iş parçası yüzeyi üzerine yansıtılan bir ışının geliş açısı ile ışının yansıma açısı aynı olmalıdır. İş parçasının pürüzlü yüzeylerinde ışının dağılımı optik sensörler ile ölçülerek yüzey pürüzlülüğü ölçölür.

### Temas yöntemi

İş parçası yüzeyi üzerinde dolaştırılan bir propun, sürtünme katsayısı bilinen bir iş parçası yüzeyine göre elde edilen değerlerin karşılaştırılması esasına dayanır.

### Mekanik yöntem

Çelik bir bilye kullanılarak minimum 500 gram ağırlığın iş parçası yüzeyinde; yüzeyin içine doğru 1 mikron yer değiştirmesi ile yapılan ölçüm yüzey pürüzlülük ölçme tekniğidir.

### X ışını yöntemi

Mikroskop altında incelenen iş parçası yüzeyi pürüzlülüklerinde küçük açılarla gönderilen X ışınlarının 0,00254-0,0508 mikron arasındaki pürüzlülüğünün değerleri ölçülür.

### Elektron mikroskobu yöntemi

Bir iş parçası yüzeyinin en küçük düzensizliklerini elektron mikroskobu ile ölçme gücüne sahiptir.

### Hidrolik yöntemi

Belli eğim ve uzunluktaki iş parçası düzleminde belli hacimde yağ damlasının yüzey üzerinde akış süresi ile pürüzlülük kalitesi değeri arasında kurulan ilişki ile yüzey pürüzlülük kalite değeri ölçülmesi esasına dayanır.

### Yüzey dinamometresi yöntemi

İki farklı yüzey arasındaki sürtünme katsayısı, iş parçalarının pürüzlülük kalite değerine bağlıdır. İki farklı iş parçası birbiri üzerine temas ettirerek uygulanan bu kuvvet dinamometre ile ölçülerek yüzey pürüzlülük kalitesi hakkında bilgi edinilebilir.

### Replika yöntemi

İş parçası yüzeyindeki konumu nedeniyle ölçüm yapılacak iş parçası yüzeyine erişilemediği durumlarda, iş parçası yüzeyine selüloz ve asetat filmi asetonla yumuşatılarak yüzey sertleşene kadar temizlenir ve temizlenen yüzeye bastırılırsa elde edilen maske iş parçası yüzeyi karakteri hakkında yaklaşık olarak % 80 oranında bilgi edinilir.

### İzleyici uçlu cihazlar

Elektronik bir cihazın çok sivri bir izleyici ucunun iş parçası üzerindeki herhangi bir yüzeyinde değerlendirme uzunluğu boyunca hareket ettirilerek hareket esnasında oluşan titreşimlerin makro düzeyde büyütülüp hareketli bir şerit üzerine verilerin aktarılması yapılır yâda elektronik cihazlar yardımıyla yorumlanması ile oluşur. İzleyici prop ucun inceliği hassas ölçüm esnasında doğruluk açısından büyük bir önem arz ettiğinden 0,00004 mm çapında iğneler kullanılmaktadır. Kullanımı çok kolay ve ideal bir ölçüm şeklidir.

### Elektro fiber optik yöntemi

Yüzey pürüzlüğü ölçülecek iş parçasını hareket edebilen tablaya bağlanarak X,Y yönünde yatay konuma getirilir. Daha sonra fiber optik algılayıcı ile iş parçasının yüzeyine dik ışın gönderilir. İş parça yüzeyinin pürüzlülük kalitesine göre dağılan ışınlar bu yüzeyden fiber optik algılayıcılara bağlanmış olan foto algılayıcılarla yorumlanarak pürüzlülük kalite değeri bulunur [16].

### 2.1.3. Yüzey pürüzlülüğünün ölçüm cihazı

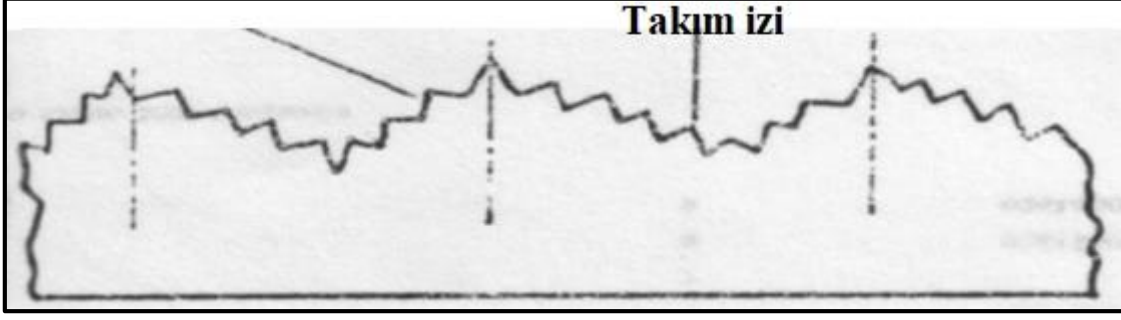
Yüzeyin pürüzlülüğünü ölçen cihaz MİTUTOYO SJ210 (Şekil 2.1.).



Şekil 2.1. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı [7]

### 2.1.4. Pürüzlülük

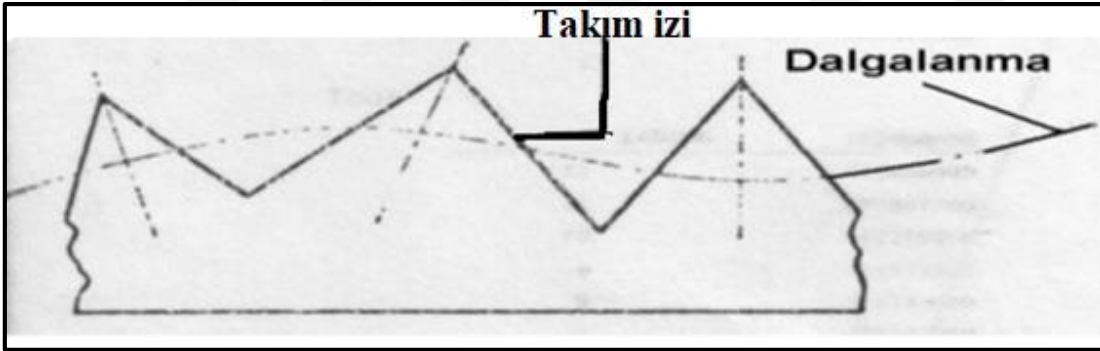
Kesici bir takımın, iş parçası yüzeyinin bir başından diğer son başa gitmesiyle oluşan pek çok çizik, düzensiz ve kısa dalga boyu uzunluklarıdır. İş parçası yüzeyindeki çizik izlerini (Şekil 2.2.) yüzeyin normal yönünde ölçme ile yüzeyin çapraz yönünde ölçme arasında belirgin dalga boyu uzunluğu farkı olabilmektedir.



Şekil 2.2. Pürüzlülük [7]

### 2.1.5. Dalgalanma

Yüzey pürüzlülük kalitesi (Şekil 2.3.) düzensiz kısa dalga boyu uzunlukları olarak dağılmış ise yüzey aşırı yüklenmiştir. Bu tür bir oluşum yüzeyde dalgalanma olarak adlandırılır. Dalgalanma, iş parçası yüzeyinin taşlanması esnasında, taşlama taşının kırık ve ezik kısımlarından, işlemeyi yapan taşın bağlantı katerinin titreşiminden ve ısıl işlemlerden dalgalanma meydana gelebilir.

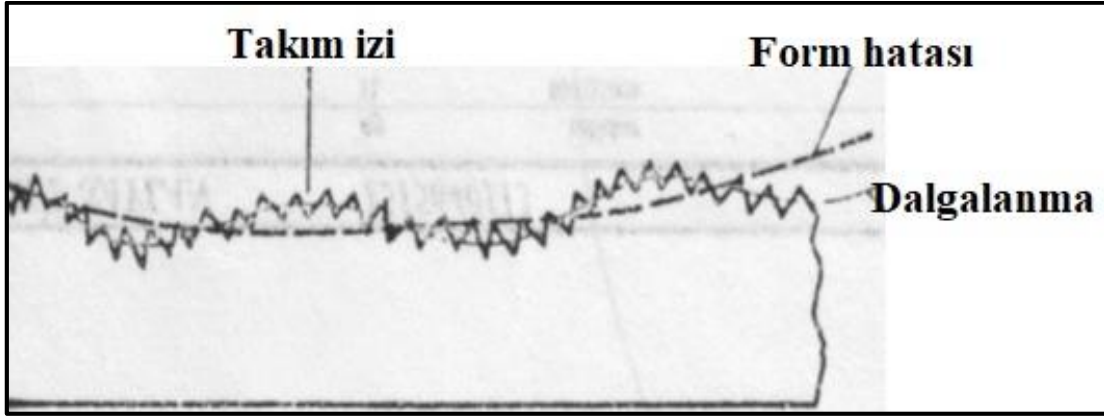


Şekil 2.3. Dalgalanma [7]

### 2.1.6. Genel form hataları

İş parçası yüzeyinin yapısında, tezgâh kızak aşınmalarından, tornalama işleminde kesici takım ucunun eksen merkezinin aşağısında veya yukarısında olmasından kaynaklanan, iş parçası tornalama işlemi yapıldığı sırada iş parçasının eğilip bükülmesinden belirgin bir şekilde form hataları meydana gelebilir (Şekil 2.4.).





Şekil 2.4. Form hatası [7]

İş parçası yüzey pürüzlülük kalitesi (Şekil 2.5.) yüzey ölçme cihazları yüzeyin tüm profilini grafik olarak çizerler. İş parçası yüzeyinin uzun dalga boylarında olması, yüzeyinde pürüzlülük kalitesi ölçme parametre değerlerini etkileyebilir. Bu sebeple çok uzun dalga boylarının oluşma etkisi önlenmelidir.



Şekil 2.5. Pürüzlülük dalga boyu [7]

### 2.1.7. Yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesinde kullanılan parametreler

Yüzey pürüzlülük kalitesini belirlemek için kullanılan parametreler aşağıda olduğu gibi gösterilir.

**Ra:** Aritmetik ortalama sapma değeri.

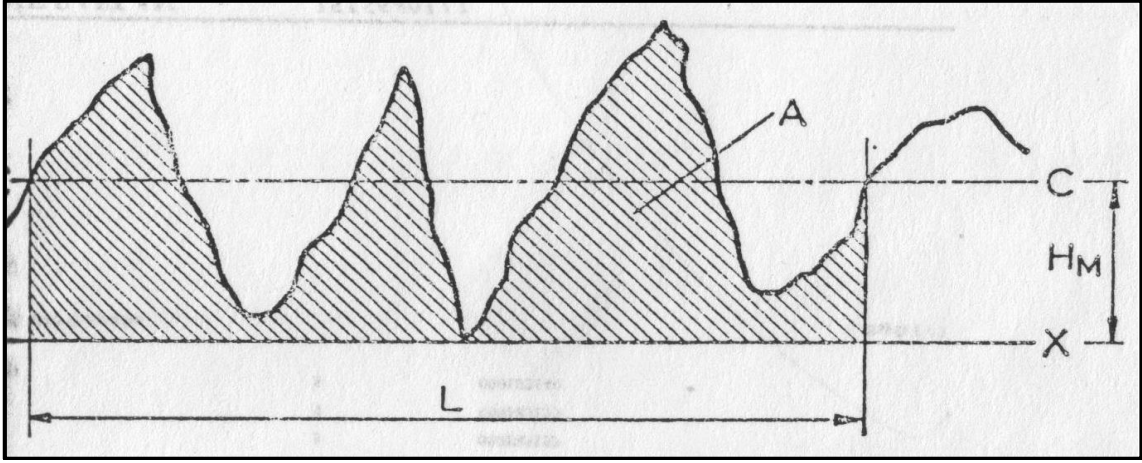
**Rz:** 5 tane en yüksek 5 tane en alçak noktanın ortalaması değeri

**Rt:** Tüm ölçüm uzunluğu için maksimum yükseklik ve maksimum derinliğin toplamı

**Rq:** Aritmetik ortalama sapmaların değerinin karekökü anlamında bir parametredir.

Aritmetik anlamda sapma değeri (Ra)

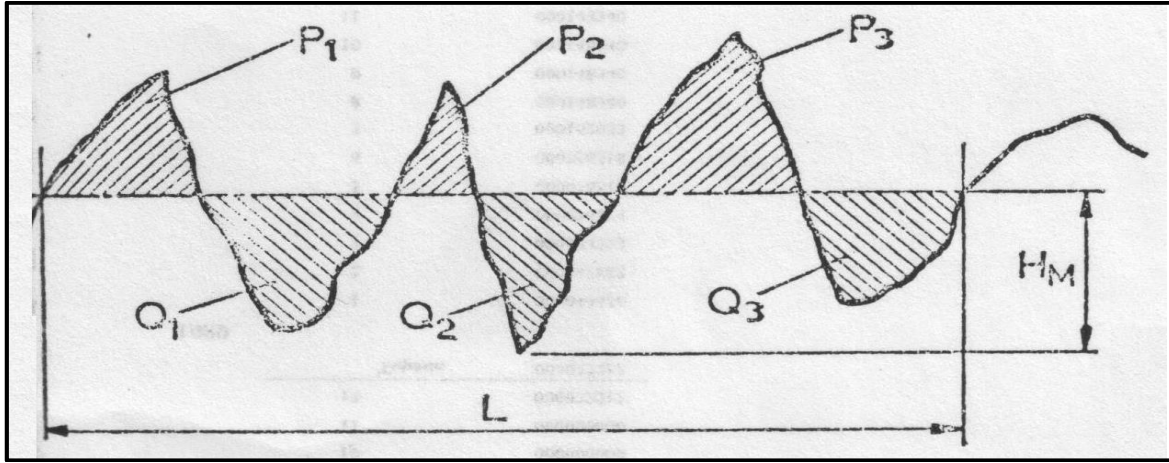
Aritmetik anlamda sapma değeri merkez eksenli ortalama yüksekliği olarak tanımlanmıştır. Yüzey pürüzlülük kalitesini ölçen cihazlardan direkt olarak okunabilir. Bir iş parçası yüzeyinin Ra değeri grafik olarak okunabilir (Şekil 2.6.). Bir yüzeyin Ra değeri grafik olarak şu yollar takip edilebilir ve belirtilebilir.



Şekil 2.6. Pürüzlülük değerlendirmesi [7]

- Önce parça yüzeyinin en alt tarafına degecek şekilde düz bir (x-x) eksenini çekilir.
- Tam sayıda bir dalga boyu uzunluğuna sahip olacak şekilde bir (L) uzunluğu seçilir.
- Planimetri kullanılarak eğri altındaki çizili (A) alanı bulunur. Daha sonra

$H_m = A/L$  hesaplanır. Ve (C-C) eksenini çizilir (Şekil 2.7.).



Şekil 2.7. Pürüzlülük değeri [7]

- (Hm) yüksekliğindeki eksen çizgisi çizildikten sonra eksen üzerinde (P1+ P2+ P3+.....vs) ve eksen altında (Q1+ Q2+ Q3+.....vs) ki alanların toplamı

(L) uzunluğuna bölünüp (1000/Vq) ile çarpılırsa

$$Ra(\mu m) = \left( \frac{P_{alanı} + Q_{alanı}}{L} \right) \cdot \frac{1000}{V_q} \quad (1)$$

Burada;

P ve Q alanlar (mm<sup>2</sup>),

L uzunluk (mm) olarak alınır.

Vq: Düşey büyültme değeri.

Yatay büyültme: P, Q alanlarında ve (L) uzunluklarında gözlenir. Fakat yatay büyültme açık olarak denklem içinde görülemez. (Ra) değeri hala en çok kullanılan bir parametredir [6].

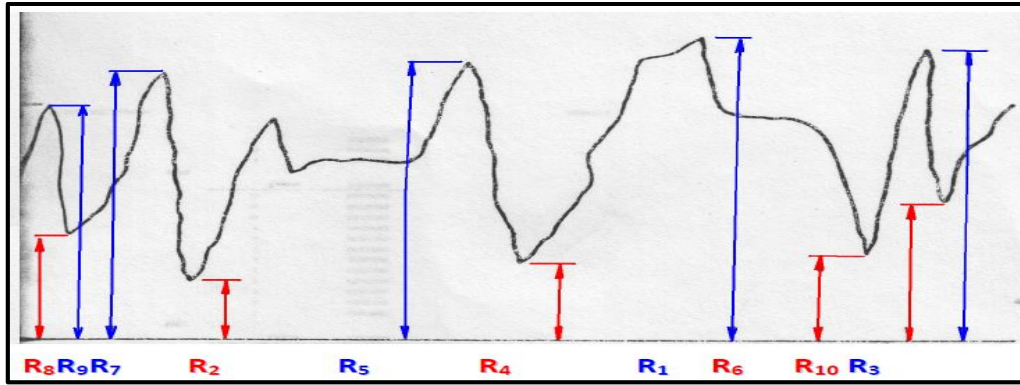
Yüzey kalite işleme işaretleri Türkiye'de yakın zamana kadar yan yana üçgenler ile sembolize ediliyordu. Bu semboller kendini geliştirememiş, yenileyememiş bazı imalatçı ve projeciler tarafından kullanılmaktadır. Türkiye'de yeni kullanılmaya başlanan DIN3142 standardında pürüzlülük kalitesi derecesi Ra değeri ile belirtilir. (Çizelge 2.1.) Amerika veya Kanada'dan gelen çizim projelerinde yüzey işleme değeri ASA 46-1 standartlında da karşımıza çıkabilir. ASA (İnternational Organization for Standardization) standardındaki değerler DIN3142 standart değerlerin 40 katıdır.

Çizelge 2.1. Yüzey pürüzlüğü sembolleri ve dereceleri [18]

Eski	▽▽▽▽			▽▽▽			▽▽			▽		
Yeni	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12
Ra (µm)	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50
Rz (µm)	0,063	0,16	0,25	0,63	1,6	2,5	6,3	16	25	63	160	250

### Ortalama pürüz kalitesi yüksekliği (Rz)

Bu parametrenin (Rz) nin gösterimi (Ra) parametresinin gösteriminden daha kolaydır. İlk önce yatayda, bir paralel eksen çizilir. Daha sonra bu profilden sırayla Şekil 2.9.'da R<sub>5</sub> en dip nokta uzaklıklar ölçülür. Ortalama değer;

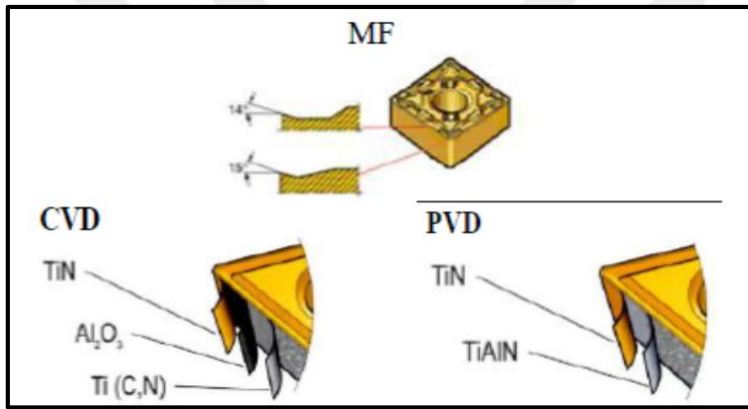


$$Rz = \frac{1}{5}[(R_1+R_3+R_5+R_7+R_9+)-(R_2+R_4+R_6+R_8+R_{10})]. \frac{1000}{vq}$$

Şekil 2.8. Ortalama pürüz yüksekliği [7]

### 2.1.8. Takım kaplamanın Ra' ya etkisi

Kesici takım ucu kaplama malzemesinin farklı kesme parametreleri dikkate alınarak işleme sonrası iş parçası yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Yapılan bu çalışmayla, AISI 1040 çeliği; PVD kaplama yöntemiyle  $Al_2O_3$ , CVD kaplama yöntemiyle üç katlı kaplanmıştır. Farklı iki sementit karbür kesici takım ucuyla tornalama işleminde soğutma sıvısı kullanılmadan talaş kaldırılmıştır. İlerleme hız değeri ile yüzey pürüzlülük kalitesi arasında azalan bir ilişki vardır. İlerleme hızı değerinin artmasıyla, yüzey pürüzlülük kalitesi azalmıştır [8]. Şekil 2.9. daki gibi kaplanmıştır.



Şekil 2.9. PVD ve CVD kaplama [12]

Deneyleerde yapılan bütün kesme koşullarında, en iyi yüzey pürüzlülük kalitesinin PVD kaplamalı kesici takım uçunda, en kötü yüzey pürüzlülük kalitesinin ise CVD kaplamalı kesici takım ucunda olduğu görülmüştür. Sebep olarak PVD kaplamalı kesici takım uçunun tok ve aşınma direncinin yüksek olmasının yanında çok ince taneli tabaka ile birleşimi, takım uçunun keskin kesme kenarının olmasına atfedilmiştir.

$$R_t = \frac{f^2}{8xr_s} \times 1000 \quad (2)$$

Bu eşitlikte  $R_t$ : Teorik maksimum yüzey pürüzlülük kalitesi,  $f$ : ilerleme (mm/dev),  $r_s$  ise takım uç yarıçapı (mm) olarak bu eşitliğinden faydalanarak açıklamak mümkündür. Bu yüzden bu eşitlikte ilerleme hızı değeri ve yüzey pürüzlülük kalitesinin birbiriyle ters orantılıdır. İlerleme hızı değerinin değişimi yüzey pürüzlülük kalitesinin değerinin

değişimine ters orantıda sebep olmaktadır. Bu sebeple ilerleme hızı değeri artıkça yüzey pürüzlülük kalite değeri de azalacaktır dolayısıyla yüzey pürüzlülük kalitesi de kötüleşecektir [12].

### 2.1.9. Talaş kaldırma faktörleri

Talaşlı imalat işlemlerinde, kesici takım yardımıyla iş parçasının istenen ölçülere getirilmesine çalışılır. Malzeme üzerinde önce elastik, sonra plastik gerilmeler oluşarak akma başlar. İşleme devam edildiğinde ise, iş parçası üzerinden fazla olan kısım talaş olarak uzaklaştırılır. Kesme işlemi için gerekli olan kuvvetle, takımda oluşan aşınma ve oluşan talaş şekli çeşitli faktörlerden etkilenir. Talaş kaldırma işlemini etkileyen bu faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Kesme hızı değeri,
- İlerleme hızı değeri,
- Kesme derinliği değeri,
- Kesici takım geometrisi,
- Malzeme çifti (iş parçası ve takım malzemesi),
- Soğutma sıvısı,
- Titreşim,
- Ortalama yüzey pürüzlülüğü.

Talaş kaldırma parametreleri, istenilen kaliteyi elde edecek şekilde seçilmelidir. İş parçası üzerinde istenilen yüzey kalitesi, maksimum takım ömrü, boyutsal, doğruluk ve kolay talaş kaldırmanın yanında minimum maliyet göz önünde bulundurulmalıdır.

#### Kesme hızı

Tüm imalat yöntemlerinde olduğu gibi talaşlı imalat yöntemlerinde de en önemli noktalardan biri yapılan üretimin, işin maliyetini düşürmektir. Bu, üretimin, işin yapım zamanını

kısaltma ve işi en iyi parametrelerde ve koşullarda yapmakla mümkün olmaktadır. Bir işin yapım zamanı kısaltılırken aynı şekilde istenen teknik özellikler ve ekonomik kurallarda göz önünde bulundurulmalıdır. Kesme hızı, kesici takımın ya da iş parçasının dönme devri ile ilgili hareketi olup iş parçası ile kesici takım arasında dakikada metre cinsinden alınan yol olarak ifade edilir. Kesme hızı aşağıdaki formülle ifade edilir.

$$V = \frac{\pi DN}{1000} \quad (3)$$

V: Kesme hızı değeri m/dak

D: Parça çapı mm

N: Tezgâha verilecek devir sayısı dev/dak ile ifade edilir.

Kesme hızı değeri, kesme zamanını ve dolayısıyla imalat maliyetini belirler. İmalatçılar kesme işleminin mümkün olan en kısa ve çabuk yapılmasını istemektedirler. Kesme hızı çok yüksek seçildiğinde kesme kuvvetleri azalır, ancak sıcaklığın artmasından dolayı kesici takım ucu hızla aşınarak bozulur. Kesme hızı çok düşük seçilir ise, kesme kuvvetleri artar ve oluşan sıcaklık azalır. Kesme işlemi için daha çok zaman harcanır. Kesici takım malzemesi ile iş parçası malzemesi arasında difüzyon için gerekli zaman oluşursa kesici takım ucunda YT meydana gelebilir. Bunun sonucunda parça üretim miktarı düşer ve birim maliyet artar.

### İlerleme

İlerleme, iş parçasının her bir devrinde takımın iş eksenine boyunca hareket ettiği mesafe olup  $f$  sembolü ile gösterilir ve birimi mm/dev'dir. İlerleme işlenen yüzey kalitesini belirlemede önemli bir faktördür. Kesici takım, aksel tornalamada iş parçası dönme yönündeki eksenine paralel ilerleme hızı ile hareketi yapar, alın tornalamada ise takım eksene dik ilerleme hareketi yapar. İlerleme; kesme hızı, parça malzemesi, takım malzemesi, kesme derinliği, tezgâhın gücü gibi faktörlerden etkilenir. İlerleme arttırıldığında ilerleme kuvveti, buna bağlı olarak da kesme kuvvetleri artar. Bununla birlikte birim maliyeti azalır.

## Kesme derinliği

Kesme derinliği miktarı, talaş kaldırma işleminde üçüncü eksen olup takımın iş parçasının merkezine doğru dikey olarak aldığı mesafedir. Tornalama ile talaş kaldırma işleminde iş parçası malzemesinin ilk çapı ile son çapı arasındaki farkın yarısına eşittir. Başka bir ifadeyle talaş kalınlığı olarak da gösterilir. Kesme derinliği arttıkça birim maliyetler azalır. Maksimum üretim miktarı; kesme hızı değeri, ilerleme hızı değeri ve kesme derinliğinin optimize edilmesi ve takım değıştirme zamanının minimuma indirilmesi ile sağlanır. Ancak işlem parametrelerindeki değışiklikler, kesici takım ömrüne farklı oranlarda etki eder [10,20].

## **2.2. Taguchi Yöntemi**

### **2.2.1. Taguchi yöntemi tanımı**

Taguchi yöntemi adını yaratıcısı olan Dr. Genichi Taguchi' den almıştır. Taguchi yöntemi, 1960 yılından beri Japon mallarının kalitelerini arttırmak için başarı ile kullanılan kalite stratejisinin bir parçasıdır. 1980'lerde Amerika ve Avrupa'daki firmalar, üretimin hemen ardından kontrol edilerek, standartlara uymayan ürünlerin elenmesine dayanan eski kalite kontrol yöntemlerinin, Japon kalite stratejileri ile boy ölçüşemeyeceğini fark etmişlerdir. Dr. Genichi Taguchi, bu yöntem ile ne kadar sıkı kontrol yapılırsa yapılsın ürünlere kalite gelişiminin olmayacağını, kalitenin tasarım aşamasında ürüne katılması gerektiğini öne sürerek yeni bir yöntem geliştirmiştir. Taguchi yöntemi, geleneksel kalite kontrol yöntemine göre zaman ve maliyette tasarruf sağlayarak uzun yıllardır kullanılmış ve yine ürün kalitesinin arttırılmasına yönelik uygulanan "Deney Tasarımı" metoduna öncülük etmiştir. "Deney tasarımı" kavramının İngiltere'de 1920'li yıllarda Sir R. A. Fisher tarafından ortaya atılmasına rağmen, deney tasarımı denilince Taguchi yaklaşımı ilk akla gelen yöntem olmaktadır. Bunun nedeni Fisher tarafından önerilen istatistiksel yöntemin çok fazla sayıda deney gerektirdiğinden endüstride kullanmak için elverişli olmamasıdır. Taguchi, yöntemi bu yöntemin daha kolay uygulanabilir ve anlaşılabilir olmasını sağlamak için yeni bir yaklaşım geliştirmiş ve genel anlamda her durum için uygulanabilir şekilde standardize etmiştir. Geleneksel yöntemde kararlar az kişi tarafından verilmekte ve uygulanmaktadır. Eğer sonuç başarısız olursa, yeni bir karar verilmekte ve tekrar uygulanmaktadır. Taguchi yöntemi yaklaşımında ise tüm faktörler değerlendirilerek en iyi faktör kombinasyonu



seçilerek denenmekte ve böylece hedefe isabet etme ihtimali daha yüksek olmaktadır. Taguchi yöntemi hedefe yaklaşmak için “ortogonal diziler” ismini verdiği özel tablolar oluşturmuştur. Bu tablolar sayesinde deney tasarımının daha kolay ve tutarlı olmasını sağlamaktadır. Hedefe yakın kombinasyonu elde ettikten sonra bu dağılımı daraltarak hedef çevresinde toplanmasını sağlamak için kontrol edilemeyen faktörlerin dikkate alınması gerekmektedir. Bu amaç için sinyal-gürültü oranı (S/N) tekniği tasarlanmıştır. Üretilen ürünün kaliteli olup olmadığını saptamak için ise “kayıp fonksiyonu” tekniğini kullanmıştır.

### 2.2.2. Taguchi felsefesi ve temel prensipleri

Taguchi’ yönteminin kalite felsefesinin yedi temel elemanı vardır

1. Bir ürünün kalitesinin boyutu; onun toplumda meydana getirdiği kayıptır.
2. Rekabetin olduğu bir pazarda kalite geliştirme çalışmaları kaçınılmaz bir zorunluluktur.
3. Kalite geliştirme çalışmaları ürünün nominal değerden sapmasını azaltmak amacını hedeflemektedir.
4. Ürünün performansından dolayı tüketicilerin maruz kaldığı kayıp; o ürünün nominal değerden sapma miktarının karesiyle orantılıdır.
5. Bir ürünün kalitesi ve maliyeti, o ürünün tasarım ve mühendislik prosesi tarafından belirlenmektedir.
6. Üretilen bir ürünün performansındaki sapmayı azaltmak için, o ürünün performans karakteristikleri üzerinde etkili parametrelerin olumsuz etkilerini azaltmak gerekmektedir.
7. İstatistiksel deney yöntemleri; o ürünlere ait performans değişikliğine etki eden faktörleri ortaya çıkarmak amacı ile kullanılmaktadır.

Taguchi, yöntemi üretilen bir ürünün yeterli bir kaliteye ulaşmaması durumunda uğradığı maddi ve manevi zararı kayıp olarak ifade etmektedir. Bu zarar ve kayıp bezen müşterinin memnuniyetsizliği, bazen yenileme veya tamir maliyetleri, bazen de pazardaki imaj veya pazar payı kaybı olabilmektedir. Taguchi yöntemi, yaklaşımına bağlı kalarak, üretilen ürünün yalnızca spesifikasyonlara uymaması değil, aynı zamanda bir hedef sapması olarak ta bu kaybın ortaya çıkacağını belirtmektedir. Taguchi’ye göre kalite kayıpları sadece maddi

değil aynı zamanda sosyal kayıplardır. Kalitesizliğin hem üreticiye hem de topluma bakan yönü vardır. Bu yüzden kalite unsurunu geliştirmek için yapılacak bütün çalışmaların bu kayıpları en aza indirmesi şarttır. Bu kaliteyi gerçekleştirmek için Taguchi'nin önerdiği teknikler, değerlendirmeyi sağlayan ve geleneksel yaklaşımdan çok farklı olarak kaliteyi üretmeyi amaçlamaktadır. Taguchi'ye göre, kalite ürüne göre tasarlanması gereken bir olgudur ve hiçbir kontrol ve analiz kaliteyi geri getiremez [17].

Taguchi optimizasyon yöntemi, optimize edilmesi için gerekli olan çok sayıda deney yerine daha az sayıda deney yaparak optimum sonucuna ulaşmamızı sağlar [19].

### **2.3. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri (ÇKKV)**

Yapılan literatür taramasında, yaygın olan Çok kriterli karar verme yöntemlerinden en çok kullanılanları; SAW (Basit Katkı Ağırlıklı), AHP, ANP olarak bilinmektedir Karar verme sürecinde insanlar hayatlarına dair konular da karar vermek zorundadırlar. Karar verirken de en doğruyu seçme çabası içinde olduklarından, daha doğru karar vermeleri için yöntemler belirlemeleri gerekmektedir [17,24].

#### **2.3.1. Karar verme**

İşletme yönetim grubunun bir kavramı olarak karar vermek bir seçim yapma olgusudur. Yöneticinin yada kişinin herhangi bir konuda yapacağı seçim yapma “karar verme” dir. Yöneticinin konu üzerinde düşünmesi sonucunda bulunduğu çözüm ya da ilerlemeyi planladığı yol yöneticinin kararını ifade etmektedir. Kararsızlık, karar verememeyi, seçim yapamamayı ifade etmektedir. Karar verememenin çeşitli nedenleri olabilir, ancak karar veremeyen yönetici için kararsızlık yönetim görevini yerine getirememek anlamına gelmektedir.

Karar verme yönetimin özü olarak değerlendirilebilir. Yöneticiler tüm mesai saatlerini karar vermeye harcıyıp başarılı olmaya çalışmaktadır, çünkü yöneticiler sonuçlarla değerlendirilmektedir. Yöneticilerin geleceği bilmeden gelecek için hangisinin daha iyi olacağını tahmin etmeleri ve bu doğrultuda seçim yapmaları onları başarıya götürmektedir. Bu nedenle karar verme, aynı zamanda mantıkla içgüdü arasında bir yarış olarak da tanımlanabilmektedir. Saaty bu tanıma farklı bir açıdan yaklaşmaktadır. Çok yaygın olan “elma ile armut karşılaştırılmaz.” ifadesi, gerçek dünya için yorumlandığında, ikisini

karşılaştıramadığımız halde ikisi arasından seçim yapmak zorunda kalılabilmektedir. Hem elma hem de armut seven aç bir insan düşünülürse ve ikisi arasında seçim yapmak zorunda bırakılırsa hangisini seçmesi olasıdır. Kişinin bir mantık çerçevesinde, içgüdülerini de devreye sokarak bir seçim yapması beklenir. Biri elmayı seçerken diğer kişi armudu seçebilmektedir. Bu yaklaşımda karar vermenin içerisinde nicel kavramlar dışında nitel kavramlara ve sezgilere dayandığı gözlemlenmektedir. Elmanın ve armudun boyutları, rengi gibi önemli kriterler dışında, kişi tecrübelerine dayanarak meyvenin tadını ve vücut gereksinimlerini tahmin ederek bir seçim yapmaktadır.

### 2.3.2. Karar verme kavramı

Klasik karar verme teorisinin doğuşundan bu zamana dek birçok çalışma dikkate alındığında karar verme, “seçenekler arasından en uygun olanı seçme” olarak tanımlanmıştır. Hatta teorisinin formüller yardımıyla matematiksel şekle bürünüp bir sonuç vermesi mümkündür. Fakat atlanmaması gereken bir ayrıntı var ki o da seçenekler bize istediğimiz şekilde paketlenmiş bir halde sunulmamaktadır. Bunun yanında yönetim problemlerinde çoğunlukla belirsizliğin söz konusu olması, karar verici konumunda olan yöneticinin riskle karşı karşıya kaldığında farklı seçimler yapabilmesi ve seçeneklerin bireysel değil bir sistem yaklaşımıyla değerlendirilmesinin gerekliliği karar vermeyi daha da zorlaştırıp karmaşık hale getirmektedir.

Karar verme konusu otelcilik sektörü için değerlendirilirse karar vermek çok daha zordur. Çünkü bu sektördeki kararlar siyah veya beyaz olmaksızın, gri olabilmektedir. Bir olgunun meydana gelmesi gelecekte bir avantaj ya da dezavantaja dönüşebilmektedir. Her şey olayları yönlendirmeye bağlıdır. Örneğin otel oda fiyatında artış düşünülüyorsa, bunun neden olacağı sonuçlar önceden tahmin edilip buna göre stratejilerin üretilmesi gerekmektedir. Bu karar sonucunda satışlarda düşüşün olabileceği gibi, tam tersine yüksek fiyatlı ve kaliteli oteller arasında görülüp daha fazla satış yapılabilir.

Karar vermenin doğru zamanda gerçekleşmesi de çok önemlidir. Geç kalınmış kararın hiçbir katkısı olmadığı gibi bazı durumlarda zararı bile dokunabilir. Karar veren kişinin zaman baskısını hissettiği durumda karar vermekte zorlandığı ve yanlış kararlar verebildiği görülmüştür. Aynı zamanda karar verme o anlık gerçekleşen bir seçim olmayabilir, seçim sonrası gerçekleşmesi gereken bazı eylemleri de içermesi gerekebilir. Örneğin bir evi

boyama kararı verildiyse bu sürecin içine boya satın alma işleminin de dâhil edilmesi gerekebilir. Karar vermenin aslında tüm bu detayları kapsayacak bir plan dâhilinde sistematik yaklaşımla yürütülmesi gerekmektedir.

Saaty karar verme özelliklerini aşağıdaki gibi özetlemektedir.

- Yapılandırma basit olmalıdır.
- Hem gruplarda, hem bireysellerde uyumu yapılabilir olmalıdır.
- Anlaşma ve oy birliğine yönlendirici olmalıdır.
- Genel bakış ve öngörüler için doğal olmalıdır.
- Karar verme süreçleri ve ayrıntıları kolayca görülebilir olmalıdır.
- Konu bazında aşırı ayrıntıda uzlaşmayı ve iletişimi gerektirmemelidir.

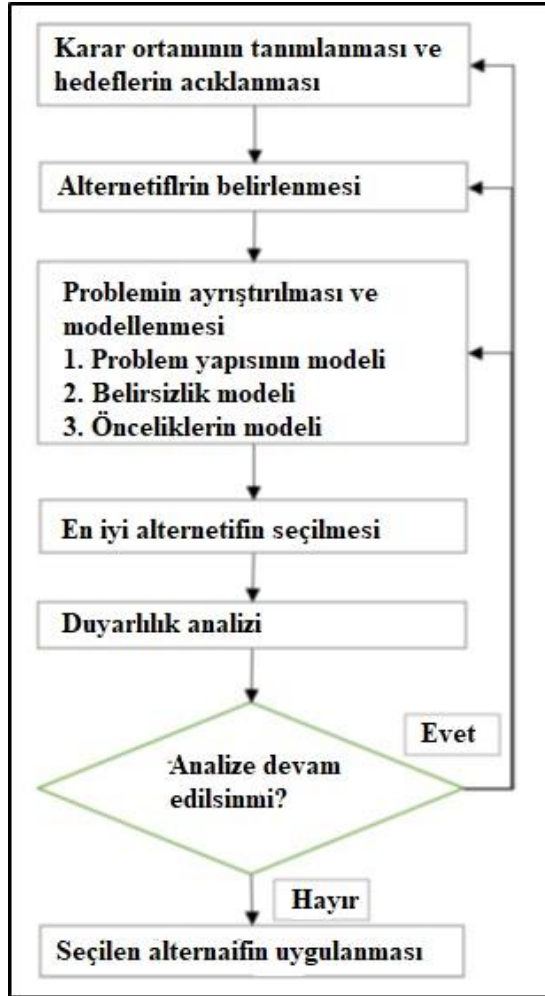
### **2.3.3. Karar verme türleri**

İşletmelerde yönetim ve organizasyon çalışmalarında verilen kararları, özelliklerine göre gruplandırmak mümkündür. Böyle bir gruplandırmanın en önemli yararları, hem değişik karar türlerinin sorunlarını daha net görebilmek, hem de daha farklı karar türlerinde ve teknik ve de yaklaşımların kullanılabilmesini görmektir. Karar analizi yapıp karar türü ve uygulanacak yöntem belirlendikten sonra yöneticinin sadece verilen adımları uygulaması gerekmektedir. Her adımda tekrar düşünüp bir çözüm keşfetmesi gerekmemektedir. Bu yöntemleri öğrenen yöneticiler, karar vermeleri gereken her durum için kullanma şansı yakalayacak, böylece vereceği kararları daha hızlı uygulama aşamasına taşıyabilecektir.

### **2.3 4. Karar süreci**

“Karar verme süreci hem belirli bir başlangıç noktası hem de bu başlangıç noktasından itibaren değişik iş faaliyetleri veya düşüncelerin birbirini izlediği ve de sonunda bir tercihin yapılmasıyla sonuçlanan bir işler topluluğudur.” Yani, yönetici karar vermekle sonucu açıklamış olmaktadır. Dolayısıyla karar konusunu incelemek için sonuç anlamına gelen “seçim” olgusunu incelemek yeterli olmayabilir. Bu nedenle karar verme bir süreç olarak görülmeli ve süreci içeren tüm unsurlar incelenmelidir. Karar verme süreci yaşamımızın vazgeçilmez bir parçasıdır ve bir birey en basitinden en karmaşığa kadar karşısına çıkan her

konuda karar verme sorunu ile karşılaşmaktadır Karar verme sürecindeki ilk ve en önemli adım, karar verme ortamının tanımlanması ve bu ortamda hangi hedeflere ulaşılması istendiğinin iyice anlaşılmasıdır. Bu yapılmadığı zaman problemin tam olarak tanımlanması oldukça zordur ve bu nedenle yanlış problemler üzerinde çalışarak yanlış kararlar verilebilmektedir. Şekil 2.1. 'de karar verme yöntemi gösterilmiştir [17].



Şekil 2.10. Karar verme süreci [17]

### 2.3.5. Analitik hiyerarşi süreci (AHP) ve analitik ağ süreci (ANP)

Thomas L. Saaty tarafından 70'li yıllarda ortaya atılmış, ÇKKV tekniği olan AHP birden fazla nicel ve nitel kritere sahip karmaşık problemleri çözmeye kullanılmaktadır yöntemde, probleme ilişkin önceden tanımlanan kriterler, karar verici tarafından göreceli önemlerine göre puanlanmaktadır. Daha sonra her iki kritere göre karar verme alternatifleri arasından seçim yapılmaktadır. Tekniğin kullanımı son derece kolaydır ve en önemli avantajı, sayısal

olarak belirlenebilecek objektif yargılar ile subjektif nitelikli yargılar bir arada değerlendirilmektedir. Bu teknik ayrı bir bölümde ele alınacaktır. ANP, AHP teorisinin bir uzantısı olarak geliştirilmiştir. ANP tekniğinde yapı hiyerarşi yerine birbirine bağlı olan kümeler şeklinde tasarlanmıştır. Birbirini etkileyen kümeler belirlendikten sonra süpermatris oluşturularak hesaplamalar yapılır. Kümeler birbirini etkileyebildikleri gibi kendi kendini de etkileyebilmektedir. Her kümenin önem derecesi ve ilişkili olduğu kümeyi etkileme oranı hesaplanır ve bir sonraki hesaplama için geri bildirim elde edilir. Böylece kümeler arasındaki sinerjiye bağlı olarak önemi daha ön plana çıkarabilmektedir [17,18].

Literatürdeki farklı kaynaklarda Analitik Ağ Süreci olarak da geçen Analitik Ağ Prosesi şu şekilde tanımlanmaktadır: Analitik ağ prosesi, faktörler arasındaki ilişkilerin dikkate alınmasının durumunu gerektiren ve karar problemlerinin modellenmesinde kullanılabilir, daha etkin ve kalıcı sonuçlara ulaşılmasını sağlayacak yöntemdir. ANP yönteminde, bir amaç ve hedefi etkileyen faktörler, birbirlerine olan etkilerine göre gruplandırılmakta ve amaca uygun bir ağ şeklinde model kurulmaktadır. ANP'nin AHP'ye göre farklılığı, aşağıdan yukarı doğru bir hiyerarşik bir yapı değil de etkileşimli (ağ biçiminde) bir hiyerarşik yapı kullanılmasıdır. Ayrıca AHP yönteminde karşılaşılan önemli bir sorun sıra değişimidir. Bu sıra değişimi; belli bir faktör kümesine göre seçilen alternatif önceliklerinin, yeni bir alternatif eklendiğinde veya çıkarıldığında değişmesidir. Bu sorun ANP yönteminde azaltılmıştır. ANP'nde hiyerarşi veya geri bildirim ağı kurulur ve değerlendirmeler yapılır. Kontrol elemanlarına göre ikili karşılaştırmalar yapılır ve oran skalası oluşturulur. Sonuç olarak değerlendirme ve puanlamalar ağ yapısı içinde sentezlenerek en iyi alternatif seçilir [20-24].

Analitik Ağ Süreci, Analitik Hiyerarşi süreci yönteminin uzantısıdır. Saaty tarafından geliştirilmiş çok ölçütlü karar verme metodudur. Bu Analitik Hiyerarşi süreci yöntemi karar verme problemlerini hiyerarşik yapıda ve tek yönlü olarak modellemekte ve de en iyi kararın verilmesinde etki eden faktörleri bir sistematik şekilde değerlendirerek, faktörlere ilişkin öncelik sıralamalarını belirlemektedir. Oysa ANP, karar vermede faktörler arasındaki ilişkilerin dikkate alınmasını sağlamak ve problemi tek bir yöne bağlı kalarak modelleme zorunluluğunu ortadan kaldırmaktadır. ANP yöntemi bu yapıyla karar verme sürecinde problemlerinin daha etkin ve gerçekçi bir şekilde analiz edilmesini sağlamaktadır [25,29].

### 3. DENEYSEL VE ANALİTİK ÇALIŞMALAR

#### 3.1. Deneylerde Kullanılan Malzeme ve Kullanım Alanları

AISI 1040 imalat çeliği motorlarda, otomotiv alanında, makine ve aparat yapımında, dişlilerde, millerde ve kalıp imalatında çok sık kullanıldığı için deneysel çalışmamızda tercih edilmiştir. İşlenebilirliği ve ısıl işlem kabiliyeti yüksek olduğu için AISI 1040 imalat çeliği endüstride sıklıkla kullanılmaktadır (Resim 3.1).



Resim 3.1. AISI 1040 imalat çeliği

Deneyde kullanılan AISI 1040 çeliğinin kimyasal kompozisyonu Çizelge 3.1. 'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Kimyasal kompozisyonu

Element	Yüzde (%)
Mn	0,6-0,9
C	0,37-0,44
Si	0,15-0,35
S	$\leq 0,05$
P	$\leq 0,04$

Çizelge 3.2. Fiziksel kompozisyonu

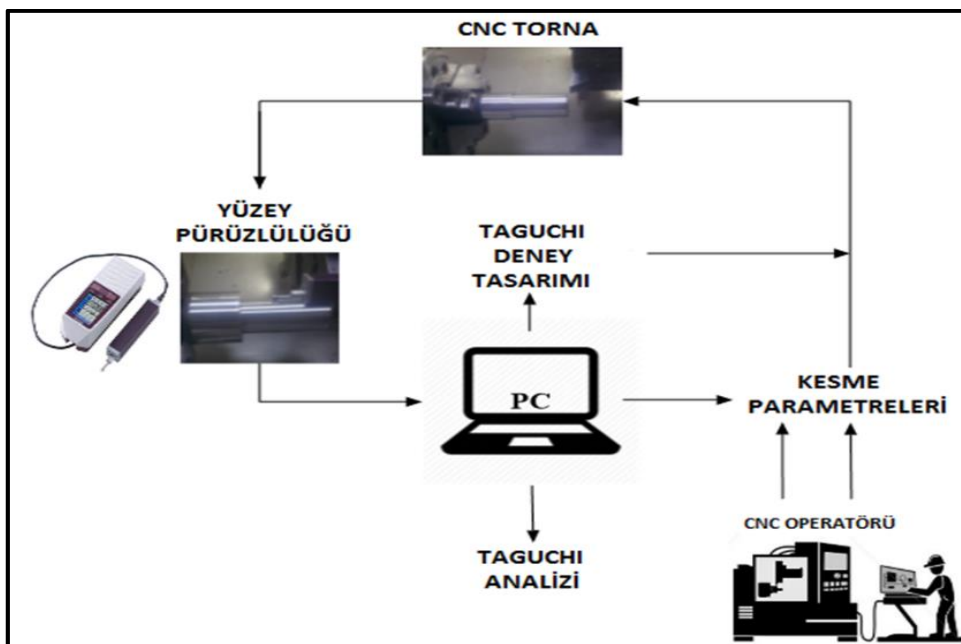
Çekme Mukavemeti (MPa)	Akma Mukavemeti (MPa)	Kesme Mukavemeti (MPa)	Elastiklik Modülü (MPa)	Yüzde Uzama (%)	Sertlik (HB)
600	361	410	190-210	25	190

### 3.2. Sertlik Değeri

Deney malzemesi, istenilen sertliğe ulaşması için öncelikle ısıtılma tabii tutulmuştur. Malzeme ısıtılma işlemde belirli bir süre yaklaşık 1000 C°de ısıtılıp hava ortamında soğutma işlemi yapılarak tavlama işlemi yapılmıştır. Malzeme tavlama işlemi için tekrar 800 C°ye ısıtılmıştır, sonrada yaklaşık olarak 1 saat su bulunan kaba bırakılarak soğutma işlemi yapılmıştır. Tavlama işleminden sonra elde edilen deney parçasının sertlik değeri ölçülmüş ve bu ölçüm BMS Digirock RSR sertlik ölçüm cihazında yapılmıştır. Sertlik değeri ortalama 41 HRC olarak ölçülmüştür.

### 3.3. Deney Tasarımı

Aşağıda gösterilen (Şekil 3.1.) şekilde deneyin tasarım süreci gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Deney tasarımı



### 3.4. Deneyde Kullanılan Tezgah

Deneysel çalışmamızda ACE Micromatic Designers LT-20C (Şekil 3.2.) marka CNC torna tezgâhı kullanılmıştır. Deneyler kuru kesme şartlarında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.2. ACE Micromatic Designers LT-20C tezgâh

### 3.5. Kesici Uç

SANDVIK marka DNMG 150608-PM 4325 TT8125 CVD Ti(C,N)+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+TiN kaplamalı karbür uç ve SANDVIK R.C. DDJNR 2525M-15 markalı tutucu kullanılmıştır (Şekil 3.3.).



Şekil 3.3. Kesici takım tutucusu

### 3.6. Kesme Parametreleri

Kesme parametreleri kesici uç kataloğundan ve firma yetkilisinin tavsiyeleri üzerine uygun olarak seçilmiştir (Şekil 3.4. ). Aşağıda (Çizelge 3.2.) gösterilmiştir.

(X) Üç farklı kesme hızı değeri ( $f_n$ )

(Y) Üç farklı kesme hızı değeri ( $V_c$ )

(Z) Üç farklı talaş derinliği değeri ( $a_p$ )

Çizelge 3.3. Kesme parametreleri

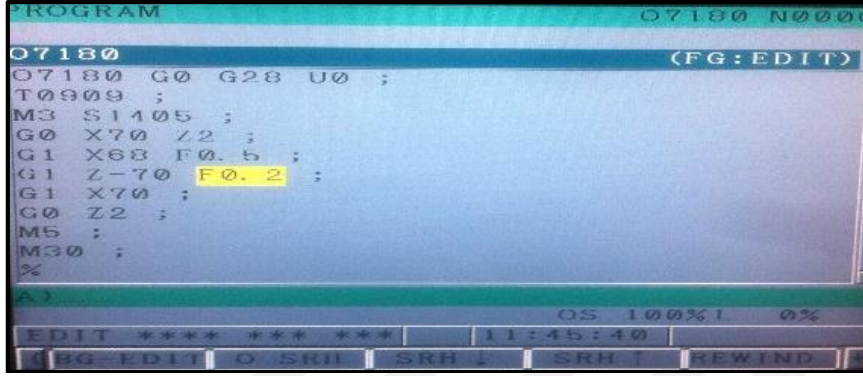
Sembol	Kesme parametreleri	Seviye		
		1	2	3
<b>X</b>	İlerleme (mm/dk)	0,2	0,3	0,4
<b>Y</b>	Kesme hızı (m/dk)	300	350	400
<b>Z</b>	Talaş derinliği (mm)	1	2	3



Şekil 3.4. Kesici uç katalog

### 3.7. Deneylerin Yapılışı

Deneyde kullanılacak olan AISI 1040 çeliğinden 9 adet 60X200 mm iş parçası kesilmiştir. İş parçaları CNC torna aynasının ayaklarına bağlanarak takım ayna güvenliği ve uygun ölçüm mesafesi dikkate alınarak iş parçasının 150 mm boyunu tufallanma dan dolayı 1 mm kadar talaş kaldırılmıştır. İşleme için CNC Torna tezgâhının programı hazırlanmıştır (Şekil 3.5.). Deney de ölçüm alınabilmesi için 80 mm kısmında işlem yapılmıştır.



Şekil 3.5. Fanuc programlama

Önceden hazırlanan Taguchi L9 Deney Tasarımı ile toplam 9 deney yapılmıştır. Deneyler üç tekrarlı olarak yapılmış ve aritmetik ortalaması alınmıştır. Her bir deney için farklı uç kenarı kullanılmıştır.

Deneylerde Taguchi Deney Tasarımı için MINITAB 14 ve grafikler için Microsoft Excell 2016 kullanılmıştır. Ölçümler offline ölçüm olarak yapılmıştır



Resim 3.2. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı

Ra değerleri işleme yapıldıktan sonra tezgâh durdurularak ölçüm yapılmıştır (Resim 3.7.). Ra değeri: temaslı alıştırma yüzeylelerinde, yatak yüzeylelerinde ve sürgülü yüzeylelerde dikkate alınan pürüzlülük kriteridir ölçümler yüzey ölçüm cihazıyla yapılmıştır (Resim 3.6.).



Resim 3.3. İř parçasının işlenmesi ve ölçüm alınması

Deneylemler sonucunda Çizelge 3.3. 'de elde edilmiştir.

Çizelge 3.4. L9 için ortogonal dizilim

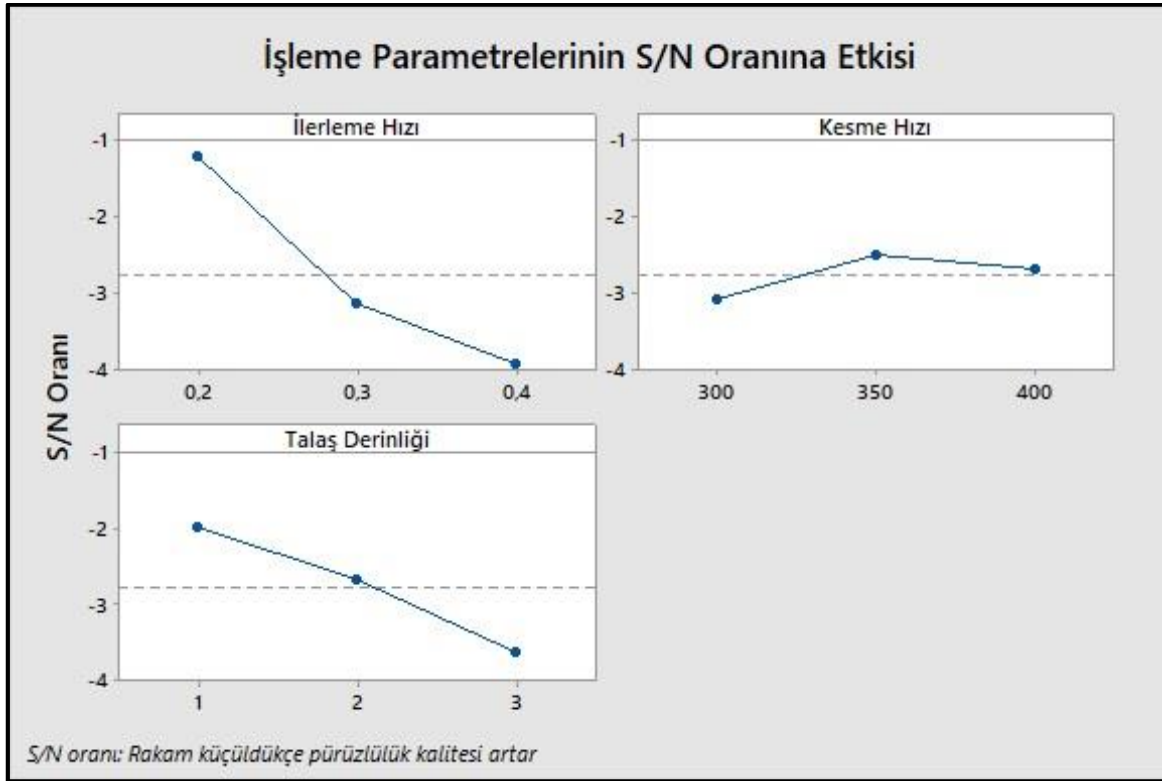
Deney no	X	Y	Z	Ra	S/N
1	0,2	300	1	0,984	-0,940
2	0,2	350	2	1,182	-1,452
3	0,2	400	3	1,306	-2,318
4	0,3	300	2	1,530	-3,693
5	0,3	350	3	1,385	-2,829
6	0,3	400	1	1,396	-2,897
7	0,4	300	3	1,940	-5,756
8	0,4	350	1	1,447	-3,209
9	0,4	400	2	1,392	-2,872

Bu çizelge sonucunda Taguchi yönteminde deneyde elde edilen sonuçların analizleri için temel kriter olan sinyal/gürültü (S/N) oranıdır. Yapılan bu çalışmada Taguchi yöntemine göre un uygun işleme parametreleri elde etmek için S/N oranının en yüksek değerine bakılmıştır. Bu sonuca göre, L9 ortogonal dizilimde Çizelge 3.3.'de en uygun değer kesme şartının Ra için -0,940 S/N oranı olarak bulunmuştur. 1-1-1 ortogonal dizilim, yani 300m/dk. kesme hızı değeri, 0,2 mm/dv ilerleme hızı değeri ve 1 mm talaş derinliğinde en iyi yüzey pürüzlülük kalitesi Ra değeri için en iyi değer kesme şartları elde edilmiştir. Taguchi yöntemi tasarımına göre Ra için MINITAB 14 programında elde edilen sonuçların seviye değerleri Çizelge 3.4 'de verilmiştir. Şekil 3.6' da, ve Çizelge 3.5. 'de verilen seviye değerlerinin grafiği gösterilmiştir. Bu şartlarda yapılacak pürüzlülük kalitesi deneylerinin optimum kesme şartlarının belirlenmesinde, belirtilen X, Y, Z faktörlerinin seviye değerlerine göre sonuç çıkarılır. Bu değerlere göre, Y faktörünün (kesme hızı değeri) ilk seviyesi, X faktörünün (ilerleme hızı değeri) ilk seviyesi ve Z faktörünün (talaş derinliğinin) ilk seviyesi yüksek olduğu Şekil 3.6. 'da ve Çizelge 3.5 'de görülmektedir. Bu sonuçlara göre bundan sonra yapılacak talaş kaldırma deneyleri için aynı şartlarda belirlenen optimum kesme şartları kesme hızı için 300 m/dk, İlerleme 0,2 mm/dev ve talaş derinliği 1 mm olacaktır. Çizelge 3.4 'de gösterilmiştir. Bu durumda sonuçlara bakılarak kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülük kalitesi sırası en önemli olarak ilerleme, ikinci önemli olarak talaş derinliği ve son önemli olarak kesme hızı olarak elde edilmiştir.

Çizelge 3.5. Ra Yüzey kalitesi için S/N cevap tablosu

Seviye	X	Y	Z
1	<b>-1,210</b>	<b>-3,103</b>	<b>-1,989</b>
2	<b>-3,140</b>	<b>-2,497</b>	<b>-2,673</b>
3	<b>-3,946</b>	<b>-2,696</b>	<b>-3,635</b>
Ayırım	<b>2,736</b>	<b>0,606</b>	<b>1,646</b>
Sıralama	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>2</b>

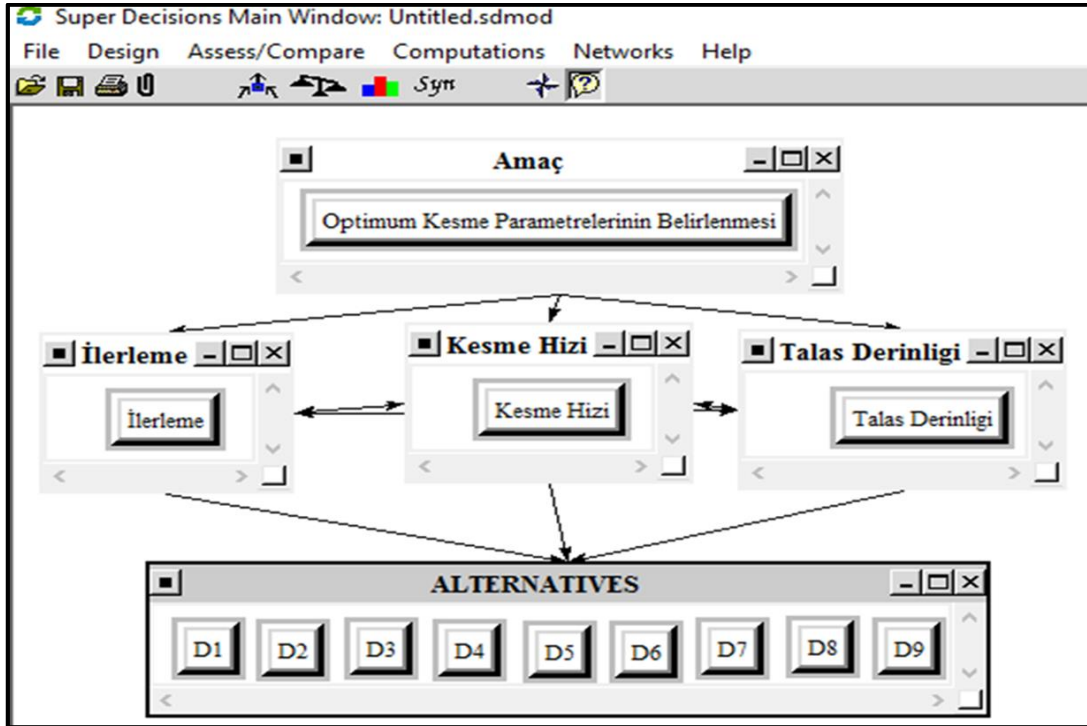
Kesme parametrelerinin anlamlılık oranı, cevap tablosunda 1. ilerleme, 2. talaş derinliği ve 3. kesme hızı olmuştur.



Şekil 3.6. Kesme kuvvetleri

Şekil 3.6. 'da Ra' nın en küçük ve de en iyi S/N oranına göre X, Y, Z faktör seviyelerinin grafiği şekilden de anlaşıldığı üzere, S/N oranı sifira en yakın, Kesme hızı değerinde birinci seviye olan 300 m/dk, İlerleme hızı değerinde 1. seviye olan 0,2 mm/dev., Talaş derinliğinde de 1. seviye olan 1 mm değerleri en uygun seviyeler olarak çıkmıştır. (1 numaralı deney)

Taguchi yönteminden sonuçlar bulunduktan sonra aynı değerleri ÇKKV yöntemlerinden ANP yönteminde analiz edilmiş ve analiz sonuçları bulunmuştur. Analitik Ağ Süreci Yöntemi karar verme sürecinde birçok değişik kriteri dikkate alarak, en iyi seçeneğin belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Karar kriterleri arasındaki ilişkileri de göz önüne alan ve karar verme sürecinde probleme bir yöne bağlı kalarak modelleme zorunluluğunu ortadan kaldırarak, ÇKKV yaklaşımlarından biri olan ANP yöntemi bu tür problemlerde kullanılabilen iyi bir yöntemdir. Kriterler ve alt kriterler belirlendikten sonra, da kriterler arasındaki etkileşimler analiz edilmiştir ve birbirini etkileyen kriterler belirlenmiştir ve Super Decisions 1.6.0 programı kullanarak bu kriterler arası bağlar, içsel ve dışsal bağımlılıklar ve de geri bildirimler yapılarak Şekil 3.7. 'de ağ yapısı oluşturulmuştur.



Şekil 3.7. Yüzey pürüzlülük kalitesi ağ yapısı

Verilerin Super Decisions programında analizi yapılarak sırasıyla ağırlıklandırılmamış, ağırlıklandırılmış süper matris ve limit matrisleri elde edilmiştir. Daha sonra da süper decisions programındaki sonuç ekranından, tasarımda yer alan daha önceden belirlemiş olduğumuz kriterlerin öncelik değerleri hakkında bilgi elde edilmiştir. Çizelge 3.6. 'da yer alan bu kriterlere ilişkin öncelik değerleri bilgisine baktığımızda, en iyi işleme parametreleri modeli için, en önemli ilerleme hızı değeri kriteri olduğu görülmektedir. Diğer önemli kriterlere baktığımızda talaş derinliği, kesme hızı olduğu görülmektedir.

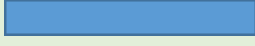

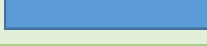





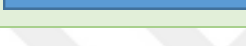
Çizelge 3.6. Yüzey pürüzlülük kalitesi seçiminde öncelik değerleri

Deney No	Grafik	Normal Kümelenme	Normal
İlerleme		1,000000	0,276923
Kesme Hızı		1,000000	0,173077
Talaş Derinliği		1,000000	0,242308
D1		0,12405	0,038168
D2		0,11133	0,034256
D3		0,10647	0,032761
D4		0,10933	0,033639
D5		0,10383	0,031948
D6		0,11082	0,034100
D7		0,11394	0,035058
D8		0,10884	0,033489
D9		0,11139	0,342742

Çizelge 3.6.'da yer alan kriterlere ilişkin öncelik değerleri bilgisi incelendiği zaman, Yüzey kalitesi secimi için incelediğimizde ise en önemli kriterin 0,276923 öncelik değeri ile “ilerleme hızı değeri” kriteri olduğu görülmektedir. Bir başka önemli kriterleri incelediğimizde; Talaş derinliği. Ayrıca, öncelik değerlerine bakıldığında en düşük önceliğe sahip kriterin “kesme hızı değeri” olduğu tespit edilmiştir. Hesaplanan kriter ağırlıklarından yola çıkılarak, alternatif yüzey kalitesi seçimine ilişkin öncelik değerleri ve sıralaması Çizelge 3.7.'de yer almaktadır. Öncelik değerleri ve tercih sıralaması baktığımızda, aşağıdaki gibi tercih sıralamasının olduğu görülmektedir.



Çizelge 3.7. Yüzey pürüzlülük kalitesi seçiminde alternatif öncelik değerleri

Deney No	Grafik	İdelal	Normal
D1		1,000000	0,124046
D2		0,897517	0,111333
D3		0,858338	0,106472
D4		0,881353	0,109328
D5		0,837026	0,103829
D6		0,893419	0,110825
D7		0,918520	0,113938
D8		0,877410	0,108839
D9		0,897969	0,111389

Çizelge 3.7.'de görüldüğü gibi, “D1” Yüzey kalitesi secimi % 12,40 öncelik değeriyle alternatif Yüzey kalitesi secimi arasında ilk sırada yer almaktadır. Diğer Yüzey kalitesi secimi, “D7” % 11,39 öncelik değeri ile ikinci ve değeri ile devam etmektedir. Öncelik değerlerine bakıldığında “D1”, “D7”, “D9” “D2”, “D6”, “D4” “D8”, “D3” ve “D5” sıralaması karşımıza çıkmaktadır. Bu sıralamaya göre alternatif Yüzey kalitesi seçimleri arasından “D1” Yüzey kalitesi secimi tasarımda yer alan kriterlere göre seçilmesi daha uygun olacaktır.

## 4. SONUÇLAR

Literatürlerde yapılan bu tür çalışmaları da dikkate alarak yapmış olduğumuz deney çalışması sonuçlarının daha kabul edilebilir parametrelerde olmasına yardımcı olacağı ve en iyi ve en uygun optimal değerlere kısa zamanda ulaşılacağı zaman, maliyet ve kaliteden kazanımların olacağı düşünülerek Taguchi metodu ve ANP yöntemleri kullanılmıştır. Taguchi metodu ile L9 orthogonal deney tasarımında 27 deney yapmak yerine 9 deney yapılarak kısa zaman yapılan bu çalışmanın deney sonuçları elde edilmiş ve optimum değerlere ulaşılmıştır. Bu çalışmada, CNC tornada işlemiş olduğumuz iş parçasının işleme sonucunda oluşan ortalama pürüzlülük kalite değerleri (Ra) deneyler yapılarak ölçülmüştür. Kesme parametreleri olarak; kesme hızı değeri, ilerleme hızı değeri ve talaş derinliğinin 3 farklı seviyede ele alınan faktörlerin Taguchi yöntemi ve ÇKKV Yöntemlerinden ANP ile analiz edilerek etkinlik sırası belirlenmiştir. Deneysel sonuçların yorumlanmasında elde edilen sonuçlar Taguchi ve ANP sonucundan çıkan değerler birbiri ile paralellik göstermiştir.

Bu deney ve yöntemlerin sonuçlarına göre;

Taguchi yöntemi ne göre: Yapılan deneyde en düşük yüzey pürüzlülüğü 1-1-1 ortogonal dizilimde yani 300 m/dk kesme hızı değeri, 0,2 mm/dev ilerleme hızı değeri ve 1 mm talaş derinliği olduğu deney sonucunda görülmüştür. Kesme parametrelerinin anlamlılık sırası ilerleme hızı değeri, talaş derinliği ve kesme hızı değeri şeklinde görülmüştür. En etkin parametrenin ilerleme hızı değeri olduğu incelenmiştir. Yer alan bu kriterlere ilişkin öncelik değerlerine baktığımızda, en iyi işleme parametreleri modeli için, en önemli ilerleme hızı değeri kriteri olduğu görülmektedir. Diğer önemli kriterlere baktığımızda talaş derinliği, kesme hızı değeri olduğu görülmektedir.

ANP yöntemine göre: Deney sonucu verilerinin super decisions programında analizi yapılarak sırasıyla ağırlıklandırılmamış, ağırlıklandırılmış süper matris ile limit matris değerleri elde edilmiştir. Daha sonra da süper decisions programındaki sonuç ekranından, tasarımda yer alan daha önceden belirlemiş olduğumuz kriterlerin öncelik değerleri hakkında bilgi elde edilmiştir. Deneyde seçilen kriterlere ilişkin öncelik değerleri bilgisi incelendiği

zaman, Yüzey kalitesi secimi için en önemli kriterin 0,276923 öncelik değeri ile “ilerleme hızı değeri” kriteri, 0,242308 değeri ile ‘talaş derinliği’ kriteri, 0,173077 değeri ile “kesme hızı değeri” olduğu görülmektedir. Yapılan bu inceleme sonucuna görede öncelik değeri “ilerleme hızı değeri” Bir başka önemli kriterleri incelediğimizde; Talaş derinliği. Ayrıca, öncelik değerlerine bakıldığında en düşük önceliğe sahip kriterin “kesme hızı değeri” olduğu tespit edilmiştir.

Günümüz teknoloji ve inovasyon çağı olduğundan dolayı en iyi ürünü en düşük maliyetle, en iyi zamanda üretmek ve üretilen ürünün en iyi kalitede olması istenmektedir ve üretilen ürünlerin en kısa yoldan müşterilerine sunmaktır. Bu ürünlerin üretimlerinin yanı sıra diğer üreticilerle rekabet etmesi de gerekmektedir. Bu sürecin en iyi şekilde gerçekleşmesi için elde edilen verilerin özenli derlenmesi, incelenmesi, analiz edilmesi, çözümlenmesi ve yorumlanmasıyla elde edileceği kabul edilir. Üretilen ürünlerin hem ekonomik olması hem de kaliteli olması için doğru seçim yapılmalıdır. Bu seçimleri de yapabilmek için bazı deney ve karar verme yöntemlerinden faydalanılmalıdır. Bu yöntemler sayesinde en iyi parametrelerden ilerleme hızı değeri, kesme hızı değeri ve talaş derinliğine bağlı olarak hangi parametrenin daha uygun ve daha kaliteli yüzey oluşmasını sağladığını çıkan sonuçların hangisinin en iyi olduğuna karar verilmelidir.

## KAYNAKLAR

1. Gök, A. (2013). *Kalıp Unsurlarının İmalatında DINI.2344 (ISO4957) Çeliğinin İşlenebilirliğinin Belirlenmesi* (Doktora Tezi, Karabük Üniversitesi 2013). 1-20.
2. Can, A. (2003). *AISI 5140 Çeliğinin Sermet, PVD ile TİAIN - CVD ile TİN Kaplanmış Kesici Uçlarla Tornalamasında Kesme Değişkenleri, Kaplama Cinsi ve Takım Aşınmasının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin Deneysel İncelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi 2003). 1-20.
3. Güllü, A. (1995). *Silindirik Taşlamada İstenen Yüzey Pürüzlüğünü Elde Etmek İçin Taşlama Parametrelerinin Bilgisayar Yardımıyla Optimizasyonu* (Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi 1995). 5-15.
4. Gökkaya, H., Sur, G. ve Dilipak, H. (2004) PVD ve CVD Kaplamalı Sementit Karbür Kesici Takımların İşleme Parametrelerine Bağlı Olarak Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi. *Z.K.Ü. Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Teknoloji Dergisi*, 7 (3): 473-478.
5. Altınkaya, E. ve Güllü, A. (2008) AISI 316 Östenitik Paslanmaz Çeliğin İşlenmesinde Talaş Kırıcı Formunun Takım Aşınmasına ve Yüzey Pürüzlülüğüne. Etkisi *Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Politeknik Dergisi*, 11 (1) 13-17.
6. Aslantaş, K. (2003) TİN Kaplanmış Kesici Takımlarda Gerilme Analizi ve Takım Talaş Ara Yüzeyindeki Sürtünme Katsayısının Etkisi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9 (2): 185-190.
7. İnternet: Balıkesir Üniversitesi . Yüzey pürüzlülüğü .URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fw3.balikesir.edu.tr%2F%7Eay%2Flectures%2Fot%2Fyuzey.puruzlulugu.pdf&date=2018-06-27> Son Erişim Tarihi:27.06.2018.
8. Habalı, K., Gökkaya, H. ve Sert, H. (2006) Kesici Takım Kaplama Malzemesi ve Kesme Parametrelerinin AISI 1040 Çeliğinin İşlenmesinde Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi. *Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Politeknik Dergisi*, 9 (1): 35-38.
9. Tütünsatar, E. (2010) *Mikro Frezeleme İşleminde Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğü Üzerindeki Etkisinin Araştırılması* (Yüksek lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi 2010). 57-60.
10. Duran, A. ve Acır, A. (2004) HSS Torna Kalemindeki Talaş Açısının Kesme Kuvvetlerine Etkisi. *Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Politeknik Dergisi*, 7 (3): 211-215.
11. Özlü, B., Demir, H. ve Nas, E. (2014) CNC Tornalama İşleminde Yüzey Pürüzlülüğü Ve Kesme Kuvvetlerine Etki Eden Parametrelerin Matematiksel Olarak Modellenmesi. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 3 (2): 75-86.

12. Gürbüz, H.,Kafkas, F.ve Şeker, U. (2011) Kesici Takıma Farklı Yöntemle Uygulanmış Kaplamaların Kesme Kuvvetleri ve Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin Deneysel Olarak Araştırılması. *International Advanced Technologies Symposium*, 27-32.
13. Kuş, A.ve Motorcu, A. (2017) Nikel Esaslı Waspaloy Alaşımının Tel Erozyon Yöntemiyle İşlenmesinde Taguchi Metodu ile Yüzey Pürüzlülüğü İçin Optimum Kesme Parametrelerinin Tahmini. *Journal Of The Faculty Of Engineering & Architecture Of Gazi University*, 32(1), 217-226
14. Kayır, Y.,Aslan, S.ve Aytürk, A. (2013) AISI 316Ti Paslanmaz Çeliğin Tornalanmasında Kesici Uç Etkisinin Taguchi Yöntemi İle Analizi. *Journal Of The Faculty Of Engineering & Architecture Of Gazi University*, 28(2), 363-371.
15. Turan, A. (2014) *AISI 1040 Çeliğinin Tornalanmasında Kesme Kuvvetlerinin ve Titreşimlerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi* (Yüksek lisans Tezi, Dicle Üniversitesi 2014). 50-90.
16. Çakmak, S. (2015) *AISI 4140 Çeliğinin İşlenmesinde Kesici Uç Geometrisinin Talaş Kırmaya ve Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi* (Yüksek lisans Tezi, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 2015). 13-45.
17. Ünal, Z. (2015) *Tedarikçi Seçiminde Bulanık AHP Ve Taguchi Kayıp Fonksiyonunun Kullanımı: Bir Otel İşletmesinde Uygulama* (Yüksek lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü 2015). 3-79 .
18. Güneş, S. (2015) *Honlama Prosesinde Yüzey Kalitesini Etkileyen Parametrelerin Taguchi Metodu İle Optimizasyonu* (Yüksek lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 2015). 3-135.
19. Sarpkaya, Ç. (2014) *Taguchi Metoduna Dayalı Gri İlişkiler Analizi İle Haşıl Prosesinin Optimizasyonu* (Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 50-119.
20. Çalışkan, O. (2014) *Tornalamada Talaş Kaldırma Parametrelerinin Takım Ömrüne Etkilerinin Taguchi Yaklaşımıyla İncelenmesi* (Yüksek lisans Tezi, Yıldız teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 2014). 12-60.
21. Sarı, T. (2014) *Taguchi Analitik Ağ Prosesi (ANP) ve Topsis Yöntemleri İle Bütünleşik Tedarikçi Secimi* (Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü 2014).50-120.
22. Kara, V. (2014) *Taguchi Metodu Yardımıyla GS 24Mn5 N Malzemenin Frezeleme Operasyonunda İşleme Parametrelerinin Yüzey Kalitesine Etkisinin Optimizasyonu* (Yüksek lisans Tezi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 2014). 1-42 (2014).
23. Yücel, E. (2014) *Yüksek Alaşımlı Beyz Dökme Demirlerin (Ni-HARD) İşlenebilirlik Parametrelerinin Taguchi Yöntemi İle Optimizasyonu* (Yüksek lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 2014). 60-72 (2014).

24. Demirer, B. (2014) *Çok Kriterli Karar Verme Sürecinde Dinamik Programla Uygulamaları* (Yüksek lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü 2014).1-70.
25. Aksakal, E.ve Dağdeviren, M. (2010) ANP ve Dematel Yöntemleri İle Personel Secimi Problemine Bütünleşik Bir Yaklaşım. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 25(4).
26. Can, İ. (2006) *Çok Kriterli Karar Verme Süreci İçin Bir Karar Destek Sistemi Geliştirilmesi ve Savunma Sanayinde Uygulaması* (Yüksek lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü 2006). 20-25.
27. Ömürberk, N.ve Tunca, M. Z. (2013) Analitik Hiyerarşi Süreci ve Analitik Ağ Süreci Yöntemlerinde Grup Kararı Verilmesi Aşamasına İlişkin Bir Örnek Uygulama. *Suleyman Demirel University Journal Of Faculty Of Economics & Administrative Sciences*, 18(3), 47-70.
28. Çakın, E.ve Özdemir, A. (2013) Tedarikçi Seçim Kararında Analitik Ağ Süreci (ANP) ve Electre Yöntemlerinin Kullanılması Ve Bir Uygulama. *Journal Of Economics & Administrative Sciences / Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 15(2), 339-364
29. Aydın, Z. (2015) *Koceli Körfezinde Deniz Yolu Yolcu Taşımacılığının AHP ve ANP Yöntemleri Kullanılarak Değerlendirilmesi* (Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 2015). 80-137.

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : GÜVERCİN, Salih  
 Uyuşu : T.C.  
 Doğum tarihi ve yeri : 20.05.1980 Kahramanmaraş  
 Medeni hali : Evli  
 e-mail : salih.guvercin@hotmail.com

Eğitim/Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Amasya Üniversitesi Teknoloji ve İnovasyon Yönetimi	
Lisans	Gazi Üniversitesi Makine Eğitimi Öğretmenliği	2006
Lise	Endüstri Meslek Lisesi	1999

**Yabancı Dil : İngilizce**

### Yayınlar

1. Güvercin, S. ve Gök, A. (2017) Determination Of Optimum Surface Processing Parameters By Anp And Taguchi Methods, Sözlü Sunum, 8th International Advanced Technologies Symposium. 19-22 Ekim 2017.
2. Yıldız, A. ve Güvercin, S. (2016) Hafif Tane Ayırma Makinesindeki Üretim Hatalarının Hata Türü Ve Etkileri Analizi İle Belirlenmesi., Sözlü Sunum, 17th International Symposium On Econometrics, Operations Research And Statistics. 02-04 Haziran 2016.
3. Bakırcıoğlu, B., Hartomacıoğlu, S., Yüksel, S., Yazman, S., Güvercin, S. ve Duran, A (2017) Selection Of Optimal Cutting Experimental Conditions Of Turning Operations By Usign Satisfaction Function And Distance Based Multi-criteria Decision Making Method., Sözlü Sunum, International Scientific Conference Of Mathematical Modeling. 13-16 Aralık 2017.
4. Yıldız, A., Güvercin, S. ve Bakırcıoğlu, B. (2017) Advantages / Disadvantages Of Nontraditional Manufacturing Methods According To Traditional Manufacturing Method, Sözlü Sunum, 8th International Advanced Technologies Symposium. 19-22 Ekim 2017.

5. Yaka, M., Ugur, L., Yaka, H. ve Güvercin, S. (2017) Optimization Of Cutting Parameters To Obtain Optimum Surface Roughness Inturning., Sözlü Sunum, 8th International Advanced Technologies Symposium. 19-22 Ekim 2017.
6. Yıldız, A., Akgül, S. ve Güvercin, S. (2017) Alısveris Merkezi Kurulus Yeri Seçiminde Analitik Ağ Prosesi (anp) Yönteminin Kullanılması., Sözlü Sunum, Uluslararası Mühendislik Araştırmaları Sempozyum Program. 11-13 Eylül 2017.
7. Yıldız, A., Akgül, S. ve Güvercin, S. (2017) Sanayide Enerji Verimliliği Ve Uygulamaları, Sözlü Sunum, Uluslararası Mühendislik Araştırmaları Sempozyumu. 11-13 Eylül 2017.
8. Kursun, B., Kurt, U., Güvercin, S., Ökten, K., Akül, S. ve Yıldız, A. (2016) An Application For The Failure Mode And Effectsanalysis Integrated With The Grey Relationalanalysis, trakya üniversitesi mühendislik bilimleri dergisi. 2016, 17(2),1-10., 17, 2, 1-110.
9. Güvercin, S., Yıldız, A. (20188). Optimization Of Cutting Parameters Using The Response Surface Method. Sigma, 2018, 36.1: 113-121.
10. Yıldız, A. ve Güvercin, S. (2018) Tel Erozyon Yönteminde Malzeme Kaldırma Oranı Ve Yüzey Pürüzlülüğünün En İyi İyilemesi İçin İşleme Parametrelerinin Optimizasyonu. Sözlü sunum: 2nd Engineers of Future International Student Symposium (EFIS) which will be organized by Bülent Ecevit University Engineering Faculty in Zonguldak between.7 - 9 June 2018.
11. Kara, S., Yıldız, A. ve Güvercin, S. (2018) Vıkor Yöntemi İle Tedarikçilerin Değerlendirilmesi Sözlü sunum: 2nd Engineers of Future International Student Symposium (EFIS) which will be organized by Bülent Ecevit University Engineering Faculty in Zonguldak between .7 - 9 June 2018.

### **Hobiler**

Tenis oynamak, Bilgisayar teknolojileri, Basketbol oynamak, Kitap okumak, Seyahat