

**FREZELEME İŞLEMLERİNDE TAKIM  
ÖMRÜNÜN AKUSTİK EMİSYON SİNYALLERİ  
İLE AKILLI YÖNTEMLER KULLANILARAK  
BELİRLENMESİ**

**Emre HAMAMCI**

**Yüksek Lisans Tezi  
MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİM DALI  
ISPARTA 2004**

**T.C.**  
**SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FREZELEME İŞLEMLERİNDE TAKIM ÖMRÜNÜN AKUSTİK EMİSYON  
SİNYALLERİ İLE AKILLI YÖNTEMLER KULLANILARAK  
BELİRLENMESİ**

**Emre HAMAMCI**

**Danışman:**

**Prof. Dr. A.Kemal YAKUT**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**

**Isparta 2004**

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne

Bu çalışma jürimiz tarafından MAKİNA EĞİTİMİ ANABİLİM DALI'nda  
YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof.Dr.A.Kemal YAKUT  
: .....

Üye : Doç.Dr.Abdullah ÖZSOY  
: .....

Üye : Yrd.Doç.Dr.M.Cengiz KAYACAN  
: .....

ONAY

Bu tez ...../...../ 2005 tarihinde Enstitü Yönetim kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri  
üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

...../...../ 2005

Prof. Dr. Remzi KARAGÜZEL  
Enstitü Müdürü

**İÇİNDEKİLER**

	<b>Sayfa</b>
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET .....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
TABLolar DİZİNİ.....	x
1.GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK BİLGİSİ .....	3
3. TALAŞ KALDIRMA İŞLEMİ.....	11
3.1. Talaş Kaldırmayı Etkileyen Faktörler .....	12
3.2. Takım Ömrü.....	13
3.3. Kesici Takımlar .....	17
3.3.1. Kesici Takım Seçimi .....	17
3.3.1.1. Uç Tespit Sistemi .....	18
3.3.1.2. Tutucunun Boyutu ve Tipi .....	18
3.3.1.3. Uç Şekilleri.....	19
3.3.1.4. Uç Büyüklüğü .....	19
3.3.1.5. Köşe Yarıçapı.....	21
3.3.1.6. Uç Tipleri .....	21
3.3.1.7. Takım Malzemesi.....	23
3.3.1.8. Kesme Parametreleri.....	25
3.4. Kesme Kuvvetleri.....	25
4. YAPAY ZEKA UYGULAMALARI.....	34
4.1. Yapay Sinir Ağları .....	36
4.1.1. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı.....	37
4.1.2. Yapay Sinir Ağlarının Çalışma Şekli.....	39
4.1.2.1. Eğitim.....	39
4.1.2.2. Kullanma.....	40
4.1.3. Öğrenme Kuralları.....	40

4.1.4. İleri Besleme, Geriye Doğru Yayılımlı Ağlar (Feedforward, Back-Propagation Network).....	41
4.1.5. Yapay Sinir Ağlarının Uygulama Alanları.....	44
4.2. Evrimsel Programlama.....	45
5. SİNYAL İŞLEME.....	48
5.1. Sayısal İşaret İşleyiciler.....	50
5.1.1. İşaret (Sinyal) İşleme Yöntemleri.....	50
5.1.1.1. Sembolik SSİ.....	50
5.1.1.2. Gerçek-Zamanlı SSİ.....	51
5.1.1.3. Programlanabilir SSİ.....	52
5.1.2. Gerçek Zamanlı Olmayan SSİ.....	53
5.1.3. SSİ Kullanımı.....	53
5.1.3.1. Tipik Bir SSİ Sisteminin Yapısı.....	54
5.2. Sayısal İşaret İşlemenin Üstünlükleri.....	54
5.3. Matlab.....	55
6. MATERYAL ve METOT.....	57
6.1. Kullanılan Materyaller ve Deney Düzenegi.....	57
6.1.1. Deneylerde Kullanılan Materyaller.....	57
6.1.1.1. CNC Dik İşleme Merkezi (Freze Tezgahı).....	57
6.1.1.2. İş Parçası.....	58
6.1.1.3. Kesici Takım (Tutucu + Kesici Uç).....	60
6.1.1.4. Algılayıcılar.....	61
6.1.1.5. Veri Toplama Kartı ve Yazılım.....	63
6.1.1.6. Mikroskop.....	66
6.2. Metot.....	66
6.2.1. Verilerin Yapay Sinir Ağlarında Modellenmesi.....	70
6.2.2. Verilerin Evrimsel Programlama Metodu ile Modellenmesi.....	72
7. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	75
7.1. Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Elde Edilen Takım Ömrü Tahmini.....	96
7.2. Evrimsel Programlama Yöntemi ile Elde Edilen Takım Ömrü Tahmini.....	98
8. SONUÇ.....	104
9. KAYNAKLAR.....	106

ÖZGEÇMİŞ ..... 110

## ÖZET

Talaşlı imalatta en büyük giderlerden birisi kesici uç sarfiyatıdır. Bu sarfiyat öyle boyutlara çıkmaktadır ki önlem alınmadığı takdirde işletmeyi ağır sektelere uğratabilecektir. Kesici takım ömrü veya kullanım süresi talaşlı imalatın vazgeçilemez unsurlarından olmuştur ve araştırmacılar çalışmalarını kesici takımlar ve kesici takım ömrü konularında yoğunlaştırmışlardır. Çalışmalar ekonomik takım ömrü ve en az takım maliyeti üzerinde devam etmektedir

Bu çalışmada, frezeleme işlemlerinde ses ve titreşim sinyalleri akıllı yöntemlerde modellenmesi ile takım ömrü tahmini çalışılmıştır.

Yapılan deneysel çalışmada, freze tezgahına bağlanan iş parçası değişik parametrelerde işlenmiştir. İşleme sırasında iş parçasına bağlanan ses ve titreşim algılayıcıları yardımıyla elde edilen sinyaller veri toplama kartı ile bilgisayarda toplanmıştır. İşlenmemiş sinyaller matlab programı yardımıyla değerlendirilmiş, gerekli çalışmalar ve düzenlemeler yapıldıktan sonra yapay sinir ağlarında ve evrimsel programlama yöntemlerinde modeller kurulmuştur.

Kurulan modeller sonrasında ekonomik takım ömrü tahmini yapılmış ve denklemler kurulmuştur. Bu tahmin yapay sinir ağlarında net sonuç vermiş ve evrimsel programlama tekniğinde %92' ye varan sonuçlara ulaşılmıştır. Sonuçlar grafiksel olarak sunulmuştur.

**ANAHTAR KELİMELELER:** Talaşlı imalat, takım ömrü, dijital sinyal işleme, yapay zeka uygulamaları

## ABSTRACT

The most important cost in machining is tool wear. This cost can go astronomic measures if some important actions don't count to the account. One of the important measures is life time of the cutting edges. For that reason researchers are focusing most tool life and less tool wear cost.

In this research, estimation of the tool life has been studied in machining and smart acoustic vibration method has been used.

In the experimental work, work piece material in the machine tool has been studied for different cutting parameters. Voice recording and vibration sensor has been employed for the real time data recording through data acquazition card to a computer during the experiment. Real data has been modeled and processed in matlab environment using neural network and genetic programming methods.

Estimation of the tool life has been studied using models. Estimations end up with clear solution using neural network and genetic programming, which yields %92 of accuracy

**KEYWORDS:** Machining, Signal Processing, Artificial Intelligence Applications



## TEŞEKKÜR

Bu çalışma sırasında yardımlarını esirgemeyen, yol gösteren bölüm başkanım ve danışmanı Sayın Prof. Dr. Ali Kemal YAKUT'a sonsuz şükranlarımı sunarım. Tez çalışmamın en başından itibaren engin bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan ve bana her konuda destek veren değerli hocam ve CAD/CAM Araştırma ve Uygulama Merkezi Müdürü Sayın Yrd. Doç. Dr. M. Cengiz KAYACAN' a sonsuz teşekkür ederim. Bana çalışmalarım esnasında yardımlarını esirgemeyen Sayın Uzman Oğuz Çolak' a, Arş. Gör. Ufuk BEKÇİ'ye ve manevi desteklerini hep üzerimde hissettiğim çalışma arkadaşlarım ve aileme teşekkürlerimi sunarım.

Emre Hamamcı

28.12.2004

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

T	Kesici Takım Ömrü (dak.)
V	Kesme Hızı (m/dak.)
t	Talaş Derinliği (mm)
f <sub>s</sub>	İlerleme Oranı (mm/dak.)
KA <sub>hep</sub>	Kesme Açılarının tümü
V <sub>i</sub>	Titreşim durumu
Ss	Soğutma sıvısı
TMÇ	Takım-İş Parçası Malzeme Çifti
r	Takım Burun Yarıçapı
k, m, p	Takım malzemesine bağlı sabitler
C	Takım ve parça malzemesine bağlı olan 1 dakikalık ömre karşılık gelen kesme hızı
H	Kaldırılan talaş hacmi (mm <sup>3</sup> )
F <sub>t</sub>	Teğetsel kuvvet
F <sub>r</sub>	Radyal kuvvet
F <sub>a</sub>	Eksenel kuvvet
h <sub>1</sub>	Deforme olmamış talaş kalınlığı
kc	Özgül kesme kuvveti (N/mm <sup>2</sup> )
K	Takım giriş açısı
γ	Talaş açısı
F	Kesme Kuvveti

**ŞEKİLLER DİZİNİ**

	<b>Sayfa</b>
Şekil 3.1. Tungsten esaslı karbür takım malzemesi için kesme hızına bağlı aşınma çeşitleri.....	14
Şekil 3.2. Kesme ve takım ömrü ilişkisi (a) lineer ilişki (b) logaritmik ilişki.....	16
Şekil 3.3. Uç şekli, mukavemet, erişim, güç ve titreşim ilişkisi.....	19
Şekil 3.4. Etkili kesici kenar uzunlukları .....	20
Şekil 3.5. Kesici kenar üzerinde basma gerilmesi ve kuvvetler .....	27
Şekil 3.6. Kesme kuvvetlerinin bileşenleri .....	27
Şekil 3.7. Kesme kuvveti/kesme hızı .....	27
Şekil 3.8. Kesme kuvveti/deforme olmamış talaş kalınlığı .....	28
Şekil 3.9. Özgül kesme kuvvetinin değişimi .....	29
Şekil 3.10. Özgül kesme kuvveti/Güç .....	30
Şekil 3.11. Özgül kesme kuvveti/Hız.....	31
Şekil 3.12. Kesme kuvvetinin bileşenleri.....	31
Şekil 3.13. Eksenel kuvvet/Giriş açısı.....	32
Şekil 3.14. Kesme kuvveti/Talaş açısı.....	32
Şekil 4.1. Yapay sinir ağlarının çalışma şekli .....	39
Şekil 4.2. EP Akış Diyagramı .....	47
Şekil 5.1. Sayısal sinyal işlemcinin genel yapısı.....	54
Şekil 5.2. Örnek bir PCI SSI kart (sayısal sinyal işleme kartı) .....	55
Şekil 6.1. Hartford VMC550 CNC Dik İşleme Merkezi.....	58
Şekil 6.2. Temperleme diyagramı .....	59
Şekil 6.3. Deneylerde kullanılan kesici takım.....	60
Şekil 6.4. Deneylerde kullanılan kesici uç .....	61
Şekil 6.5. Algılayıcılar.....	62
Şekil 6.6. PCI veri toplama ünitesi .....	64
Şekil 6.7. Sinyal toplama için geliştirilen yazılım.....	65
Şekil 6.8. İş parçasının tezgaha bağlanma şekli .....	69
Şekil 6.9. Kurulan yapay sinir ağı modeli.....	70

Şekil 6.10. Verilerin değerlendirilme şekli .....	71
Şekil 6.11. Kurulan modelin parametreleri .....	72
Şekil 6.12. Oluşturulan evrimsel programlama modeli.....	73
Şekil 7.1. Algılayıcılardan alınan ses ve titreşim sinyallerinin yapısı .....	75
Şekil 7.2. Alınan titreşim sinyallerinin işlenmemiş halleri .....	76
Şekil 7.3. Alınan titreşim sinyallerinin RMS değerleri .....	77
Şekil 7.4. Alınan ses sinyallerinin yapısı .....	78
Şekil 7.5. Ses sinyallerinin RMS değerleri.....	79
Şekil 7.6. Yan yüzey aşınmasının işleme zamanına göre değişimi.....	90
Şekil 7.7. Yan yüzey aşınmasının işleme zamanına göre değişimi.....	91
Şekil 7.8. Yan yüzey aşınmasının işleme zamanına göre değişimi.....	92
Şekil 7.9. Yan yüzey aşınmasının talaş derinliğine göre değişimi .....	93
Şekil 7.10. Yan yüzey aşınmasının talaş derinliğine göre değişimi .....	94
Şekil 7.11. Farklı kesme hızlarında kesici uçlardaki aşınmalar .....	95
Şekil 7.12. Farklı ilerleme oranlarında kesici uçlardaki aşınmalar .....	95
Şekil 7.13. Farklı talaş derinliklerinde kesici uçlardaki aşınmalar.....	96
Şekil 7.14. Farklı işleme zamanında kesici uçlardaki aşınmalar.....	96
Şekil 7.15. Yapay sinir ağlarının eğitim performans eğrisi.....	97
Şekil 7.16. Yapay sinir ağları ve deneysel sonuçların karşılaştırılması sonucu elde edilen grafik.....	98
Şekil 7.17. Kurulan evrimsel programlama modelin eğitimi sonucu oluşan grafik .....	99
Şekil 7.18. Deneysel veriler ile modelin hesapladığı veriler arasındaki ilişkiyi gösteren grafik.....	100
Şekil 7.19. Deneysel veriler ile evrimsel programlama verilerinin karşılaştırılması sonucu elde edilen grafik.....	102
Şekil 7.20. Elde edilen denklemle 100m/dak ile 150m/dak kesme hızları arasındaki ara değerlerin hesaplanmasıyla oluşturulan aşınma eğrileri .....	103

**TABLolar DİZİNİ**

	<b>Sayfa</b>
TABLO 6.1. İş parçasının kimyasal yapısı.....	59
TABLO 6.2. Temperleme-Sertlik değeri tablosu .....	59
TABLO 6.3. Deney Parametreleri .....	67
TABLO 7.1. Elde edilen sinyal ve aşınma değeri ...	80

## 1.GİRİŞ

Talaş kaldırma işlemlerinde, takım malzemeleri, insanların pratik uygulamaları ile geliştirilmiştir. Aşırı artan ihtiyaçlar teknolojik olarak değişmeyi ve ekonomik rekabeti ortaya çıkarmaktadır. Bu ihtiyaçları karşılamak için yeni takım malzemeleri araştırılmakta, bunu yaparken de sadece takımların iyileştirilmesi değil, iyi ve kaliteli üretim, hassas yüzey kalitesi, az güç sarfiyatı ve ekonomiklik sağlanması gerekmektedir. Bunları gerçekleştirmede, kesici takımında oluşan aşınma tiplerinin, kesme esnasında oluşan problemlerin bilinmesi, anlaşılması ve buna göre gerekli tedbirlerin alınması gerekir. Talaş kaldırma işleminde iş parçası, takım/talaş ara yüzeyinde sürtünmeler ve meydana gelen ısı, takımın aşınması ve plastik deformasyonuna sebep olur. Plastik deformasyon ve sürtünme sonucu açığa çıkan enerjinin çoğu ısıya dönüşür. Bu ısının bir kısmı talaşla taşınmasına rağmen, bir kısmı da kesme şartlarına, iş parçası ve takım çiftine bağlı olarak takım ucunda kalır. Takım ucunda oluşan bu sıcaklıklar ve mekanik gerilmelerden dolayı kesici takım, kısmen veya ani olarak malzeme kaybına maruz kalır. Takım ömrü, pratik çalışmalarda istenilen boyutta ve yüzey kalitesinde iş parçalarını üretmek için takımın kullanılabilirlik zamanı; yani takımın kesme yeteneğini sürdürmemesi durumuna kadar geçen zamana denilmektedir. Ancak her bir takım için takım ömrü kesme şartlarına bağlı olarak farklı olacaktır. Kaba işlemlerde ekonomik takım ömrü, değişik kesme hızları, ilerleme oranları ve takım-iş parçası uyumu ile genellikle sağlanabilmektedir. Fakat takım aşınması sonucu, bilenme veya değiştirilme maliyetleri yüksek olduğundan, çok kısa ömre sahip takımlar ekonomik olmayacaktır. Başka bir ifadeyle, uzun takım ömrü elde etmek için çok düşük hız ve ilerlemenin kullanılması, üretim hacmini düşüreceğinden dolayı ekonomik olmayacaktır. Takım ömrünü artıran herhangi bir takım veya iş parçası her zaman yararlı olacaktır.

Bu çalışmada frezeleme işlemlerinde, uzman kişiler ve kesici takım kataloglarından alınan kesme parametreleri ile işleme anında algılayıcılar yardımıyla elde edilen titreşim ve ses sinyalleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Parametre değerleri, algılayıcılardan alınan sinyal değerleri ve işleme sonucu kesici uçta meydana gelen

aşınma miktarları yapay zeka teknikleri kullanılarak modellenmiş,ekonomik takım ömrü tahmini yapılmıştır.

Çalışma frezeleme ve takım ömrü üzerine genel bir bakış, yapay zeka teknikleri ve özellikleri, dijital sinyal işleme ve algılayıcı teknolojisi, yapılan deneysel çalışmalar bölümlerinden oluşmaktadır.

Literatürde, bugüne kadar ekonomik takım ömrü tahmini hakkında bir çok çalışma yapılmıştır. Çalışmalarda takım ömrünü etkileyen parametreler üzerinde durulmuş, sinyal işleme yöntemleri ile bu parametreler arasında bağıntılar kurulmuş ve elde edilen veriler yapay zeka uygulamalarında değişik şekillerde modellenmiştir.

## 2. KAYNAK BİLGİSİ

Portuale vd. (2002), çalışmada karbid kaplı takımların durumunu incelemek için ses sinyalleri istatistiksel olarak analiz edilmiştir ve takım durum inceleme uygulamaları için sinyal özelliklerinin önemi derinlemesine araştırılmıştır. Deneysel torna tezgahında yapılmış, algılayıcılar yardımıyla elde edilen sinyaller işlenmiş ve sonunda, takım ömrünün istenilen değerlerde olmasında, ses sinyallerinin istatistiksel analizinin önemli bir yer tuttuğu görüşüne varılmıştır.

Li vd. (2002), çalışmalarında analitik model ve ANN modeli kullanarak işleme karakteristik özelliklerinin hibrit bir şekilde modellenmiştir. Analitik model (Oxley) verilen kesme kuvvetleri, kesme bölgesindeki sıcaklık ve talaş geometrisini içerir. Analitik modelden elde edilen verileri aynı zamanda ANN de takım aşınması, yüzey pürüzlülüğü ve talaş kırılabilirliğini baz alarak değerlendirmişlerdir.

Matsumura vd. (2002), yaptıkları çalışmalarında makine takım karakteristikleri ve kesme parametreleri adaptif olarak kurulan ağda eğitilmişlerdir. Burada üretilen pürüzlülük değerleri, kesme hızı, takım iş parçası ilişkisi, takım formu, ortalama sıcaklık gibi değişkenler giriş değişkeni olarak ele alınmıştır. Sonuçta elde edilen kesme şartları pozitif yüzey pürüzlülüğünü sağlamıştır.

Wong ve Hamouda (2002), çalışmalarında CNC tornalama işlemlerin kesme parametreleri belirlenirken akıllı sistemler kullanılmıştır. Deneysel sonuçlar bulunan sonuçlarla kıyaslanmışlardır. Elde edilen değerler grafiksel olarak verilmiştir.

Chungchoo ve Saini (2002), çalışmada CNC tornalama işlemlerinde belirli bir zaman aralığında kesme, ilerleme ve radyal kuvvetleri sinir ağları yöntemi ile incelenmiştir. Sınırlayıcı kriter olarak takım geometrisi ve giriş açısı kullanılmış, bu iki kritere uygun deneysel çalışmalar yardımıyla kural tabanı oluşturulmuştur. Yapılan çalışma sonunda elde edilen veriler çalışma içerisinde grafiklerle sunulmuştur.

Farrelly vd. (2002), kesici takımın durumunun görüntülenmesi için ses sinyallerinin istatistiksel olarak incelendiği çalışmada çeşitli takım aşınma kademelerindeki RMS



değerleri değerlendirilmiştir. Çalışma torna tezgahında gerçekleştirilmiştir. Yapılan uygulamada AISI 303 serleştirilmiş çelik kullanılmış, kesme hızı 0.5 ila 1 m/s arasında, ilerleme oranı 0.0195 mm/dev. ve talaş derinliği 2 mm olarak belirlenmiştir. Kesici takım üzerine monte edilen ses algılayıcıları yardımıyla elde edilen sinyaller bilgisayara aktarılmıştır. Sinyaller işlendikten sonra elde edilen RMS değerleri ile takımın aşınma durumu tahmin edilmiştir. Deneysel olarak elde edilen değerler ile literatürdeki değerler kıyaslanmış ve sonuçlar grafiksel olarak verilmiştir.

Antonio ve Davim (2002), tornalama işlemlerinde ideal kesme işlemi için çeşitli takım türlerini incelemişlerdir. Kesici takım türleri için uygun ilerleme, kesme hızı ve kesme zamanı deneysel verilerle ele alınmıştır. Yapılan uygulamalı çalışma sonuçları genetik algoritma metoduyla bilgisayara transfer edilerek çözüm aranmıştır.

Jerard vd. (2001), yapılan çalışmada çeşitli sertliklere sahip malzemelerin belirli talaş derinliğinde işlenebilmesi için müsaade edilen maksimum ve minimum kesme hızları Bulanık Mantık ve sinir ağları yöntemi ile ele alınmıştır. Sınırlayıcı faktör olarak kesici takımların özelliklerini kullanan araştırmacı elde ettiği verileri Machining Data Handbook verileri ile karşılaştırarak hata oranlarını ve sapmaları çizelgeler halinde sunmuştur.

Chien ve Chou (2001), çalışma iki bölüme ayrılmıştır.

Birincisi; çok katmanlı Fonksiyonel ağlar kurularak kesme kuvveti ve takım ömrünün yüzey pürüzlüğüne etkisinin incelenmesi

İkincisi ise; yüzey pürüzlüğü ve takım ömrü ele alınarak optimum kesme şartlarının genetik algoritma ile belirlenmesi. Burada amaç talaş kaldırma oranına bağlı olarak kesme koşullarının yüzey pürüzlüğü ve takım ömrünün uzatılması sağlamaktır. Sonuçta kesme şartları optimize edilerek 3 boyutlu diyagramlar elde edilmiştir. Elde edilen diyagramlar yüzey pürüzlülüğü ve takım ömrünün kesme şartlarıyla olan ilişkisini vermektedir.

Al-Habaibeh ve Gindy (2000), frezeleme işlemlerinde takım durum izleme yöntemi kullanılarak takım aşınması üzerine çalışılmıştır. Çalışmada, ses algılayıcısı, kesme kuvvetleri algılayıcısı ve titreşim algılayıcısı olmak üzere 3 tip algılayıcı kullanılmıştır. Elde edilen sinyallerin genlik değerleri üzerine Bulanık mantık ve Yapay Sinir Ağlarında model oluşturulmuştur. Deneyler, 7 ayrı takım kullanılarak yapılmış ve neticede takımların farklı işleme şartlarında aşınma değerlerine göre sınıflandırma yapılmıştır. Sınıflandırma sonunda, kurulan sistemin doruluğu test edilmiştir.

Xiaoli (2000), çalışmada ses algılayıcıları ile elde edilen sinyaller, 2 yöntem yardımıyla işlenmiştir; hızlı fourier transferi (FFT) ve dalgacık paket transferi (WT). Bu iki metot arasında kıyaslama yapılmıştır. Sonuç olarak FFT yönteminin sadece frekans alanında iyi çözümler sunduğu, fakat zaman alanında kötü sonuç verdiği tespit edilmiştir. WT yönteminin ise her iki alanda da iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Mannan vd. (2000), kesici takımların izlenmesinde görüntü ve ses teknikleri uygulaması kullanılmıştır. Yapılan çalışmada takım aşınması ve yüzey kalitesi arasındaki bağıntı tartışılmıştır. Ses algılayıcılarından elde edilen sinyaller ile iş parçası yüzey kalitesi kıyaslanmıştır. Çalışmada görüntü analizi için CCD kamera, ses analizi için de hassas mikrofon kullanılmıştır. İş parçası sırasıyla hiç kullanılmamış takımla işlenmiş, sonra az aşınmış takımla ve son olarak da tamamen aşınmış takımla işlenmiştir. Algılayıcılar yardımıyla elde edilen sinyaller Fourier Transfer yöntemi ile analiz edilmişlerdir. Sonuç olarak aşınmış, az aşınmış ve hiç aşınmamış takımlarla işlemeden sonra elde edilen yüzeyler ile ses frekansları arasında bir bağıntı kurulmuş ve sonuçlar grafiksel olarak verilmiştir.

Ghani ve Choudhury (2000), tornalamada takım aşınması ve titreşimin, yüzey pürüzlülüğü arasındaki korelasyon ilişkisi incelenmiştir. Deneylerde titreşim algılayıcıları kullanılmıştır. Algılayıcılar yardımıyla alınan sinyaller işlenmiş, işlenen iş parçalarının yüzey pürüzlülük değerleri ölçülmüş ve aralarında

ilişkilendirilmişlerdir. Sonuç olarak deneylerde modüler dökme demir seramik kesicilerle işlendiği için takım ömrü oldukça kısa saptanmıştır. (yaklaşık 1.5 dakika gibi)

Beggan vd. (2000), yüzey kalitesinin tahmini için, ses algılayıcıları yardımıyla elde edilen sinyallerin RMS değerleri analiz edilmiş ve yüzey kalitesiyle kıyaslanmıştır.

Azouzi ve Guillot (2000), ses algılama teknolojisi kullanılarak tornalama işlemlerindeki boyutsal değişimler ve yüzey pürüzlüğü çalışılmıştır. Ölçüm sisteminin performansı, sistematik olarak seçilecek algılayıcı çeşidine bağlı olduğu görüşüne varılmıştır. ANN yöntemi kullanarak analiz edilen algılayıcı bilgileri regrasyon analizleri ile karşılaştırıldığından çok daha iyi sonuçlar vermiştir.

Suresh vd. (2000), çalışmada yüzey pürüzlülüğünün optimizasyonunda iki adım takip edilmiştir.

Birincisi; RMS deney metodundan çıkan regrasyon analizlerine göre yüzey pürüzlülüğünün matematik modelinin oluşturulması

İkincisi; elde edilen 2. dereceden matematiksel fonksiyonun GA kullanılarak optimum kesme şartlarının istenen yüzey özelliğine göre optimize edilmesidir. Kurulan matematiksel fonksiyon sayesinde istenilen pürüzlülükte yüzeyler elde edilmiştir.

Tsai vd. (2000), frezeleme işleminde işlenmiş parçaların yüzey pürüzlülüğünün tahmini için, kesme işlemi esnasında oluşan titreşimler titreşim algılayıcıları yardımıyla kaydedilerek bir bilgisayarda toplanmış ve bu veriler analiz edilerek sinir ağları modeli oluşturulmuştur. Elde edilen verilerin bir kısmı sinir ağlarının eğitimi için bir kısmı da test seti için kullanılarak öğreticili yapay sinir ağı modeli oluşturulmuştur. Bu yapay sinir ağı ile yüzey pürüzlülüğünün %96 doğrulukta tahmini yapılmıştır.

Tsai vd. (2000), titreşim algılayıcıları kullanılmış; işleme anında titreşim algılayıcılarından gelen veriler değerlendirilmiştir. Takım ve iş parçası ilişkisinde doğan titreşimler toplandıktan sonra dalgacıkların ortalama genlik değerleri üzerine ANN modelinde değerlendirilerek işleme anında CNC freze işleminde yüzey pürüzlüğü tahmin edilmiştir.

Jeong vd. (1999), frezeleme işlemlerinde ses algılayıcıları kullanılmış, on-line olarak takım ömrü incelenmiştir. Tezgaha bağlanan titreşim ve ses algılayıcıları yardımıyla elde edilen sinyaller işlenmiş, sinyallerin RMS değerleriyle kesme zamanı arasında bağıntı kurulmuştur. Bağıntı sonucu kesme zamanı arttıkça RMS değerlerinin de arttığı gözlenmiştir. Geliştirilen bir programda ses RMS değerleri girilerek muhtemel takım ömrü tahmin edilmiştir. Programın takımı değiştirme zamanının geldiğini sinyallerle haber vermesi sağlanmıştır.

Yılmaz (1999), kesme parametreleri bulanık mantık yöntemiyle irdelenmiştir. Belirli talaş derinliği ve kesici takım malzemeleri için malzeme-kesme hızı grafikleri oluşturulmuş, elde edilen değerler üretici firma katalog değerleri ile karşılaştırılmıştır.

Varghese ve Radhakrishnan (1999), kapasitive, induktif ve optik algılayıcılar kullanarak ANN metodu ile bir çalışma yapılmıştır. Algılayıcılara ait RMS değerleri yüzey tormalama, frezeleme, EDM gibi işlemlerde karşılaştırılarak 17x20x15 boyutunda ANN model kurulmuştur. Bu çalışmada algılayıcı tiplerinin kullanım alanları belirlenmiştir.

Inasaki (1998), ses algılayıcıları ile işleme şartları incelenmiştir. Elde edilen sinyaller işlenmiş, ortalama sinyal değerleri üzerine yapay sinir ağlarında model oluşturulmuştur. Kurulan bu model ayrı ayrı frezeleme, tormalama ve zımparalamada kullanılmış ve elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri birbirleriyle kıyaslanmıştır. İşleme şartlarının optimize edilmesi sonucu oluşan yüzeylerin pürüzlülük değerlerinde fark olmadığı görülmüştür.

Wong vd. (1998), frezelemede takım aşınmasını tespit için ses ve titreşim algılayıcıları yardımıyla elde edilen sinyaller işlenmiş, dalga analizi yöntemi ile incelenmişlerdir. Elde edilen ses ve titreşim sinyallerinin genlik değerleri, takımın aşınmamışlık ve aşınmışlıkları hakkında bilgi vermiştir. Aşınmamış takımla işlenen parçadan elde edilen dalgacıkların, aşınmış takımla işlenen parçadan elde edilen dalgacıklara göre daha sık yapıya sahip oldukları sonucuna varılmıştır.

Diniz ve Filho (1998), kesme uzunluğu, kesici diş sayısı ve kesme kuvvetlerinin takım ömrü ve aşınmasına bağlı olarak yüzey pürüzlüğüne etkisi araştırılmıştır. Araştırma sonucunda elde edilen sonuçlar grafiksel olarak gösterilmiştir.

Ho vd. (1998), CCD Kamera kullanarak tornalama işlemi esnasında yüzey pürüzlüğünü tahmin etmek için yapılan çalışmada kurulan Nero-fuzzy yönteminde ele alınan görüntü sinyalleri gri seviye analizine tabi tutularak değerlendirilmiştir. Bu ağda aynı zamanda kesme parametreleri de pürüzlüğü etkileyen parametreler olarak giriş katmanında yer almıştır.

Hashmi vd. (1998), kesici takım türleri ile çeşitli sertlikteki malzemeler işlenmiş, belirli bir talaş derinliğindeki kesme hızları bulanık mantık kullanılarak optimize edilmiştir. Optimizasyon sonucunda 3 boyutlu grafikler çalışmada sunulmuştur. Bu grafikler kesme şartlarının, kesici takım ve iş parçası üzerindeki bağıntıyı vermektedir.

Dimla vd. (1997), kesme parametrelerinden kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliğine göre kesici takımın maruz kaldığı eksenel kuvvetler sinir ağları ile analiz edilmiştir. Seçilen kesici takım belirli bir zaman aralığında kesme işlemine tabi tutulduğunda maruz kaldığı eksenel kuvvetler belirlenmiştir. Bu veriler uygulamalar sonucu elde edilen değerler ile karşılaştırılarak çizelgeler halinde sunulmuştur.

Das vd. (1997), tornalama işlemlerinde çok sık kullanılan Karpit kaplama kesici takımlar ile karbon çelikleri sabit ilerleme, kesme hızı ve talaş derinliğinde işlenerek elde edilen sonuçlar işleme zamanı-güç grafikleri kullanarak incelenmişlerdir. Daha

sonra aynı verilerden faydalanılarak sinir ağırları metodu ile bir takım grafikler elde edilmiş, daha hassas verilere ulaşılmıştır.

Çakır vd. (1997), tornalama işlemlerinde kesici takım seçiminin kişisel deneyimlerle yapılmasından kaynaklanan problemi en aza indirmek için, bilgisayar destekli takım seçimini öngören bir sistem önerilmiştir. Takım seçimine etki eden faktörler ise; iş parçası malzemesi, geometrisi, yüzey pürüzlülüğü, kullanılan takım tezgahı ve işlem tipi olarak belirlenmiştir. Bu manada temel talaşlı imalat kaynakları kullanılarak kesici takım seçimi için bir takım kurallar belirlenmiştir. Bu kurallar çerçevesinde girilen malzeme ve işlem tipine göre kesici takım seçimi yapılmaktadır.

Kayacan (1997), üretici firma kataloglarında yer alan bilgilerden yararlanılarak kesici takım ve tutucuları için ayrı ayrı veri tabloları oluşturulmuştur. Daha sonra kesme parametreleri, en kaliteli iş parçasını en ucuza imal edebilme hedeflenerek optimize edilmiştir. Araştırmacı çalışmasında kısıtlayıcı faktör olarak; talaş derinliği, ilerleme, kesici uç ve tutucu için maksimum kuvvet, fener mili ve eksen motorlarının tork-hız karakteristiklerini kullanmıştır.

Taing vd. (1997), tornalama işlemlerinde güç kontrolü için üyelik fonksiyonları oluşturulmuştur. Bulanık mantık tabanlı kurallar belirlenerek, bilgisayar destekli güç ve ilerleme eğrileri elde edilmiştir.

Dilipak (1997), kesici takım seçimin için uzman sistem kullanarak incelenmiştir. Burada seçim yapılan yöntemin, işinde uzman bir insan gibi ama insan psikolojisinden ve yorulmadan etkilenmeyen bir sistem olduğundan dolayı daha hassas verilere ulaşılacağı vurgulanmıştır. Kesme parametreleri üzerine yapılan araştırmaların bir kısmında elde edilen verilere daha kısa yoldan ulaşmamızı sağlayan bilgisayar yazılımları yapılmıştır.

Baykasoğlu (1995), tornalama işlemlerinde kesme şartları ve toplam talaş derinliğinde optimum maliyet bilgisayar destekli olarak incelenmiştir. Temel tornalama işlemlerini etkileyen faktörlerin tamamı kısıtlayıcı faktör olarak kullanılan

çalışmada kataloglardaki verilerden de yararlanılarak bir kural tablosu oluşturulmuştur. Daha sonra tüm bu verilerden yararlanılarak yapılan bilgisayar programıyla, daha hassas değerlere daha kısa sürede ulaşılması sağlanmıştır.

Norog ve Fisher (1993), kesme parametrelerinin seçimi, otomatik işlem planlaması içerisinde araştırılmıştır. İmalatta yüksek verim ve takım seçimi için en ideal parametrik değerlere ulaşılması amaçlanan çalışmada bitirme işlemleri için gerekli parametreler en iyileştirilmiştir. İşlem türü için gerekli parça geometrisi, tolerans, mevcut takım tezgahı gücü ve kesici takım türü çalışmayı çevreleyen temel unsurlar olarak irdelenmiştir.

Zhu (1982), finiş işlemleri için uygun ilerleme değerleri araştırılmıştır. Bu amaçla yapılmış olan deney sonuçları bulanık mantık teoremiyle irdelenerek pratikte uygulanabilir en hassas ilerleme değerlerine ulaşmak amaçlanmıştır.

### 3. TALAŞ KALDIRMA İŞLEMİ

Üretim endüstrisinde, teknolojide gelişmiş ülkeler ve deniz aşırı ülkeler arasındaki üretim gücü boşluğu ve globalleşme yarışı birçok yeni şirketin ürünlerini daha kaliteli ve verimli üretmeye, aynı zamanda üretim maliyetlerini azaltmaya zorlamaktadır. Geçmiş yüzyıl boyunca üretimdeki artış yüksek teknolojili otomasyon, sayısal kontrollü tezgahlar, esnek üretim sistemleri ve diğer yeni gelişmelerden kaynaklanmaktadır. Bu yüksek teknoloji ve daha sabit takım tezgahları geleneksel tezgahlardan çok daha verimli olmaktadır. Kesme şartları yönünden verimliliği artırmak için yeni takım malzemelerinin gelişmesi bakımından sürekli araştırmalar yapılmaktadır. Yüksek hız çeliklerini sırasıyla döküm alaşımları, karbürler, sermetler ve seramikler takip etmektedir. Çok kristalli elmaslar ve çok kristalli kübik bor nitrür gibi yüksek randımanlı süper dayanımlı kesici takımlarda son yıllarda imalat sanayinde geniş olarak uygulama alanı bulmaktadır. Yeni yüksek randımanlı kesici takımların verimliliği belirli uygulamalar için diğer kesici takımlardan daha yüksektir. Parçaları yüksek verimle üretmek için aynı zamanda üretim esnasında optimum işleme şartlarının da sağlanması gerekmektedir. Talaş kaldırma işleminde kesme hızı, ilerleme oranı ve talaş derinliğinin ekonomik takım ömrüne önemli derecede etkisi vardır.

Talaş kaldırma işlemi; elastik ve plastik şekil değiştirmeye dayanan, sürtünme ve ısı oluşumu, talaş oluşumu ve talaş kırılması, iş malzemesi yüzeyinin serleştirilmesi, kesici takım ucunun aşınması ve kırılması gibi durumların meydana geldiği karmaşık fiziksel bir olaydır. Herhangi bir iş malzemesi yüzeyinden belirli miktarda malzeme tabakasının kaldırılması için kesici takım olarak adlandırılan bir ucun o malzeme içine batması gerekir. Bunun için de takım olarak kullanılan kesicinin, işlenecek iş parçasından daha sert, dayanıklı olması ve takıma kafi derecede bir kuvvetin uygulanması ile yine kesme olayının gerçekleşmesi için kesici takımın belirli bir takım geometrisine sahip olması ve belirli kesme şartlarının uygulanması gerekir.



### 3.1 Talaş Kaldırmayı Etkileyen Faktörler

Talaş kaldırma işleminde, kesici takım iş parçası üzerine belirli kuvvetle bastırıldığında ve kuvvet yönüne doğru hareket ettirildiği zaman, takım ucunun temas ettiği malzeme katmanında, önce elastik daha sonra da plastik şekil değişiklikleri oluşarak malzeme tabakasında akmalar başlar. Gerilmeler malzemenin kopma sınırını geçtiği anda talaş olarak adlandırılan belirli bir yüzey tabakası, iş parçası boyunca parçadan ayrılır. Bu tabakanın parçadan ayrılış biçimi, parça malzemesinin mekanik özelliklerine ve kesme şartlarına bağlı olarak değişik bir şekilde gerçekleşerek farklı talaş tipleri meydana gelir. Bu nedenle, talaş kaldırma işlemine etki eden faktörlerin bilinmesi ve birbirlerine etkilerinin dikkate alınması gereklidir. Bunların başlıcaları şöyle özetlenebilir(Şahin, 2001).

- Kesici Takım Ömrü,  $T$  (dak.),
- Kesme Hızı,  $V$  (m/dak.),
- Talaş Derinliği,  $t$  (mm),
- İlerleme Oranı  $f$  (mm/dak.),
- Kesme Açıları ( $\alpha, \beta, \gamma, \chi, \epsilon, \lambda$ ) ve hepsine birden  $KA_{hep}$ ,
- Titreşim Durumu,  $V_i$ ,
- Soğutma Sıvısı,  $S_s$ ,
- Takım-İş Parçası Malzeme Çifti,  $TM\ç$ ,
- Takım Burun Yarıçapı,  $r$  (mm),

Yapılan araştırmalarda bunlardan birçok faktör sabit tutularak bir kısım etmenlerin tespit edilmesi gerekir. Bunlar arasında da kesici takım performansı ve maliyet bakımından en önemlisi takım ömrü olup, bu da kesici takımın birbirini takip eden iki bileme esnasında etkili olarak çalıştığı zaman olduğundan genellikle, takım ömrü-kesme hızı ve kesme hızı-talaş kesiti ilişkileri öncelik arz etmektedir. Bunu ise talaş kaldırma sırasında oluşan sıcaklık ve ısı dağılımı takip etmektedir.

### 3.2 Takım Ömrü

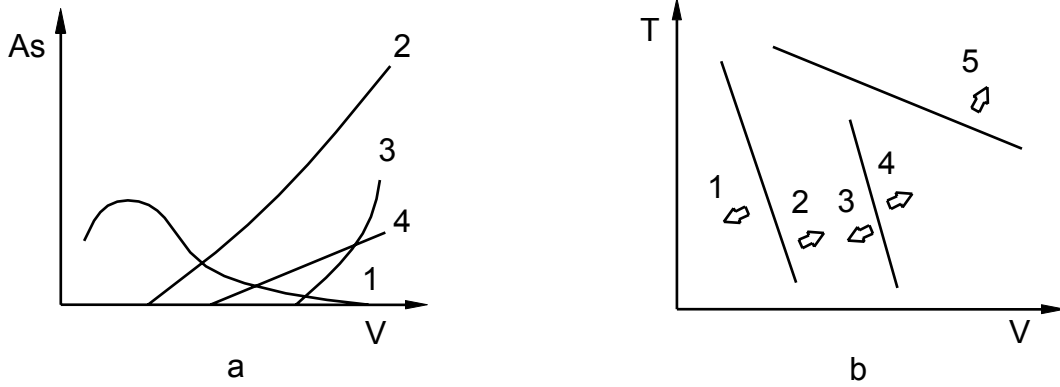
Aşınmalar belirli bir değere ulaştığında işlenen parça yüzeyi bozulmaya başlar, enerji sarfiyatı büyür ve sistemde titreşimler meydana gelebilir. Parça yüzeyini bozan aşınma değeri takımın körlendiğini gösterir ve körleninceye kadar toplam işleme zamanına takım ömrü denilir. Takım ömrü T ile gösterilir ve dakika ile ölçülür (Gamsız, 2000).

Takım ömrü, çeşitli aşınmalar tarafından sınırlanmaktadır. Bu aşınma çeşitleri takım ömrünü tayin eden kriterleri oluşturmaktadır. Pratik bakımından takım ömrünü tayin eden en önemli kriter serbest yüzeyinde meydana gelen aşınmadır. İkinci sırada krater aşınması meydana gelir. Serbest yüzeyde meydana gelen aşınma kesme ağzından başlayarak kabul edilen bir aşınma değerine erişinceye kadar sürekli ilerlemektedir. Bu bakımdan takım ömrü, kabul edilen bir aşınma değerine bağlıdır.

Şimdiye kadar kabul edilen aşınma değeri ile ilgili bir standart yoktur. Bunun nedeni, kabul edilen aşınma değerinin bir çok faktöre bağlı olarak farklı farklı değerlendirilmesidir. Bu husus şimdiye kadar açık bir şekilde tayin edilememiş ve çeşitli hallerde çeşitli kriterler kullanılmaktadır. Yüzey bozulma endişesi olmayan kaba işlemede; enerjinin artması, kesme ağzının talaş kontrol kabiliyetini kaybetmesi, titreşimler veya takımın kırılması gibi kriterler kullanılabilir. Örneğin yüzey kalitesi önemli olmayan kaba talaş kaldırmada kabul edilen aşınma değeri frezelemede 0,6...1,0 mm gibi oldukça yüksek olarak alınabilir. İnce talaş kaldırmada bu değer çok daha küçüktür; 0,25...0,4 mm olabilir (Gamsız, 2000).

Aşınma olayının gelişmesinde kesme hızının çok büyük etkisi vardır. Bu bakımından denilebilir ki, kesme hızı takım ömrünü etkileyen en önemli faktördür. Örneğin tungsten esaslı karbür takım malzemesi için kesme hızına bağlı aşınma çeşitleri Şekil 3.1'de verilmiştir. Burada 1- talaş birikintisi, 2- adezyon aşınması (serbest yüzey), 3- difüzyon aşınması (krater), 4- oksidasyon aşınması, 5- plastik şekil değiştirir. Görüldüğü gibi ağız birikintisi düşük hızlarda meydana gelmekte ve sıcaklığın da büyük olduğu yüksek hızlarda kaybolmaktadır. Şekil 3.1b'de takım ömrünü, kesme

hızına bağlı olarak tayin eden çeşitli aşınma bölgeleri verilmiştir. Aşınma bölgeleri çizgilerle ayrılmıştır. Görüldüğü gibi oksidasyon aşınması ve plastik şekil değiştirme çok yüksek hızlarda meydana gelmektedir (Çakır, 1997)



Şekil 3.1. Tungsten esaslı karbür takım malzemesi için kesme hızına bağlı aşınma çeşitleri

Belli bir takım ömrü için optimum kesme hızı, talaş derinliğinden ziyade ilerleme miktarındaki değişimlerden etkilenir. Ancak takım ömrü de ilerleme miktarından ziyade kesme hızındaki değişimlerden çok etkilenirken talaş derinliğindeki değişimlerden daha az oranda etkilenir. Takım ömrü değişkenliğinin sebepleri şöyle özetlenebilir.

- İş parçasının sertliğindeki değişme,
- Kesici takım malzemeleri, takım geometrisi ve bunların hazırlanmasındaki değişiklikler,
- İş bağlama, takım bağlama aygıtları sabitliği ve takım tezgahındaki titreşimler,
- İş parçalarının yüzey karakteristiğindeki değişimler olarak sıralanabilir.

Takım ömrü ile ilgili ilk araştırma 1900...1908 arasında F. Taylor tarafından yapılmıştır. Bir atölyede mühendis olarak çalışan Taylor, verimi artırmak amacıyla iş organizasyonu, işleme zamanları ile ilgili çalışmaların yanı sıra talaş kaldırmada kesme hızlarını da deneysel olarak incelemiş ve önce kesme hızını  $a$  paso kalınlığı ve  $s$  ilerlemeye bağlı olarak ifade etmiştir. Daha sonra takım ömrünü de dikkate alarak kesme hızı ve takım ömrü arasında, adını taşıyan

$$T^n.V = C = \text{Sabit} \quad (3.1)$$

bağıntıyı bulmuştur (Şekil 3.2.a). Burada T- takım ömrü (dak), v-kesme hızı (m/dak), n- takım üssünü göstermekte olup verilen takım malzemesi, iş parçası malzemesi, işleme şartları, ilerleme miktarı veya talaş derinliği, takım geometrisi ve soğutma sıvısı gibi faktörlere bağlıdır. n üssü 1/k değerine eşit alınabilir. Böylece,

$$T.V^k = C = \text{Sabit} \quad (3.2)$$

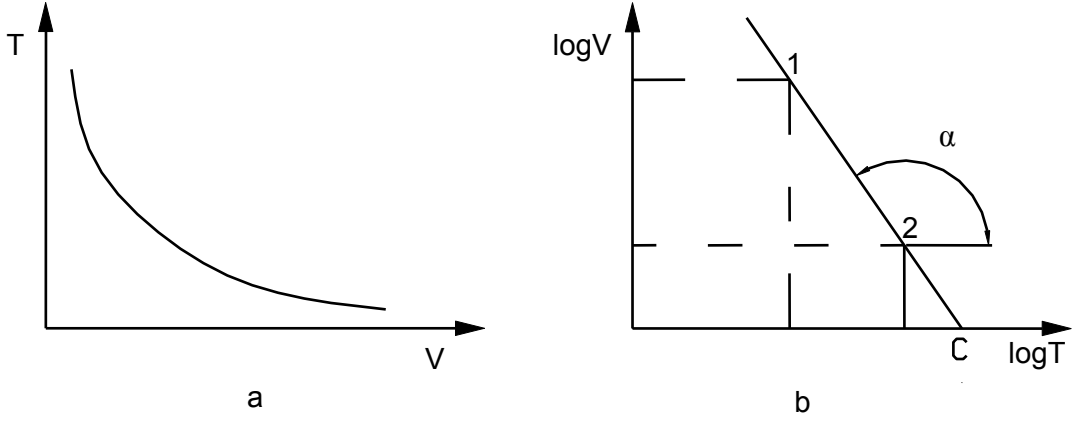
yazılabilir. C takım ve parça malzemesine bağlı olan 1 dakikalık ömre karşılık gelen kesme hızıdır. (3.1) eşitliği grafiksel olarak çizildiğinde, (Şekil 3.2.a)'da görüldüğü gibi kesme hızı büyüdükçe takım ömrünün azaldığı görülmektedir. Ancak bu grafikten yararlanmak pek pratik değildir. Çünkü pek çok deney yapılmasını gerektireceğinden aşırı maliyet artışına neden olacaktır. Bağıntı çift logaritmik koordinat sisteminde temsil edilirse bir doğru bulunur (Şekil 3.2.b). bu doğru T-V doğrusu adını alır. Burada da; n: takım ve parça malzemesine bağlı olup aynı zamanda doğrunun eğimine, yani,  $\tan\alpha$ 'ya eşittir. Takım malzemesine göre takım ömür doğrusunun eğimi (n) aşağıdaki değerleri alır (Şahin, 2001).

Yüksek hız çeliği için,  $n = 0,1-0,15$

Sinterlenmiş karbürler için,  $n = 0,2-0,25$

Seramik takımlar için,  $n = 0,4-0,5$

Elmas takımlar için,  $n = 0,7-0,75$



Şekil 3.2. Kesme hızı ve takım ömrü ilişkisi, (a) lineer ilişki, (b) logaritmik ilişki

Esasen T-v doğrusunun eğimini gösteren n faktörü

$$n = \tan \alpha = \frac{\log V_1 - \log V_2}{\log T_2 - \log T_1} \quad (3.3)$$

bağıntısı ile tayin edilir.

Taylor bağıntısı daha sonra takım ömrünü; **a** paso kalınlığı ve **s** ilerleme de etkilediği dikkate alınarak

$$T = \frac{C}{V^k \cdot s^m \cdot a^p} \quad (3.4)$$

ve ayrıca parça malzeme sertliği de burada belirli bir rol oynadığı düşüncesi ile

$$T = \frac{C}{V^k \cdot s^m \cdot a^p \cdot H^n} \quad (3.5)$$

şeklinde genişletilmiştir. Burada k,m,p takım malzemesine bağlı sabitlerdir. Örneğin HSS için ortalama olarak; k=10; m=6 ve p=4 dir. Bu demektir ki takım ömrünü en çok; kesme hızı, sonra ilerleme ve sonra paso kalınlığı etkilemektedir. Bu nedenle

kaldırılan talaş hacmini büyötmek için; ilkin paso kalınlığını, sonra ilerlemeyi ve en sonra kesme hızının büyütölməsi gerekir.

### 3.3. Kesici Takımlar

Modern bir kesici takımı belirleyen üç ana değişken mevcuttur: uç tespit sistemi, değiştirilebilir kesici ucun tipi ve geometrisi ve kesici takım malzemesi.

Bugün talaş kaldırma işlemlerinde modern bir kesici takım sistemi, kesici ucu tespit eden bir mekanizmaya sahip çelik tutuculardan ve sert bir malzemedən yapılmış kesici uçlardan oluşmuştur. Kesici ucun bir kesici kenarına ait aşınma değeri belirli bir değerin üzerine çıktığında ve uç belirli yüzey kalitesi ve boyut toleransını sağlayamaz hale geldiğinde, ucun döndürölmesi ile kesici kenarın değiştirilmesi işlemi gerçekleştirilir. Kesici takım değişkenlerinin belirlenmesi işlemi takım envanterine, takım tezgahı özelliklerine, teknik resimlere bağlı olarak adım adım gerçekleştirilir. Kesici takım seçimini etkileyen faktörleri şöyle sıralayabiliriz (Çakır, 1997):

- İş parçası malzemesi: işlenebilirlik, koşullar, özellikler, vs.
- İş parçası tasarımı: şekil, boyutlar, işleme toleransları, vs.
- Sınırlamalar: hassasiyet, yüzey kalitesi.
- Takım tezgahı: tip, güç, koşul ve özellikler.
- Kararlılık: kesici kenarlardan üretim kaynaklarına.
- Düzenleme: erişebilirlik, bağlama, değiştirme.
- Takım programı: doğru takım.
- Performans: kesme verileri, takım ömrü ve ekonomiklik.
- Kalite: takımların tezgahlara iletilmesi ve bakım.

#### 3.3.1. Kesici Takım Seçimi

Talaşlı üretimde kesici takım (tutucu + kesici uç) seçimi aşğıdaki faktörler dikkate alınarak adım adım yapılır:

1. Uç tespit sistemi
2. Tutucunun boyutu ve tipi
3. Uç şekilleri
4. Uç büyüklüğü
5. Köşe yarıçapı
6. Uç tipleri
7. Kesici takım malzemesi
8. Kesme verileri
9. İşlem Tipi

### **3.3.1.1. Uç Tespit Sistemi**

Kesici uç için ilk seçilmesi gereken tespit sistemi olmalıdır. Tutucular değişik uygulamalarda optimum performansı sağlamak amacıyla tasarlanırlar ve geniş bir uygulama alanına sahip olmayı amaçlarlar. Yapılacak işlemin tipi ve bazı durumlarda iş parçasının boyutları takım tespit sisteminin belirlenmesini sağlar. Büyük iş parçalarına uygulanan kaba işlemler ince işlemlere göre çok daha ağır çalışma koşulları gerektirirler (Çakır, 1997).

### **3.3.1.2. Tutucunun Boyutu ve Tipi**

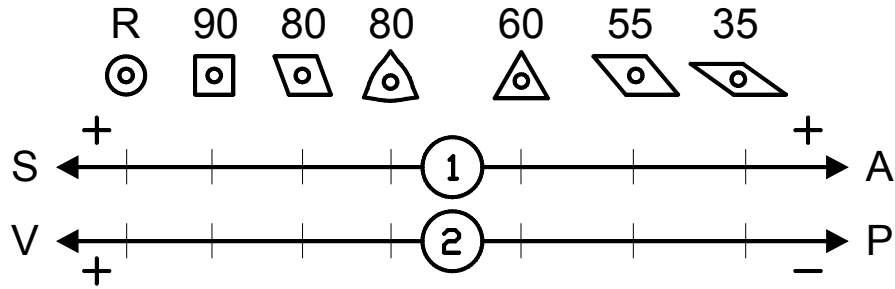
Uç tespit sistemi belirlendiğinde bir sonraki adım tutucunun boyutunun ve tipinin belirlenmesidir. Bu belirleme işlemi ilerleme yönünden, talaş derinliğinden, iş parçası malzemesinden, takım tespit sisteminden ve profile erişebilirlik faktörlerinden etkilenir.

Tutucu tipleri giriş açısına ve kullanılan ucun uç açısına göre belirlenir. Bu aşamada seçme işlemi kesme kuvvetlerinin, uç mukavemetinin ve profile erişebilirliğinin dikkate alınmasını gerektirir.

Seçim işleminde kural tezgah için mümkün olan en büyük tutucu boyutunun seçilmesidir. Bu, tutucunun uzunluğunun azaltılması ve kesici kenar için mümkün olan en rijit oturma yüzeyinin sağlanması için şarttır. tutucu boyutu daha sonra uç boyutunun seçimi için kullanılır ve efektif kesici kenar uzunluğu belirlenir. Genellikle işlemin izin verdiği en küçük giriş açısı seçilir.

### 3.3.1.3. Uç Şekilleri

Ucun şeklinin belirlenmesi işleminde giriş açısı ve takımın profile erişebilirliğinin dikkate alınması gerekir. Kaba talaş kaldırma işleminde mukavemet ve ekonomiklik açısından en büyük açiya sahip kesici uç seçilmelidir. Ancak kesme işlemlerinde mukavemetin yerine çeşitlilik dikkate alınacaksa daha küçük uç açıları da göz önüne alınmalıdır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Uç şekli, mukavemet, erişim, güç ve titreşim ilişkisi

1 nolu cetvelde kesici kenarın mukavemetini (**S**) göstermektedir. Kesicinin uç açısı büyüdükçe mukavemet artmaktadır. Çeşitlilik ve profile erişebilirlik (**A**) söz konusu olduğunda ise sağa doğru gidildikçe, yani uç açısı küçüldükçe daha iyi sonuçlar alınmaktadır. 2 nolu cetvelde ise sağa doğru gidildikçe titreşim eğilimi (**V**) azalmakta, bunun yanı sıra güç gereksinimi (**P**) de azalma göstermektedir (Çakır, 1997).

### 3.3.1.4. Uç Büyüklüğü

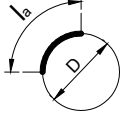
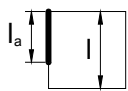
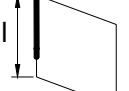
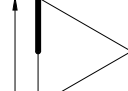
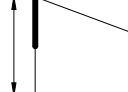
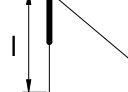

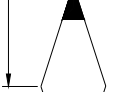
Kesici ucun seçimi seçilen tutucuya bağlıdır. Tutucunun boyutu, giriş açısı ve kesici ucun şekli belirlendiği için bir yerde kesici ucun büyüklüğü de belirlenmiştir. Ancak



seçilen takım ile kaldırılacak en büyük talaş kalınlığı, özellikle kaba işlemlerde, tutucunun boyutunun seçimini de etkiler. Uç büyüklüğünün belirlenmesi için etkili kesici kenar uzunluğu belirlenmelidir.

Uç büyüklüğünün seçiminde birbirleriyle çelişen iki faktör vardır. Bu faktörlerden birincisi güvenilirlik, diğeri ise maliyettir. Daha büyük, daha kalın bir uç daha pahalıdır, ancak daha büyük bir rijitliğe sahiptir. Bu durum özellikle çok kaba talaş kaldırma işlemlerinde ve darbeli işlemlerde son derece önemlidir.

Kesici ucun mukavemeti daha çok ucun şekline ve uç açısına bağlı olduğundan kesici ucun şekli maksimum efektif kesici kenar uzunluğu sağlayacak şekilde seçilmelidir. Farklı uç şekilleri için tavsiye edilen maksimum kesici kenar uzunlukları sürekli, kaba talaş kaldırma işlemlerinde işleme güvenilirliği için uygun uzunluklardır (Şekil 3.4.). Daha kısa işleme süreleri için daha büyük talaş derinliği değerleri kullanılabilir (Çakır, 1997).

 $l_a = 0,4D$	 $l_a = 2/3 l$	 $l_a = 2/3 l$	 $l_a = 1/2 l$
 $l_a = 1/2 l$	 $l_a = 1/2 l$	 $l_a = 1/4 l$	 $l_a = 1/4 l$

Şekil 3.4. Etkili kesici kenar uzunlukları

Eğer etkili kesici kenar uzunluğu talaş derinliğinden az ise ya daha büyük bir kesici uç seçilir veya talaş derinliği azaltılır. Talaş kaldırma işlemlerinin zor olduğu durumlarda daha büyük ve daha kalın kesici uçlar dikkate alınmalıdır.

### 3.3.1.5. Köşe Yarıçapı

Köşe yarıçapı kaba işlemlerde mukavemeti hassas işlemlerde ise yüzey pürüzlülüğünü belirlemede temel faktördür. Yarıçapın büyüklüğü titreşim eğilimini ve bazen ilerleme hızını etkiler. Genellikle kaba işlemlerde en yüksek uç mukavemetinin sağlanması için mümkün olan en büyük köşe yarıçapı seçilmelidir. Büyük bir yarıçap yüksek ilerlemelerde çalışmaya izin verir, ancak bu yarıçapın titreşim açısından kontrol edilmesi gerekir. Çeşitli köşe yarıçapına sahip kesici uçlar kataloglarda mevcuttur. Kaba işlemlerde en yaygın olarak kullanılan köşe yarıçapı değerleri 1,2-1,6 mm'dir.

Kaba talaş kaldırma işlemlerinde, ilerleme hızının belirlenmesi aşamasında, maksimum ilerlemenin köşe yarıçapını aşmamasına dikkat edilmemelidir. Genellikle kaba işlemlerde ilerleme değeri köşe yarıçapı büyüklüğünün yarısı civarındadır.

Kaba talaş kaldırma işlemlerinde tezgahın gücü, sabitliği ve hatta talaş oluşturma kabiliyeti genellikle sınırlayıcı faktörlerdir. Maksimum talaş debisi, sınırlayıcı faktörlerin dikkate alınması kaydıyla, yüksek ilerleme ve orta kesme hızı değerleriyle elde edilir.

İnce talaş kaldırma işlemlerinde ilerleme değeri ile beraber kullanılan köşe yarıçapı yüzey kalitesi ve hassasiyeti etkiler kesme işleminin büyük bir kısmı uç tarafından gerçekleştirilir. Genellikle ince talaş kaldırma işlemlerinde, köşe yarıçapı ve ilerlemenin koordinasyonunda, arzu edilen yüzey kalitesinin sağlanması için ilerleme değerinin belirli bir değerin altında tutulması zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Burada kural ilerleme değerinin köşe yarıçapının üçte birinden daha küçük olmasıdır.

### 3.3.1.6. Uç Tipleri

Talaş kaldırma işlemlerinin bir çoğunda istenilen kesme koşullarını verecek şekilde tasarlanmış çeşitli kesici uçlar mevcuttur. Kesici ucun tipi genellikle kesici ucun geometrisi ile belirlenir. Çeşitli kesme koşulları ve malzemeler kesici kenar açısından

farklı gereksinimleri beraberinde getirir. Örneğin alüminyumun işlenmesi ve sertleştirilmesi çeliğin işlenmesinden farklıdır. Kesici ucun şeklinin giriş açısına ve köşe yarıçapına bağlı olarak belirlenmesinden sonra uç geometrisinin belirlenmesi gerekir. Kesici ucun tipinin seçimi iş parçası malzemesine ve işleme ait çalışma alanına bağlı olarak yapılır. Bunun yanısıra tezgahın çalışma koşulları, gücü, sürekli veya aralıklı talaş kaldırma işlemi ve titreşim eğilimi de tip seçimini etkiler. Örneğin tornalama işlemi kaldırılan malzemeye, hassas boyutların ve istenilen yüzey kalitesinin elde edilmesine veya bu ikisinin bir kombinasyonuna bağlı olarak çeşitli çalışma alanlarına bölünmüştür.

Kesici ucun tipinin belirlenmesi aşamasında ilerleme ve talaş derinliği değerlerinin bu çalışma alanlarının birisinin içerisinde kalması gerekmektedir. Her bir çalışma alanına karşı gelen çeşitli kesici uç tipleri mevcuttur. Ancak her kesici uç için uygun çalışma alanı kesici ucun büyüklüğü, şekli, köşe yarıçapı gibi faktörlere göre değişim gösterir.

Uç tipini etkileyen bir başka temel faktör iş parçasının malzemesidir. Birçok ulusal standarda göre çok fazla sayıda takım malzemesi mevcuttur. Bunlara dayalı olarak hazırlanmış Coromant Malzeme Sınıflama (CMC) sisteminde malzeme aileleri sayılarla temsil edilir. Kesici uç geometrileri çeşitli malzemeleri en iyi koşullarda işleyecek şekilde tasarlanmışlardır.

Uç seçimini etkileyen diğer faktörler işleme bağlı olan faktörlerdir. Bunlar; aralıklı talaş kaldırma, titreşim eğilimi ve sınırlı tezgah gücüdür

Kesici uç geometrisi veya tipinin belirlenmesinde daha önceden belirlenen tutucu ve kesici uç şeklinin problem yaratması halinde seçme işlemi tersine çevrilir ve kesici uç geometrisinin seçimi önce yapılarak bu işlemi takiben kesici ucun tipi ve tutucu seçilir.

İşleme ve çalışma alanına göre önce işleme kriterleri belirlenir. İş parçası malzemesine ait CMC kodunun bulunmasından sonra ana malzeme grubu tayin edilir. Daha sonra bu gruba ait en uygun uç geometrisi seçilir.

### 3.3.1.7. Takım Malzemesi

Kesici ucun belirlenmesi işleminde son olarak takım malzemesi seçimi yapılır. Çok farklı takım malzemeleri mevcuttur ve takım malzemesi üzerindeki gelişmeler her geçen gün yeni takım malzemelerinin bulunmasına yol açmaktadır. Modern talaşlı imalat yöntemlerinde kullanılan takım malzemeleri işleme sertliklerine göre aşağıdaki şekilde gruplanabilir (Çakır, 1997):

- Kaplamalı sinterlenmiş karbürler (GC)
- Sinterlenmiş karbürler (C)
- Sermetler (CT)
- Seramikler (CC)
- Kübik bor nitrürler (CBN)
- Çok kristalli elmaslar (CD)

Kaplamalı sinterlenmiş karbür (GC) kaliteleri modern talaşlı imalat uygulamalarında en fazla kullanılan takım malzemelerini ve birçok tornalama işleminde en iyi çözümü oluştururlar. Bu malzemeler büyük çeşitlilikteki iş parçası için uygun takım malzemesi olup, sadece çeliğin işlenmesinde değil dökme demir ve paslanmaz çeliğin işlenmesinde de kullanılırlar.

Kaplamalı sinterlenmiş karbürler birçok işlem için ilk seçilmesi gereken takım malzemesini oluştururlar. Kaplamalı takımların yanında kaplamasız sinterlenmiş karbürler (C) de belirli iş parçası malzemeleri ve belirli çalışma alanlarında yaygın olarak kullanılırlar.

Titanyum esaslı sinterlenmiş karbür olan sermetler (CT) elverişli koşullarda, hafif kabadan inceye değişen işlemler için uygun takım malzemesidirler. Son derece iyi bir yüzey kalitesi sağlarlar

Değişik işlemlerde kullanılan, çeşitli kalitelere sahip seramikler (CC) dökme demirlerden çeliklere çeşitli talaş kaldırma işlemlerinde, ısıl dirençli malzemelerin ve sertleştirilmiş çeliklerin işlenmesinde kullanılırlar.

Doğru uygulamalarda son derece yüksek bir üretim hızı sağlamalarına karşın seramik takımlar kesme verileri, kesici kenar, işlem tipi açısından dengeli çalışma koşulları gerektirirler. Seramikler çok yüksek talaş debisine sahiptirler. Sahip oldukları uzun takım ömrü hassas ve kaliteli yüzeylerin elde edilmesini sağlar. Ancak bu malzemeler belirli bir grup iş parçası malzemesi için uygun değildirler. Seramik takımlarda kaplama yeni bir uygulamadır ve bazı işlemlerin optimizasyonunda son derece yararlıdır.

Kübik bor nitrür (CBN) çok sert bir takım malzemesidir ve sertleştirilmiş çelik, gri dökme demir ve nikel veya kobalt esaslı alaşımların işlenmesi için uygundur. Bu takımlar talaş kaldırmanın zor olduğu yerlerde kullanılırlar, üretim hızları ve takım ömürleri doğru uygulamalarda seramik ve karbür takımlara göre daha iyidir. Kübik bor nitrür esas itibarıyla sert malzemelerin ince işlenmesi için son derece uygun bir takım malzemesidir.

Çok kristalli elmas (CD) tamamıyla değişik bir uygulama alanına sahiptir. Bu takım malzemesi karbon içeren iş parçası malzemelerinin işlenmesi için uygun değildir. Son derece serttir. Uç olarak üretilir ve bu uç sert ve aşınmaya karşı dayanıklı bir kenara sahiptir. Demir esaslı metallerin ve metalik olmayan malzemelerin ince ve yarı ince işlemlerinde kullanılır. Bu malzemeler için en belli başlı iş parçası malzemesi örneği aşındırıcı alüminyum alaşımlarıdır. Doğru uygulamalarda kullanıldığında son derece uzun bir takım ömrüne sahiptir ve çok iyi bir yüzey kalitesi elde edilmesini sağlar.

Sinterlenmiş karbür kaliteleri genellikle üç grupta sınıflandırılabilirler; ana kalite, yardımcı kalite ve özel uygulama kalitesi.

Ana kaliteler çok geniş bir uygulama alanına sahip olup birçok uygulamada ilk önce ele alınacak kalitelere aittir. Yardımcı kaliteler ana kalitelere alternatif olan kaliteler, özel uygulama kaliteleri ise vida çekme ve kesme gibi özel uygulamalarda kullanılan kalitelere aittir. Takım malzemesi seçimi genellikle iş parçası malzemesine ve çalışma alanına bağlı olarak gerçekleştirilir. Çeşitli talepler, koşullar ve aşınma değerleri bir kalitenin bir diğerine tercih edilmesine neden olabilirler. İşlem için doğru kalitenin ve kesme verilerinin seçilmesi son derece önemlidir.

### **3.3.1.8. Kesme Parametreleri**

İşlem için tüm fiziksel faktörlerin belirlenmesinden sonra kesme parametrelerinin belirlenmesi işlemi gerçekleştirilir. Kesme parametreleri seçilen kesici takım malzemesine ait çalışma alanı ve iş parçası malzemesine bağlı olarak tablolardan seçilir.

İlerleme, kaba işlemede uygun talaş kaldırma hızı ve ince işlemede arzu edilen yüzey kalitesini sağlayacak şekilde seçilmelidir. Nominal kesme hızı tabloları iş parçası malzemesine bağlıdır ve sertlik değerlerinden etkilenir.

Kesme hızı ilerleme değerine bağlı olarak belirlenir. Tablolardaki (kesici takım katalogları) değerler belirli bir sertlik değeri ve 90°'lik giriş açısı için geçerlidir. Malzemenin sertlik değerinin bu değerden farklı olması halinde kesme hızı belirli bir katsayı ile çarpılarak düzeltilir.

### **3.4. Kesme Kuvvetleri**

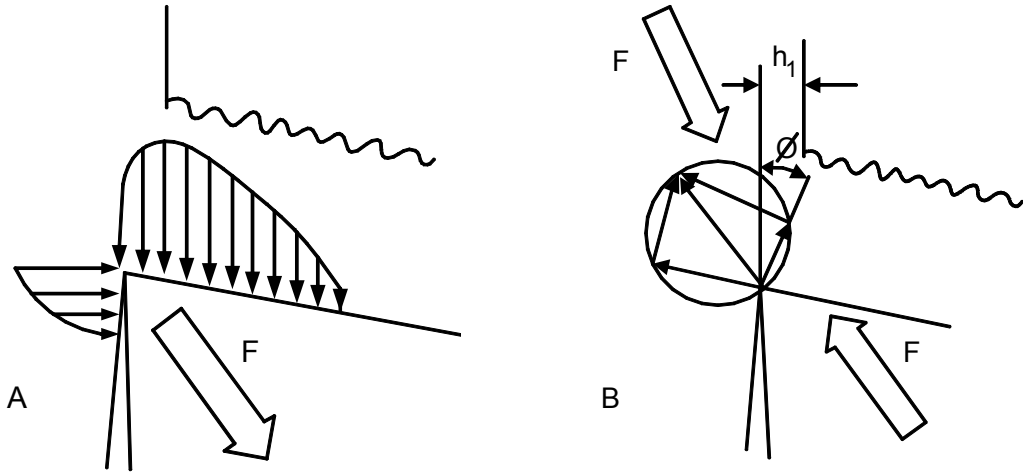
Talaş kaldırma işlemi, talaşı iş parçasından ayırmak için büyük bir güce gereksinim duyar. Bugünün kesici takımları düne nazaran gücü çok daha verimli kullanırlar ve işleme hızları da oldukça yüksektir. Kesme kuvvetlerinin anlaşılabilmesi sonucunda pozitif talaş kaldırma işlemi ve mukavemet açısından iyi dengelenmiş kesici

kenarların kullanımı söz konusu olacaktır. Dikkatlice tasarlanmış kesici geometrisi sadece sünek malzemelerin tornalama işleminde değil dökme demirlerin frezelenmesi işlemlerinde de işlemin bir parçasıdır. Talaş kaldırmak için gerekli olan güç ile kesme kuvvetleri arasında bir ilişki vardır.

Kesme kuvvetleri teorik olarak hesaplanabildiği gibi bir dinamometre yardımıyla da ölçülebilir. Bu kuvvetler genellikle talaş kaldırma kuvvetleridir. İşlem esnasında ortaya çıkan çok büyük basınç ve sürtünme, çeşitli yönlerden kesici uç üzerine etkiyen kuvvetlerin ortaya çıkmasına neden olur. Kesici kenar üzerine kesme işlemi boyunca uygulanan gerilme esas itibarıyla basma gerilmesidir, ancak genellikle bir miktar makaslama gerilmesi de söz konusudur. Talaş yüzeyi üzerindeki en büyük basma gerilmesi kenar üzerindedir (Şekil 3.5.(A)). Talaş ile talaş yüzeyi arasındaki alan kesme kuvvetlerine bağlıdır ki bu durum geometri optimizasyonu için en önemli nedenlerden biridir. Geometri optimizasyonu talaş oluşumunun kontrolü, kesme kuvvetleri ve kesici kenarın dayanımı açısından son derece gereklidir. Temas alanının ve kesici geometrisinin genellikle iş parçası malzemesine göre farklılık göstermesi nedeniyle iş parçası malzemesinin de kesme kuvvetleri üzerinde etkisi vardır. Soğutma sıvısının kullanımı da kesme kuvvetlerini etkiler, ancak bu kullanım düşük kesme hızlarıyla sınırlandırılmıştır.

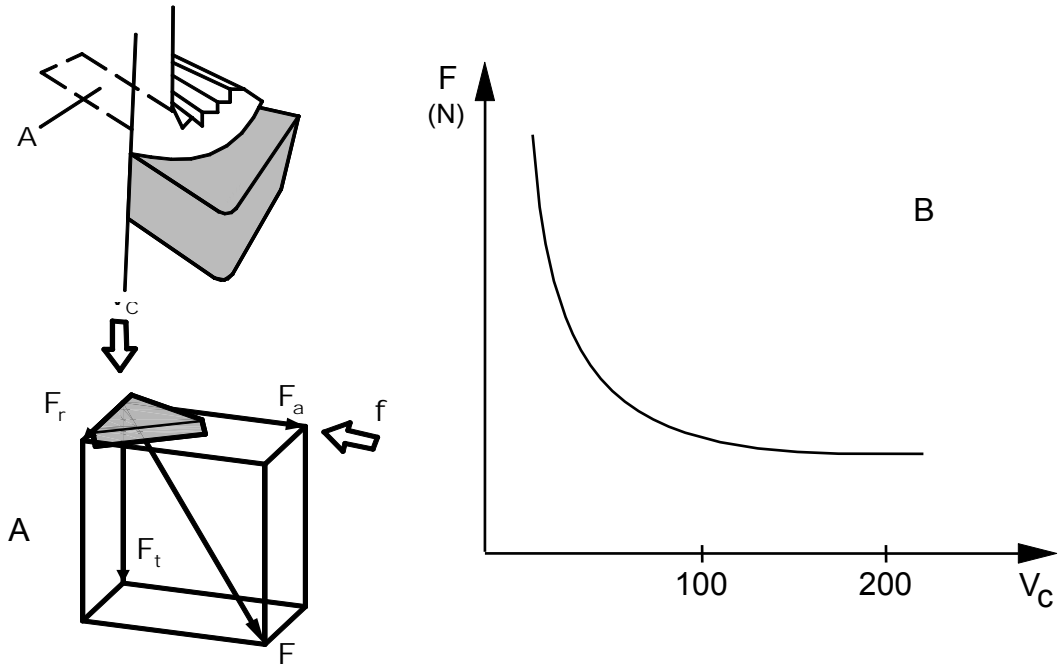
Şekil 3.5.(B)'de verilen ortogonal görünüşte gösterildiği gibi talaş kaldırma esnasında ortaya çıkan kuvvetler ve makaslama düzlemi açısından bir denge mevcuttur. Makaslama düzlemi boyunca iş parçası ve talaşa ait kuvvet, takım yüzeyi ve talaş arasındaki kuvvete prensip olarak eşittir.

Şekil 3.6.'da gösterildiği gibi kesme kuvveti üç bileşene sahiptir; teğetsel kuvvet ( $F_t$ ), radyal kuvvet ( $F_r$ ) ve aksenal kuvvet ( $F_a$ ). Teğetsel kuvvet sadece iş parçası ve takım arasındaki temas ve sürtünmeye değil, aynı zamanda talaş ile talaş yüzeyi arasındaki temas koşullarına da bağlıdır. Talaş oluşumunun ve talaş kırmanın kalitesi teğetsel kuvveti önemli ölçüde etkiler. Bunun yanı sıra, deforme olmamış talaş kalınlığı ( $h_1$ ) ile bu kuvvetin büyüklüğü arasında bir bağıntı vardır (Şekil 3.8.).



Şekil 3.5. Kesici kenar üzerinde basma gerilmesi ve kuvvetler

Birçok iş parçası malzemesi için kesme hızı artarsa kesme kuvvetleri düşer. Bunun nedeni akış bölgesindeki yüksek sıcaklıklar ve azalan temas yüzey alanıdır. Kesme kuvvetlerindeki azalma miktarı malzeme tipi ve koşullarına ve çalışılan kesme hızı aralığına göre farklılık gösterir (Şekil 3.7.).



Şekil 3.6. Kesme Kuvvetinin Bileşenleri

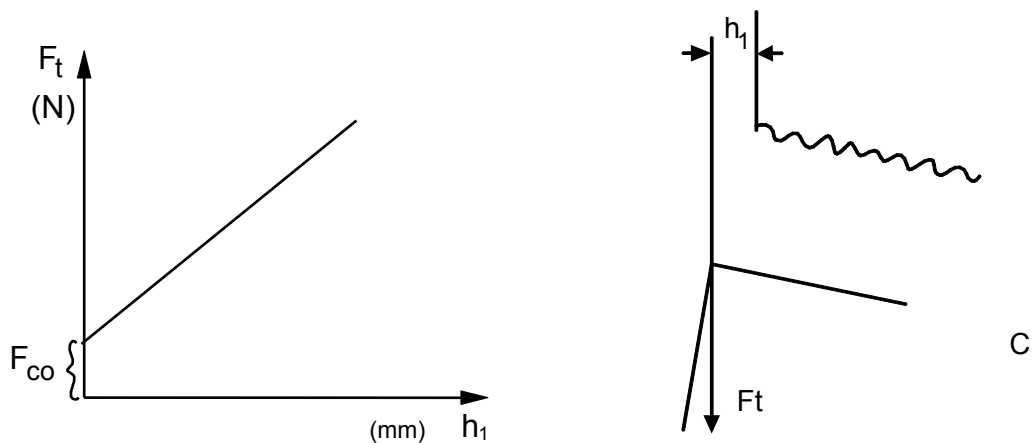
Şekil 3.7. Kesme Kuvveti/ Kesme Hızı



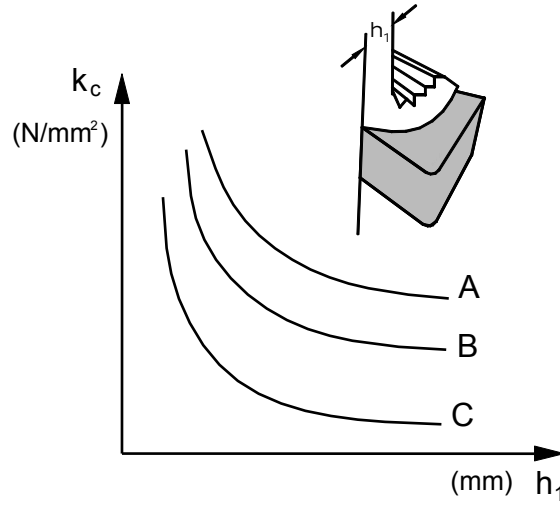
Teğetsel kuvvetinin büyüklüğü torku, dolayısıyla talaş kaldırma için gerekli gücü etkiler. Prensip olarak teğetsel kuvvet ile kesme hızının çarpımı talaş kaldırma için gerekli gücü verir.

Şekil 3.8.'de kuvvet ekseninde gösterilen  $F_{CO}$  kuvveti herhangi bir talaş oluşmadan önce malzemeyi deforme etmek için gerekli olan kuvvettir. Bu kuvvetin büyüklüğü iş parçası malzemesinin tipi ve koşullarına bağlı olarak değişiklik gösterir. Isıl dirençli, nikel esaslı bir alaşım için başlangıçta talaş oluşturmak için gerekli kuvvet alaşımsız alüminyum için gerekli kuvvetin 10 katından fazladır.

Özgül kesme kuvveti ( $k_C$ ) deforme olmamış talaş kalınlığı ( $h_1$ ) ve malzeme tiplerine göre değişimi Şekil 3.9.'da gösterilmiştir. Burada (A) paslanmaz çelik, (B) alaşımlı çelik, (C) gri dökme demir malzemeleridir. Özgül kesme kuvveti iş parçası malzemesinin makaslama akma mukavemetine ve makaslama düzleminin alanına bağlıdır. Makaslama düzleminin alanı değiştiğinde bu alan bağlı olarak kuvvet de değişir. Makaslama düzlemi alanının özgül kesme kuvveti üzerinde, talaş kaldırma işlemi esnasında değişiklik göstermeyen malzeme akma mukavemetine göre çok daha büyük etkisi olduğu düşünülmektedir. Ancak alaşım ilavesi ve ısıl işlem malzemenin akma mukavemetini değiştirebilir (Çakır, 1997).



Şekil 3.8. Kesme kuvveti / Deforme olmamış talaş kalınlığı



Şekil 3.9. Özgül kesme kuvvetinin değişimi

Özgül kesme kuvveti herhangi bir talaş kaldırma işlemi için güç hesabında kullanılan önemli faktörlerden biridir. Bu kuvvet  $\text{Newton/mm}^2$  cinsinden birim talaş kesit alanını kaldırmak için gerekli teğetsel kuvvet olarak tanımlanır. Bu kuvvetin birim talaş hacminin kaldırılması için gerekli özgül enerji ile yakın ilişkisi vardır (Şekil 3.10.).

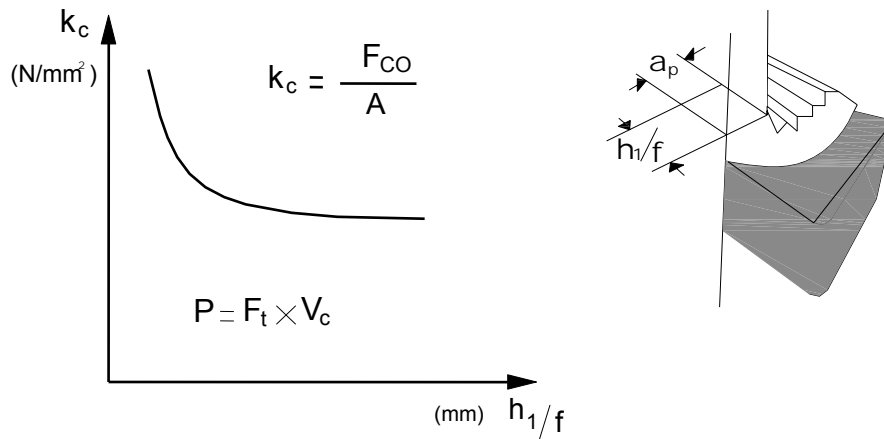
Talaş kaldırmak için gerekli gücün belirlenmesinde kullanılan özgül kesme kuvveti değeri çok çeşitli iş parçası malzemesi için mevcuttur. Bu değer malzemelerin işlenebilirliğinin belirlenmesi için de kullanılabilir. Özgül kesme kuvveti değerleri belirli kesme verileri kullanılarak işlenmiş, belirli koşullardaki malzemeler için geçerlidir. Şöyle ki bu değer kesme hızına bağlı olarak değişiklik gösterir: kesme hızının artması kesme sıcaklıklarının artmasına, bunun sonucu da  $k_C$  değerinin düşmesine neden olacaktır (Şekil 3.11.). Bunun yanı sıra kesici takım geometrisinin de  $k_C$  üzerine etkisi vardır: pozitif talaş açıları için  $k_C$  değeri negatif talaş açılarına göre daha küçüktür.

Teğetsel kuvvet için bir birim kuvvet gibi de tanımlana özgül kesme kuvveti deforme olmamış talaş kalınlığı/ilerleme oranına sıkı sıkıya bağlıdır.  $h_1$  kalınlığının artması  $k_C$  değerinin düşmesine neden olur. Bu ise işlemde üretilen talaşın kesiti küçüldükçe

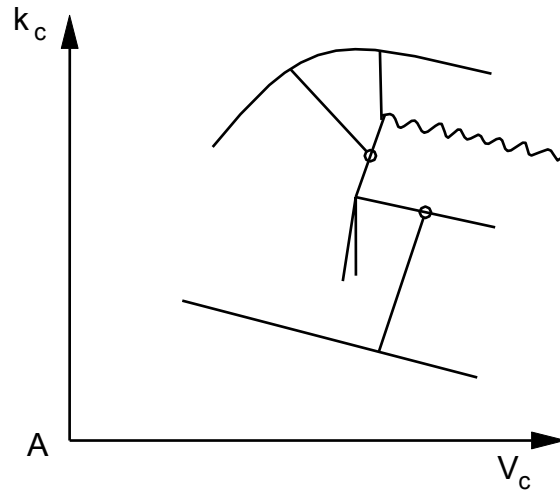
özgül kesme kuvvetinin, dolayısıyla gerekli gücün artması demektir. Bu kuvvet aynı zamanda talaş kaldırma işleminde en büyük ilerleme değerlerinin tavsiye edilmesinin bir nedenidir.

Radyal kesme kuvveti bileşeni ( $F_r$ ), teğetsel kuvvete dik açı yapan kuvvet (Şekil 3.12.), aksenal kesme kuvveti ( $F_a$ ) ise takımın ilerleme yönü boyunca, iş parçasının işlenme yönü doğrultusunda olan kuvvettir. Bu kuvvet delme işlemlerinde son derece önemlidir. Matkabın kesme kabiliyeti talaş kaldırma için gerekli kuvvetin büyüklüğüne etkide bulunur ve aksenal kuvvet gereksinimi matkabın çapı arttıkça artar.

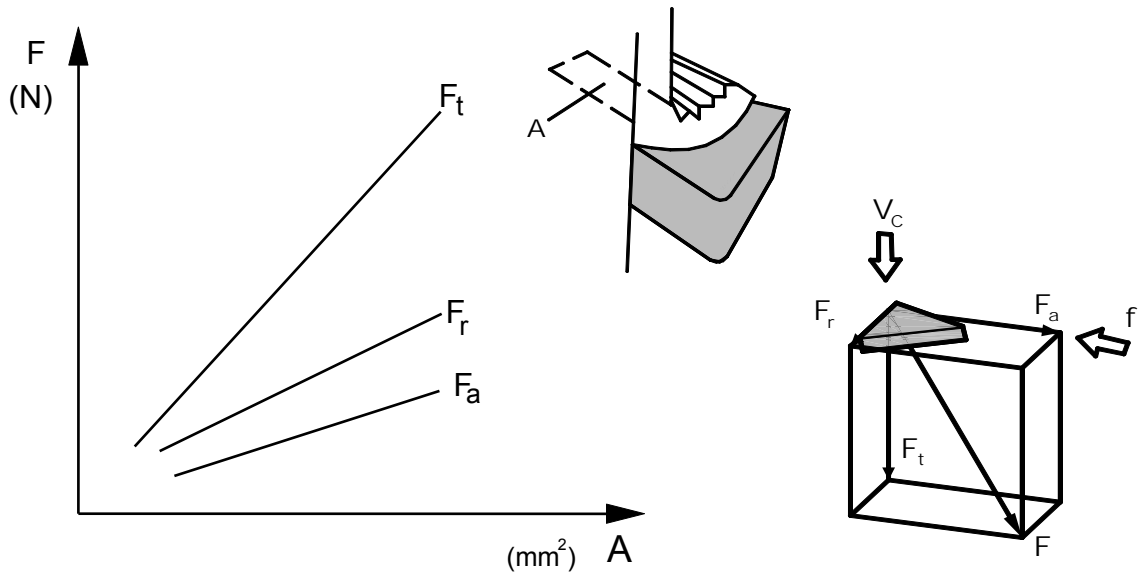
Geometri, özellikle giriş açısı aksenal ve radyal kuvvet bileşenlerinin büyüklüklerini belirler. Bu kuvvetler arasındaki ilişki özellikle narin bir iş parçası veya uzun bir takımında, hassasiyet gerektiren ve titreşimin istenmediği durumlarda son derece önemlidir. Talaş açısı ise radyal kesme kuvvetini etkiler. Pozitif talaş açıları düşük kesme kuvvetleri demektir (Çakır, 1997).



Şekil 3.10. Özgül Kesme Kuvveti / Güç



Şekil 3.11. Özgül Kesme Kuvveti / Hız

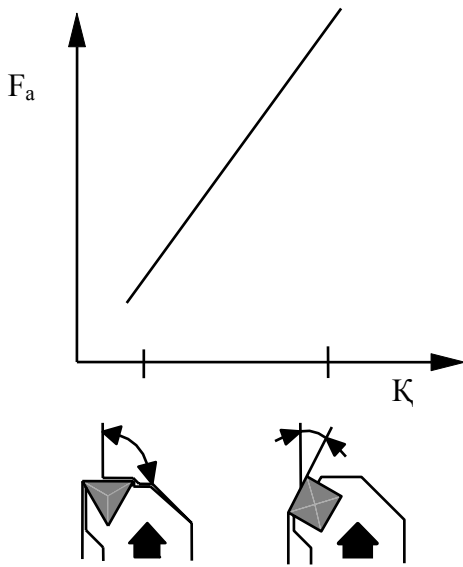


Şekil 3.12. Kesme Kuvvetinin Bileşenleri

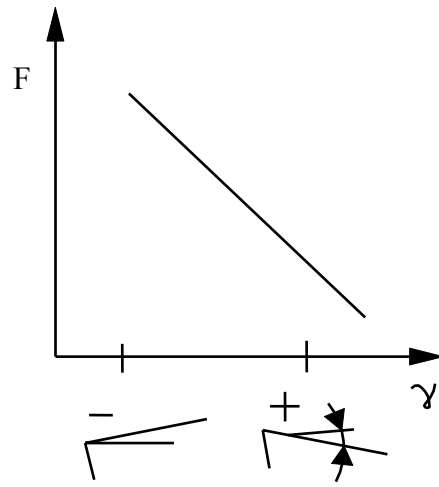
Kesme kuvvetlerinin farklı bileşenleri farklı talaşlı imalat işlemlerinde önem kazanır. Şöyle ki, teğetsel kuvvet frezeleme ve tornalama işlemlerinde, özellikle güç hesabında; radyal kuvvet delik işleme işlemlerinde; aksel kuvvet ise delik delme işlemlerinde diğer bileşenlerde daha önemlidir. Raydal kuvvetin büyüklüğü kullanılan giriş açısına ve köşe yarıçapına bağlıdır. 90 derecelik bir giriş açısı ve

küçük bir köşe yarıçapı radyal kuvveti minimize etmesine karşın takım eğmesi ve titreşime neden olması nedeniyle sakıncalıdır (Şekil 3.13.).

Kesme kuvvetinin her üç bileşeni de talaş kesitinin artmasıyla artar, ancak en büyük artışı teğetsel kuvvet gösterir. Kaba tornalama işlemlerinde kesme kuvveti bileşenleri arasındaki ilişki  $F_t, F_a, F_r = 4, 2, 1$  şeklindedir. Teğetsel kesme kuvveti radyal kesme kuvvetinin dört, aksel kesme kuvvetinin iki katıdır. Delme işleminde bu ilişki çok daha farklıdır ve önemli ölçüde ilerlemeye bağlıdır.



Şekil 3.13. Aksel kuvvet / Giriş açısı



Şekil 3.14. Kesme kuvveti / Talaş açısı

Titreşim kesme kuvvetlerinin etkisiyle ortaya çıkan bir durumdur. İş parçası veya takımındaki sehimlerin yanı sıra, değişen talaş derinliklerinin söz konusu olduğu talaş kaldırma işlemlerinde işleme koşullarındaki değişikliklerden, iş parçası malzemesinden ve yığma kenar oluşumundan etkilenir. Talaş kaldırma işleminde pozitif bir talaş açısına ve iyi talaş kırma özelliklerine sahip bir takım kullanıldığında yüksek kesme hızlarının kesme kuvvetleri/titreşim üzerinde olumlu etkilerde bulunduğu gözlenmiştir (Şekil 3.14.).

İşlem esnasında tüm sistemin sabitliğinin sağlanması son derece önemlidir. Takım tutucunun kalitesi ve kesici ucu uygun bir şekilde sabitleyebilmesi kesme işlemi için önemli faktörlerden bazılarıdır.

#### 4. YAPAY ZEKA UYGULAMALARI

Günümüzün rekabetçi ortamında başarılı olabilmek için bilgi yoğun sistemlerin kullanılması artık kaçınılmaz bir gerçektir. Bilgi yoğun sistemler, amaca ulaşmayı hızlandıran ve özellikle rekabet gücünün artmasına neden olan doğru karar vermede önemli bir unsurdur. Artık sanayi toplumları yerini bilgi çağında bilgi toplumlarına bırakmaktadır. Bilginin doğru ve amaçlara uygun olarak kullanılması ancak bilgi teknolojisinin ortaya çıkarttığı metot ve yöntemlerin kullanılması ile gerçekleştirilebilir.

Günümüzde bilgi teknolojisinin en önemli yaklaşımlarından biri de önemi gittikçe artan yapay zeka uygulamalarıdır. Yapay zekanın belirlenmiş ve üzerinde herkesçe fikir birliğine varılmış tek bir tanımı yoktur. Farklı yaklaşımlardaki kişilerin, yapay zekayı algılayışları da farklıdır. Örneğin, belirli konularda özelleşmiş ve yalnızca bu konuda bir “zeka”ya sahip programları, yapay zeka olarak adlandırılanlar vardır. Ancak, bu tür programların “uzman sistemler” olarak kabul edilmesi gerektiğini söyleyenler çoğunluktadır. Bu kişilere göre bir insan önceden hiç rastlamadığı bir durum karşısında nasıl karar veriyorsa, bir sistemin de yapay zeka olarak tanımlanabilmesi için aynı yetiye sahip olması gereklidir. Diğer bir ifadeyle, bazı karmaşık hesaplamaları yapabilen yada önceden tanımlanmış belirli soruları sorduğumuzda yanıtlayabilen bir sistem, tam anlamıyla yapay zeka kavramı içinde tanımlanmaktadır. Burada önemli nokta, insan tarafından yapıldığında zeka olarak adlandırılan davranışların bilgisayar tarafından taklit edilebilmesidir. Bugün bu davranışlar, karar verme, problem çözme, yorumlama, planlama, kontrollü sistematik olarak sınıflama, tanıma vb. ile sınırlıdır. Bir sistemin gerçekten yapay zeka olabilmesi için, çözüm algoritmaları kesin çizgileriyle kendisine verilmeden, problemleri çözmek amacıyla kendi kullanacağı kavram ve teknikleri geliştirebilmelidir. Bunu yapabilmek için, öncelikle insanların bir olay karşısında karar vermeye ve o olaya çözüm getirmeye çalışırken nasıl bir düşünce yolu izlediklerini belirlemek ve onu taklit etmek gereklidir. İnsanların izledikleri düşünce yolu dendiğinde işin içine duygu, karakter ve özgün düşünce de girmektedir. Bunlar ise tanımlanması güç özellikleri olduğundan yapay zeka çalışmalarının önünde birer engel olarak durmaktadır.

Bütün bunlara rağmen “yapay zeka” yolunda çalışmalar büyük bir hızla devam etmektedir. Bugüne kadar geliştirilen yapay zeka sistemlerinin karakteristik özellikleri şu şekilde sıralanabilir(Çolak, 2003);

1. Nümerik bilgiler yerine sembolik bilgileri işlerler.
2. Belirli algoritmalar kullanarak problemleri çözmek yerine sezgisel ve tecrübeye dayalı yaklaşımlarla problemleri çözerler.
3. Eksik ve belirsiz bilgileri işleyebilme özelliğine sahiptirler.
4. Bilinen teknikler ile matematiksel modeli kurulamayan problemlerle uğraşırlar.
5. Öğrenebilme yetenekleri vardır.
6. Hata yapabilirler.

Yukarıda belirtilen özelliklerin hepsinin bir yapay zeka sisteminde bulunması mümkün olmayabilir. Çünkü değişik teknolojiler, değişik özelliklerin öne çıkmasını sağlarlar. Bu yüzden bir çok yöntemi birlikte kullanan hibrit sistemler, oldukça karışık problem çözümlerinde kaçınılmaz hale gelmiştir.

Yapay zeka teknolojisi hızla gelişmekte olup, birçok dallara ayrılmaktadır. Bu dallardan; robotik ve uzman sistemler yapay zeka uygulamalarının en yoğun kullanıldığı alanlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunların dışında her alanda kullanılabilecek mimariye sahip, yapay sinir ağları, bulanık mantık, genetik algoritmalar ve karınca kolonisi gibi yöntemler bugünkü yapay zeka uygulamalarının uygulama alanlarını genişletmektedir.

Yapay zeka teknolojisinin uygulama alanlarında kullanılan modern mühendislik yöntemlerinden birisi olan yapay sinir ağları insan beyninin varsayılan çalışma prensiplerini model olarak geliştirilmiş sistemlerdir. Birbiri ile paralel olarak çalışan birbirine bilgi gönderen ve bilgi alan proses elemanlarının (yapay sinir hücrelerinin) hiyerarşik organizasyonundan oluşur. Yapay sinir hücreleri bir ağ şeklinde birbirlerine bağlanmıştır. Aradaki bağlantıların bir değeri (ağırlığı) vardır. Bir sinir



hücresinin sahip olduğu bilgi bu bağlantı değerleri ile gösterilir. Zeki davranış ve öğrenme yeteneği bu bağlantı değerlerinin kullanılması ile ortaya çıkar.

Geleneksel programlama yöntemleri ile çözülemeyen birçok problem YSA ile çözülebilmektedir. YSA'nın kullanımını iki temel durumda etkili olmaktadır.

1. Geniş veri takımlarının yorumlanması istenen incelemelerde
2. Giriş ve çıkış verileri belli, fakat bu veriler arasındaki ilişkilerin iyi bilinmediği lineer olmayan (nonlinear) durumlardadır.

#### **4.1. Yapay Sinir Ağları**

Yapay sinir ağları, insan beyni esas alınarak modellenmiş bir sistemdir. Çeşitli bağlantılarla birbirine bağlı birimlerden oluşmaktadır. Her birimde basitleştirilmiş bir nöronun niteliklerini taşır. Yani birçok nöron belirli biçimlerde bir araya getirilerek bir işlev gerçekleştirilmesi sağlanır. Sinirsel ağ içinde olan birimlerin her birinin belli bir işlevi vardır ve katmanlar şeklinde örgütlenmiştir.

Yapay sinir ağları, klasik yöntemlerle çözülemeyen problemleri insan beyninin çalışma sistemine benzer yöntemlerle çözmeye çalışır. Geleneksel yöntemlerin ve bilgisayarların yetersiz kaldığı sınıflandırma, kümeleme, duyu-veri işleme, çok duyulu makine gibi alanlarda beynin bazı fonksiyonlarını özellikle öğrenme yöntemlerine benzetim yolunu kullanarak ve böylece de bu gibi alanlarda çok başarılı sonuçların elde edilmesi sağlanmaktadır. Yapay sinir ağlarının temel yapısı beyne sıradan bir bilgisayarınkinden daha çok benzemektedir. Yine de birimleri gerçek nöronlar kadar karmaşık değildir. Ağların çoğunun yapısı beyin kabuğundaki bağlantılarla karşılaştırıldığında büyük ölçüde basit kalmaktadır.

Yapay sinir ağları, giriş ve çıkışları olan kara kutular gibi düşünölmektedir. Bu kara kutuların işlevi basitçe matematiksel bir fonksiyonu temsil etmek içindir.

Sıradan bir bilgisayarın akla uygun bir sürede eğitilebilmesi için bir ağın son derece küçük olması gerekmektedir. Fakat daha hızlı çalışan bilgisayarlar piyasaya çıktıkça zamanla gelişmeler sağlanacaktır.

Yapay sinir ağlarında bağlantı, katman ve nöron sayılarının çokluğu temsil ettikleri sistemin karmaşıklığını belirler. Ne kadar çok nöron varsa, o kadar gelişmiş (karmaşık) sistemler modellenebilir. Bu özellikler ile yapay sinir ağları klasik yöntemlerle çözülemeyen problemleri insan beyninin çalışma sistemine benzer yöntemlerle çözmektedirler. Ancak yapay sinir ağlarının kesinlikle %100 doğru çalışacağı hiçbir zaman söylenemez. Çünkü yapay sinir ağlarında insan beyni gibi her zaman hata yapabilir.

Yapay sinir ağlarının diğer bir dezavantajı da karmaşık sorunları çözmek için ya çok büyük ya da çok katmanlı ve çok nöron içeren sinir ağlarına ihtiyaç duymasındır. Yapay sinir ağları büyüdükçe çalışmaları (hızı) üstel bir şekilde yavaşlamaktadır. Yani yapay sinir ağlarının çalışma hızlarını etkileyen en önemli etken katmanların (tabaka) ve nöronların sayısıdır. Her katmanda 1 veya daha fazla nöron bulunur. Her katmanda nöron ve katman sayısı toplam nöron sayısını etkiler. Toplam nöron sayısı ve nöronlar arasındaki bağlantılar (ağ) ne kadar çok ise yapay sinir ağlarının çalışma hızı da üstel bir şekilde azalır.

Yapay sinir ağlarının özellikle tahmin problemlerinde kullanılabilmesi için çok fazla bilgi ile eğitilmesi gerektiği unutulmamalıdır.

#### **4.1.1. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı**

Yapay sinir ağlarının çalışma hızlarını etkileyen en önemli etken yapay sinir ağlarının iç mimarisine ait olan katmanların (tabaka yada layer) ve düğümlerin (node) sayısıdır. Her katmanda bir yada daha fazla düğüm bulunur, ama genelde birden fazladır. Her katmandaki düğüm sayısı ve katman sayısı sonuç olarak toplam düğüm sayısını etkiler. Toplam düğüm sayısı ve düğümler arasındaki bağlantılar ne kadar çok ise yapay sinir ağlarının çalışma hızı buna paralel olarak, ama üstel bir

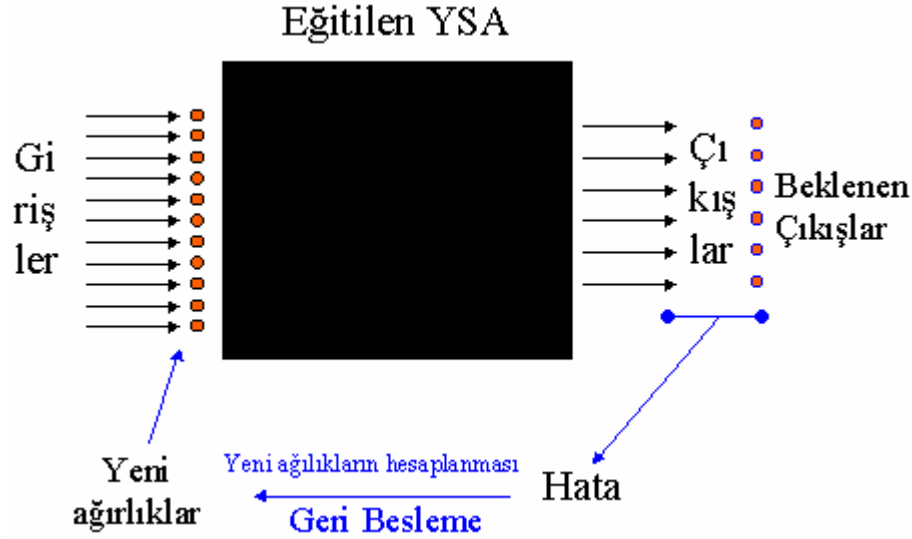
şekilde azalır. Bu nedenle şimdilik yapay sinir ağlarının en büyük problemi bu hız problemidir. Çünkü gerçekçi problemler genelde çok sayıda düğüm ve katman gerektiren karmaşıklığıdır. Dolayısıyla yapay sinir ağları gerçek problemlerde biraz yavaş çalışmaktadırlar. Bu problemin halli için geliştirilen yöntemler paralel işlemenin kapsamına girer.

Bir yapay sinir ağlarının birim elmanı düğümdür (nöron yada node). Yapay sinir ağlarındaki düğümlerin bir çıkışları ve genelde birden fazla girişleri vardır. Bu çıkış ve girişler diğer düğümlere, yapay sinir ağlarının çıkışına veya yapay sinir ağlarının girişine bağlanabilir. Düğümlerinin tamamı yapay sinir ağlarının girişini oluşturan ve bu düğümlerin kendi girişi olmayan katman giriş katmanı, düğümlerinin tamamı çıkışı oluşturan ve bu düğümlerin kendi çıkışı olmayan katman çıkış katmanı olarak, diğer katmanlar ise ara katmanlar yada dışardan görünmedikleri için gizli katmanlar.

Bir yapay sinir ağları düğümünün görevi girişindeki sayıları kendi ağırlık değerleri ile çarpıp, sonra çarpımları toplayıp, toplamı bir yumuşatma fonksiyonundan (genelde sigmoid veya tanh) geçirdikten sonra çıkışa vermektir. Ancak giriş ve çıkış katmanındaki nöronlar bu kuraldan hariçtir. Giriş katmanındaki nöronlar sadece içerdikleri değeri çıkışa aktarırlar. Çıkış katmanındaki nöronlar ise sadece kendi girişlerindeki verilerin uygun ağırlıklarla çarpılmış hallerini toplayıp saklarlar. Bu işleme ilerleme (propagation) denilir. Bir nöronun çıkışındaki değerlerin genelde 0..1 (sigmoid) veya -1..1 (tanh) arasında olması istenir. Bu değerler o çıkışın seçilme derecesini gösterir. Burada yumuşatma fonksiyonun görevi hem çıkışları belirli değerler arasında tutmak hem de sürekli bir fonksiyon oluşturmaktır. Fonksiyonun sürekli olması türevinin alınması için türevinin alınması ise eğitime aşamasındaki algoritmalar için gereklidir. Fonksiyonun türev karakteristikleri eğitime aşamasının hızını ve başarısını da etkiler. Bu nedenle yaygın olarak kullanılan fonksiyonlar önceden de belirtilen sigmoid ve tanh fonksiyonlarıdır.

#### 4.1.2. Yapay Sinir Ağlarının Çalışma Şekli

Yapay sinir ağlarının iki türlü çalışma şekli vardır. Biri eğitime diğeri kullanma aşamasıdır. Bir yapay sinir ağlarının kullanılabilmesi için önce eğitilmesi gerekir (Şekil 4.1.).



Şekil 4.1. Yapay Sinir Ağlarının Çalışma Şekli

##### 4.1.2.1. Eğitime

Eğitime aşamasında yapay sinir ağlarının içindeki düğümlerin (node) birbirine bağlantı yüzdelerini gösteren ve ağırlık (weight) diye tabir edilen değerler hesaplanır. Bu aşamada genellikle kullanılan algoritma geriye yayılma yada geriye yansıma (Back Propagation) algoritmasıdır. Geriye yayılma algoritmasının özü; ilerleme sonucunda ortaya çıkan hatanın, geriye doğru yansıtılarak, ağırlıkların daha doğru sonuçlar verecek şekilde değiştirilip yeniden hesaplanarak düzeltilmesidir.

Eğitime aşamasında ağırlıkların hesaplanabilmesi için yapay sinir ağlarına girişler ve karşılık gelen çıkışlar verilir. Yapay sinir ağları için öğrenme bu giriş ve çıkış verileri arasında bir çeşit bağlantı kurmak diye de tanımlanabilir. Eğitime aşamasında hesaplanan bu ağırlık değerleri daha sonra sadece girişlerin verilir çıkışların hesaplanmasının istenildiği kullanma aşamasında işe yararlar. Eğitime aşamasının bir

basamağı hem ilerleme hem de geri yayılma safhalarını içerirken, Kullanma aşamasında sadece ilerleme işlemi uygulanır. Zaten gerçek sonuçlar bilinmediğinden hatanın hesaplanıp geri yansıtılması mümkün değildir.

#### 4.1.2.2. Kullanma

Kullanma aşamasındaki algoritma eğitime aşamasına göre daha basittir. Dolayısıyla yapay sinir ağları kullanma aşamasında eğitime aşamasına göre daha hızlı çalışırlar. Yani bir kere tam manasıyla eğitilmiş olan bir yapay sinir ağları eğitime aşamasında güçlükler çıkarmış olsa da, kullanma aşamasında özellikle hız açısından o kadar sorun çıkarmaz. Eğitimde de bahsettiğim gibi, kullanma aşamasında girişlere karşılığı istenen değerler konulur. Eğitimde hesaplanan ağırlık değerleri bu aşamada, sadece giriş değerlerini verilip çıkışların yapay sinir ağları tarafından hesaplanmasında kullanılır.

#### 4.1.3. Öğrenme Kuralları

Pek çok öğrenme kuralı kullanımı yaygındır. En iyi bilinen ve en eski öğrenme kuralı Hebb kuralıdır. Araştırmalar farklı öğrenme fonksiyonları, sürekli ticari yayınlarda düzenli olarak yeni fikirler ortaya çıkarmaktadır. Bazı araştırmacılar onların ana amacı gibi biyolojik öğrenmeyi modellerler.

**Hebb Kuralı:** Donald Hebb tarafından ortaya çıkarılan bu kural ilk ve şüphesiz en iyi bilinenidir. Tanımını 1949'da kendi kitabı olan *The Organization of Behavior*'da yapmıştır. Onun temel kuralı: Eğer bir nöron, başka bir nörondan bir giriş alırsa ve eğer her ikisi yüksek derecede hareketli ise (matematiksel olarak aynı işarete sahip) ağırlıklar nöronlar arasında kuvvetlendirilmiş olacaktır.

**Hopfield Kuralı:** Kuvvetlendirici yada zayıflandırıcı büyüklük belirtilmesi istisnasıyla Hebb kuralına benzer. O durum; eğer istenen çıkış ve giriş her ikisi de hareketli yada her ikisi de hareketsiz ise, öğrenme değeri tarafından bağlantı noktası artar, aksi takdirde öğrenme değeri tarafından ağırlık azaltılır.

**Delta Kuralı:** Bu kural Hebb kuralının daha uzak değişimidir. Çok yaygın kullanılan kuralların biridir. Bu kural basitçe; işlenen elemanın gerçek çıktıları ve istenen çıktı değerleri arasındaki farkın (delta) azaltılması için giriş bağlantılarının kuvvetini sürekli değiştirme fikrine dayalıdır. Karesi alınan ağ hatasının en aza indirilmesi anlamına gelen bu yöntemde, bu kural sinaptik ağırlıkları değiştirilir. Bu kurala da Widrow-Hoff öğrenme kuralı ve En az Ortalamanın Karesini alma öğrenme kuralı gibi başvurulur.

Giriş bağlantı ağırlıklarının ayarlanması için önceki sinir tabakasında kullanılan ve transfer fonksiyonunun türevi tarafından dönüştürülen çıkış tabakasındaki delta hatası olan delta kuralı bu yöntemde çalışır. Diğer sözcüklerde, bu hata bir zamanda, bir tabaka, önceki tabakaların içine geri beslenir. Ağ hatalarının geri besleme süreci ilk tabakaya ulaşıncaya kadar devam eder. İleri beslemeli olarak isimlendirilen ağ tipi ismi hata terimi hesaplaması yöntemi olan geri beslemeden türetilmiştir.

Delta kuralı kullanılırken giriş veri kümesinin iyi bir şekilde rasgeleleştirildiğinden emin olmak önemlidir. İyi bir şekilde düzenlenen yada yapılandırılan eğitim verisi sunumu, bir ağın istenen doğruluğa yaklaşımına sebep olur. Eğer bu olursa, o zaman ağ problemi yetersiz öğrenmedir.

#### **4.1.4. İleri Besleme, Geriye Doğru Yayılımlı Ağlar (Feedforward,Back-Propagation Network)**

Birkaç farklı araştırmacı tarafından 1970'liler de hatanın geriye doğru yayılımı yapısı geliştirilmiştir ( Werbor, Parker, Rumelhard , Hinton ve Williams ). Bunun sonucu olarak, farklı konferans ve yazıların üretilmesiyle sonuçları bağımsız şekilde geliştirilmiş ve bütün endüstri kuruluşları teşvik edilmiştir. Şimdilerde, bu ortak çalışma özelliğine sahip olarak geliştirilen geriye doğru yayılımlı yapı çok ünlü, etkili ve karmaşık problemler için kolay bir model olmuştur. Çok katmanlı ağlardır. Bu ağ, diğer bütün ağlardan daha çok kullanılır. Bu ağ uygulamaların çok farklı türlerinde kullanılır, pek çok farklı topoloji ve öğrenme metotlarıyla ağların büyük

bir sınıfını meydana getirir onun en büyük gücü kötü tanımlanmış problemlerden non-lineer çözüm yapabilmesidir.

Tipik bir hatanın geriye doğru yayılımı ağı bir giriş katmanı, bir çıkış katmanı ve en az bir gizli katmandan meydana gelmektedir. Gizli katman da sınır yoktur, yalnız yaygın olarak 1 veya 2 tane gizli katman kullanılır.

Giriş ve çıkış katmanlar, hatırlama süresince bilginin akışını göstermektedir. Hatırlatıcı, kabul edilen cevap ve eğitici ağ içindeki veri girişi yerleştirme işlemleridir. Geriye doğru yayılım hatırlama süresince kullanılmaz ancak sadece ağ, bir eğitim seti öğrenirken kullanılır.

Katmanların numarası ve her bir katman işleminin numarası önemlidir. Onlar ağ tasarımcısının hüneridir. Onlar her bir özel uygulama için ağın planına en iyi cevabı niteleyemez. Bu yapıda genel kurallar vardır, pek çok araştırmacı ve mühendisler tarafından onların problemlerini bu kurallara uygulamaktadır.

#### Kural 1

Girişteki veri ve çıkıştaki artırılma isteği arasındaki ilişki karmaşık olduğu için, gizli katmandaki işlemlerin numaraları artırılabilir.

#### Kural 2

Eğer işlem içinde çok kademeli farklı model olursa, ek gizli katmanlara ihtiyaç duyulur. Eğer işlemler içindeki kademeler farklı değilse, ek katmanlardan sonra ancak ezberlemeye olanak sağlayabilir ve gerçek bir genel toplam değildir.

#### Kural 3

Gizli katmanlardaki işlemlerin numarası için öğrenmeye hazır verinin miktarı bir üsttekine bağlı olarak saptayabilir. Ağlardaki işlemlerin giriş ve çıkış işlemlerinin sayılarının tamamı tarafından eğitmede, yerleştirmede ve sayıları ayırmakta giriş-çıkış

çifti örneklerinin sayıları kullanılır. 5 ve 10 arasında bir ölçü faktörü tarafından sonuç tekrar edilir ki ondan sonra bölünür.

En büyük ölçü faktörleri benzer sesli veriler için kullanılır. Gizli katmanlarda az işleme öğelerine sahip olması önemlidir. Daha çok yapay sınırlar ve eğitimde ezberleyebilir. Eğer bu oluşumlardan sonra veri akımında genelleme olmayacak olursa, ağ üzerine en az yeni veri yerleştirmektedir.

Yukarıdaki kurallar bir ağ yapımında kullanılır kullanılmaz öğretilme işlemi başlar. Gerçek çıkış ve istenen çıkış arasındaki farkın hesaplanması ile başlar ve bu öğretim işlemi bir ileri beslemeli ağı için Delta Rulenin birkaç farklı türü kullanılabilir. Bu hatalar oluştuğunda küresel doğruluk için bir ölçü etkeni hata zamanı oranındaki ağırlıklar arasındaki ilişkiler artmaktadır. Bazı işlemlerde girişler, çıkış ve istenen çıkışlardaki bir düğüm olanağı sunar.Çıkıştaki bir yanlışa en çok giriş katmanı katkıda bulunur ki, buda öğrenme mekanizması için karmaşık bölümü belirlenen sistem içindir. Bir aktif düğüm noktası hataya katkıda bulunamaz ve ağırlıklarında değişimlerine ihtiyacı olamaz. Bu problemin çözümünde öğrenme girişleri, ağı giriş katmanında uygulanmaktadır ve istenilen çıkışları çıkış katmanında karşılaştırmaktadır.

Öğrenme işlemi boyunca, ağ vasıtasıyla bir ileriye sürükleyebilir ve katman tarafından her bir öğrenim çıkışını katman hesaplamaktadır. Son katmanın çıkışı arasındaki fark ve önceki katmanlardaki istenen çıkışlar geri yayınımlıdır, transfer fonksiyonun türevi alındığında biraz değiştirilebilir ve ağırlık ilişkilerinin normal önermesinde Delta Rule kullanılır. Giriş katmanına ulaşmasına kadar bu yöntemler önceki katmanlar için ilerler.

Minimum sabit olmayan durumlarda, momentum hata ilişkisini müsaade edilen çok çabuk öğrenme için tanıtılmaktadır. Geri yayımlı, giriş-çıkış örnekleri ile, öğreticili öğrenmenin kısımlarına ihtiyacı vardır.



İleri beslemeli,geri yayımlı ağ yapıları pek çok alanda kullanılan yapılardır. Özellikle mühendislik problemlerin çözümünde yaygın olarak kullanılır.

#### **4.1.5. Yapay Sinir Ağlarının Uygulama Alanları**

Günümüzde, teknolojik gelişmeler ve bununla bağlantılı olarak daha mükemmeli arayan müşteri talepleri beraberinde daha karmaşık sistem ve yaklaşımları zorunlu hale getirmiştir. Bu karmaşık sistemlerle ilgili problemleri çözmek geleneksel mühendislik yöntemleriyle çoğu zaman mümkün olmamaktadır. Bu noktada uzman bilgisini öğrenebilen, karmaşık eşleştirmeleri yapabilen ve non-lineer problemleri daha hızlı ve yüksek doğrulukta çözebilen akıllı sistemler yada modern mühendislik yöntemleri ( bulanık mantık, genetik algoritmalar, yapay sinir ağları), geleneksel yöntemlere alternatif olmaya başlamıştır.

Özellikle çok parametrelili ve girdi-çıkı ilişkileri doğrusal olmayan (non-lineer) sistemler üzerinde çalışırken; insan beyninin özellikle öğrenme kabiliyetini taklit etme felsefesine dayanan yapay sinir ağı yapılarının kullanımı oldukça başarılı sonuçlar vermektedir.

Yapay sinir ağlarının, hem yapısal açıdan hem de öğrenme algoritmalarının çeşitliliği, karmaşık problemlerin çözümünde tasarımcıya oldukça farklı imkanlar sunmakta ve bu da bu yöntemin birçok alanda kullanımına neden olmaktadır.

Bugün yapay sinir ağları; oldukça fazla girdi-çıkı verilerine sahip Kaotik sistemlerin denetiminden, robot uygulamalarına, borsa ve işletme yönetiminden tıp alanına, savunma sanayinden elektronik ve haberleşme sistemlerine, görüntü ve ses işlemeden optimizasyon ve sinyal işlemeye kadar birçok alanda başarı ile uygulanmaktadır. Bu konuda gelecekte sesle kontrol edilebilen cihazlar ve güvenlik sistemleri, hatta sahibinin sesiyle çalışan sistemler çok uzak değildir.

Genel olarak yapay sinir Ağları; tahmin, sınıflandırma, veri ilişkilendirme, veri kavramsallaştırma ve veri süzme gibi işlemleri yapabilmektedir.

## 4.2. Evrimsel Programlama (EP)

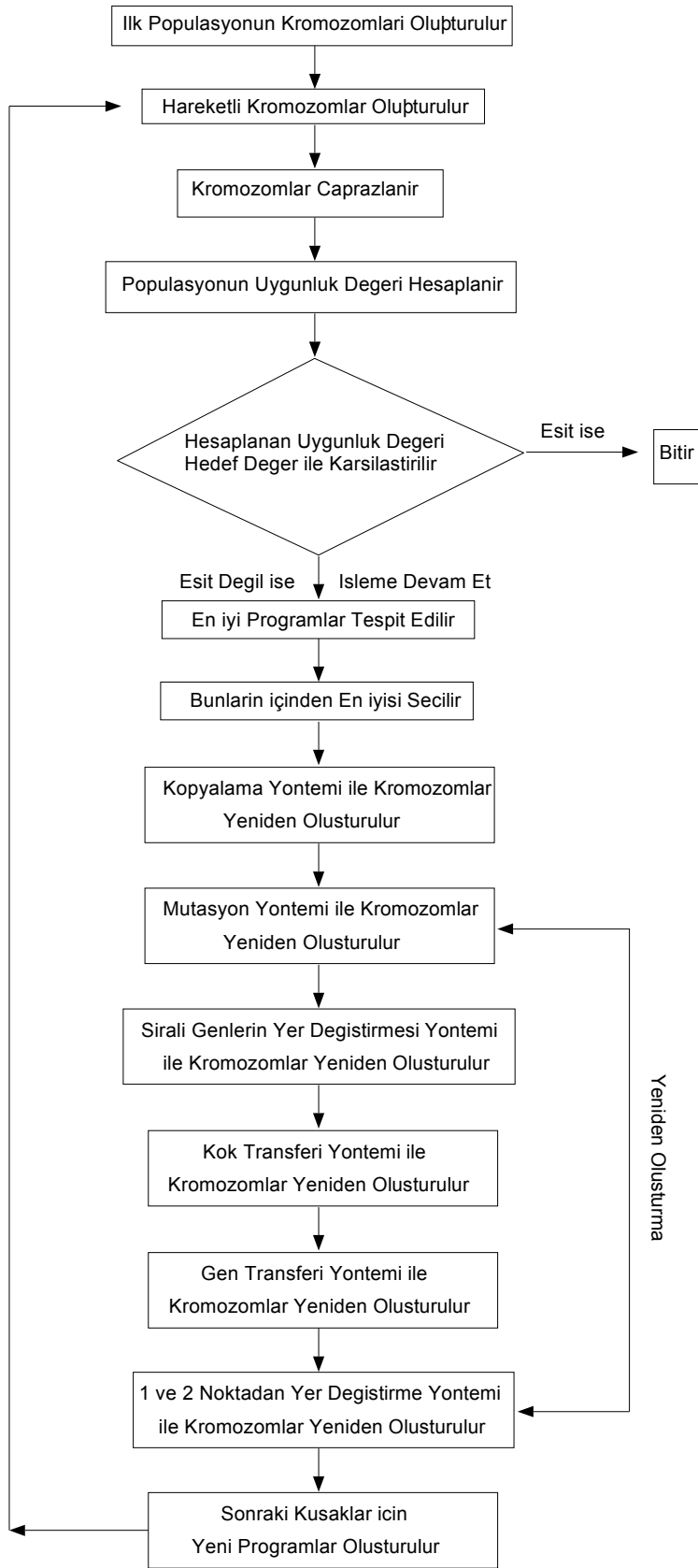
Evrimsel Programlama Algoritması bilgisayar programı tarafından yeniden oluşturulabilen sabit sayıda ve uzunlukta lineer kromozomlardan oluşur. Oluşturulan kromozomlar “Açıklama Ağaçları” (AA) şeklinde EP’ in operatör ve işlemcileri sayesinde farklı şekil ve boyutlarda ifade edilebilmektedirler. EP algoritması, Genetik Algoritma (Genetic Algorithm GA) ve Genetik Programlama (Genetic Programming GP) algoritmaları gibi bir veya daha çok genetik operatör kullanarak rasgele elde edilen yeni kromozomlardan hedef fonksiyon ve değerlere (Fitnes) ulaşır. Elde edilen yeni popülasyonlar hedef değerlere en uygun fonksiyonu veren algoritmadır (Candida, F., 2001).

EP Algoritması, Genetik Algoritma (GA) ve Genetik Programlama (GP) algoritmalarının bir bileşkesi olarak geniş bir fonksiyon taraması yapar. EP her iki algoritmanın avantajlarını bünyesine birleştirmiştir. Yapısal olarak bu üç algoritmanın arasındaki farklılıklar ve benzerlikler şu şekilde sıralanabilir:

- Genetik Algoritmalarının karakteristiği, sabit uzunluktaki kromozomlardan oluşan lineer dizidir. Bu lineer diziler basit lineer problemler için genetik operatörlerle kolayca çözüm üretmesine rağmen karmaşık, non-linear problemlerde fonksiyonel değildirler. Genetik Algoritma genellikle fonksiyonların genel optimizasyonlarında kullanılır. Genetik algoritma aynı zamanda genetik programlama ve genetik tabanlı makine eğitiminde de kullanılabilir.
- Genetik Programing Algoritmaları Genetik Algoritmalarından farklı olarak değişik boyut ve şekillerdeki non-linear değişkenler arasındaki ilişkileri ifade etmek için oluşturdukları “ayrıştırma ağaçları” (parse tree) ile uygun çözüme ulaşmaya çalışırlar. GP karmaşık ve non-linear problemlerde istenen sonuçların elde edilmesinde yetersiz kalmaktadır.
- Evrimsel Programlama Algoritmasında ise GA ve GP Algoritmalarının avantajları birleştirilmiştir. Karakteristik olarak sabit sayı ve uzunluktaki çok sayıda non-linear değişken genetik operatörler ve işlemciler kullanılarak farklı

boyut ve şekilde lineer dizinlere dönüştürülerek uygun fonksiyon türetilir. EP Algoritması makine öğrenme gibi kompleks yapıda non-lineer ifadelerin ilişkilerin kurulması ve ifade edilmesinde de kullanılabilir (Candida, F., 2002).

EP Algoritması çalışma prosedürü Şekil 4.2’de görüldüğü gibidir.



Şekil 4.2 EP Akış Diyagramı

## 5.SİNYAL İŞLEME

Üretim her zaman ekonominin gelişmesinde önemli rol oynamıştır. Gelişen teknoloji ve ihtiyaçlar paralelinde üretim sistemlerinin de gelişmesini sağlamıştır. Bunun sonucu olarak geçmişten günümüze kadar farklı üretim teknikleri kullanılmıştır. Kaliteli ve yüksek hacimde üretim ihtiyaçlarını karşılamak için farklı üretim stratejileri geliştirilmiştir. Esnek imalat sistemleri de (EİS) bu süreçte geliştirilen imalat sistemlerinden biridir. Fakat EİS sistemlerinin (donanım ve yazılım açısından) karmaşık yapıda olması yeni teknolojinin sisteme adaptasyonunu güçleştirmektedir. Bu yüzden günümüzde imalat sistemlerinin hızlı bir şekilde yeniden kendilerini yenileyebilmeleri gerekmektedir. Günümüzde Pazar ihtiyaçlarına hızla cevap verebilecek ve tepkisel davranışlarla üretime devam edebilecek bu üretim biçimi “yeniden kendini ayarlayabilen imalat sistemleri” olarak adlandırılmaktadır. (Reconfigurable Manufacturing Systems (RMS))

Yeniden kendini ayarlayabilir olabilen imalat sistemlerinin kontrol edilebilmesi için işlem akışının doğru bir şekilde kontrol edilebilmesi gerekmektedir. İşlem akışının izlenmesi imalat sistemine müdahaleyi kolaylaştırmaktadır. Örneğin bir talaşlı imalat işletmesi için takım aşınmasının izlemesinin sağladığı avantajlar;

- Takım aşınmasını ve durumunu önceden takip edebilmeyi
- Aşınma değerlerinden en iyi takım ömrünü tespit edebilmeyi
- İşleme, gerçek zamanlı en iyi müdahalenin yapılabilmesini sağlaması

Literatürde bir çok algılayıcının talaşlı imalat sürecini izlemek amacıyla geliştirildiği ifade edilmektedir. Ancak bu aşamada önemli olan işlem akışını izlemek için minimum sayıda optimum algılayıcı seçimi ve sinyal işleme tekniğinin belirlenmesidir. Algılayıcı seçimi ve uygun sinyal işleme algoritmalarının belirlenmesi, yeniden kendini ayarlayabilen imalat sistemlerinin ihtiyaçlara göre fonksiyonelliğinin ve kapasitesinin tepkisel biçimde cevap verebilmesini sağlar.

Talaşlı imalatın izlenmesinde kullanılan sinyaller tip olarak çok karmaşık ve çok küçük aralıklarda değişim gösteren, doğrusal olmayan, kesme parametrelerine göre değişim gösteren bir yapıya sahiptirler. Dolayısı ile farklı kesme şartlarında oluşan sinyaller değişmekte, izleme güçleşmektedir. Bu noktada en uygun izleme işlemini gerçekleştirmek için, yapay zeka teknikleri kullanarak sinyalleri değerlendirme en uygun metotlardan biridir. Bu konuda yapılan çalışmalar da bulanık mantık, yapay sinir ağları, dalgacık dönüşümü gibi teknikler kullanılmaktadır.

Takım aşınmalarının ve talaşlı imalatın izlenmesinde iki türlü veri işleme vardır. Bunlardan biri dolaysız yöntemler, diğeri ise dolaylı yöntemlerdir. Dolaysız yöntemde takımlar optik yöntemler (Lazer veya CCD Kamera v.s.) ve diğerk hassas ölçüm yöntemleri ile aşınmalar anında gözlenir. Dolaylı yöntemlerde ise işlem esnasında oluşan akustik ses dalgaları, kesme kuvvetleri, kesme parametreleri, sıcaklık gibi kesme anında oluşan sinyaller değerlendirilerek izlenen aşınmalardır.

İşlem anında alınan sinyallerin hızlı bir şekilde işlenebilmesi ve sinyal karakteristiklerinin doğru bir şekilde değerlendirilebilmesi için Dijital (sayısal) Ortamda Sinyal işleme en uygun sinyal işleme yöntemlerindedir. Kesme anında oluşan sinyallerin karmaşık yapıda olmasından dolayı sayısal sinyal işlemede değişik algoritmalar kullanılmaktadır. Talaşlı imalatta takım durumu izlenmesinde elde edilen sinyaller genelde Hızlı Fourier Dönüşümleri (FFT-Fast Fourier Transform) yada Dalgacık (Wavelet) algoritmaları kullanılarak analiz edilmektedirler.

Sinyal, fiziksel bir durum hakkında bilgi taşıyan, bir veya birden fazla değişkene bağlı fonksiyon olarak tarif edilir

Sayısal işaret işleme, adı üstünde işaretlerin sayısal yöntemlerle işlenmesi anlamına gelmektedir. Mobil telefonlardan uçak elektroniğine kadar çok yaygın teknoloji alanında sayısal işaret işlemenin kullanımı mevcuttur.

## 5.1.Sayısal İşaret İşleyiciler

Sayısal işaret işleme, Hızlı Fourier Dönüşümü gibi yüksek miktarda işlem gerektiren uygulamalar 1960'lı yıllarda bilgisayarlar ile değerlendirilmeye başlanmıştır. 1970'li yılların sonu ve 1980'li yılların başında mikroişlemcilerin doğuşu ile birlikte SSİ yöntemleri daha yaygın uygulama alanları bulmaya başlamıştır. Genel amaçlı mikroişlemcilerin yüksek miktarda hesap gücü gerektiren SSİ işleme ihtiyaçlarına cevap verememesi nedeniyle, 1980'li yıllardan itibaren Texas Instruments™, Analog Devices™ ve Motorola™ gibi büyük üreticiler yapısı özel olarak sayısal işaret işleme uygulamalarının ihtiyaç duyduğu işlemleri yerine getirecek özel yapıları Sayısal işaret işleyiciler ( SSİ) geliştirmişlerdir (Çolak, 2003).

SSİ'lerin de kendine has direktif kodları mevcuttur. SSİ'ler istenen işlevi yerine getirmek üzere programlanabilmektedir. Sayısal işaret işleyiciler, matematiksel işlemleri çok hızlı bir biçimde gerçekleştirmek üzere üretilmiştir.

### 5.1.1.İşaret (Sinyal) İşleme Yöntemleri

Sayısal işaret işleme ile uğraşacak araştırmacı için üç farklı yol mevcuttur :

1. Sembolik SSİ analizi,
2. Gerçek-zamanlı SSİ: özel donanım (ASIC) veya programlanabilir donanım (SSİ entegreleri),
3. Gerçek-zamanlı olmayan SSİ

#### 5.1.1.1.Sembolik SSİ

Sembolik SSİ analizi kâğıt ve kalem ile denklemlerin kurulup işaretlerin tanımlanıp bir sistemin çalışmasının kâğıt üstünde incelenmesi veya bir sistemin kâğıt üstünde tasarlanmasıdır.

Avantajları:

1. Sadece kağıt ve kaleme ihtiyaç duyulmaktadır.
2. Hesaplamalar sonucu sistemin daha etkin olarak kavranması sağlanır.
3. Kağıt üstündeki işaretlerin genlik, zaman ve frekans sınırlaması yoktur.

Dezavantajları:

Sadece matematiksel olarak ifade edilebilen işaretlerin kullanımı mümkündür. Ses, müzik, veri gibi rasgele değişen işaretler tam olarak ifade edilemez.

Tecrübesiz kişilerin, işlemlerin sonuçlarını takip etmesi zor olabilir. Örneğin bir süzgecin ne tür bir değişime neden olduğu tam olarak anlaşılabilir.

Kağıt üstünde kolay olan işlemler ile pratikte gerçekleştirilecek işlemlerin zorluğu aynı olmayabilir. Kağıt üstünde kolay olan bir işlemin pratikte gerçekleşmesi zor olabilir.

### **5.1.1.2.Gerçek-zamanlı SSİ**

Gerçek-zamanlı SSİ için özel amaçlı uygulamaya özgü entegre devreler, ASIC (Özel Uygulama Entegre Devreleri) veya programlanabilir SSİ entegreleri kullanmak mümkündür.

Bu entegreler istenen işlemleri donanımsal olarak yerine getirmek üzere tasarlanmaktadır.

### **Özel Uygulama Entegre Devreleri (ASIC)**

*ASIC Avantajları:* Sayısal işaret işleminin en hızlı yolu ASIC, uygulamaya özgü entegre devreler kullanmaktır. Çok sayıda üretilecek sistemler için en ucuz yoldur. Hafif bir sistem ve en düşük güç kullanımı sağlamaktadır.

*ASIC Dezavantajları:* Entegrelerin tasarımı zaman alıcı ve zor olabilir. İşaret işleme bilgisine ek olarak entegre tasarım bilgisi gerektirmektedir. Bir kere tasarlanmış



gerçekleştirilmiş sistemlerin değiştirilmesi, sistemlerin derlenmesi ve hata ayıklaması (debug) zordur. Çoğu zaman test için özel donanıma gereksinim duyulur

### **5.1.1.3.Programlanabilir SSİ**

Bilgisayar ortamının sağladığı esnek programlama sayesinde programlanabilir SSİ lar kullanım kolaylığı sağlarlar.

Programlanabilir SSİ Avantajları: Uygulamaya özel donanıma göre daha esnek bir çalışma ortamı sağlar. SSİ entegresi istenen işlevi yerine getirmek üzere programlandığı için istendiği taktirde entegrenin programının değiştirilmesi ile modifikasyon yapılabilir.

Geliştirme süresi daha kısadır. ASIC gibi entegre tasarımı gerekmediği için, sadece istenen işlevi yerine getirecek bir program yazılacağından daha hızlı bir sistem geliştirme süreci söz konusudur.

Belirli bir donanım, sadece SSİ entegresinin programının değiştirilmesi ile farklı uygulamalar için kullanılabilir.

Tipik olarak program bir bilgisayarda yazılıp SSİ entegresinin hafızasına yüklendiği için, bilgisayar programın derlenmesinde ve kontrolünde kullanılabilir ve bu sayede testler zahmetsiz olarak yapılabilir.

Programlanabilir SSİ Dezavantajları: ASIC entegrelerine göre programlanabilir SSİ entegreleri daha yavaştır. ASIC entegrelerinde gerçekleştirilebilen bazı işlevler donanım yetersizliğinden dolayı programlanabilir SSİ entegreleri ile kullanılamaz.

SSİ entegrelerinin C ve Matris Kütüphanesi (Matlab-Matrix Library) gibi yüksek seviyeli bir programlama dili ile programlanması mümkün olmakla beraber en optimum performans programlama için SSİ entegrelerinin kendi program dili kullanıldığı taktirde elde edilmektedir. SSİ entegrelerinin program ile programlanması ise zahmetli, ve öğrenim süresi uzun süren bir uğraştır.

### 5.1.2. Gerçek-zamanlı olmayan SSİ

Gerçek-zamanlı olmayan sayısal işaret işlemede sayısal veriler bilgisayara veya diskete kaydedilmekte ve bir bilgisayar programı ile veriler okunarak işlendikten sonra tekrar aynı ortama geri saklanmaktadır. SSİ programı genel amaçlı bir programlama dili ile yazılabileceği gibi MATLAB gibi özel amaçlı programların da kullanılması mümkündür.

Gerçek-zamanlı olmayan SSİ Avantajları: SSİ algoritmalarının geliştirilmesi için en esnek yöntemdir. Programlar istenen işlevi yerine getirecek şekilde yazılarak, değişiklikler kolayca yapılabilir.

Derlenmesi ve çalıştırılması çok kolaydır.

Kaydedilmiş veriler kullanıldığı için tamamen aynı veriler farklı SSİ algoritmalarından geçirilerek sonuçlarının karşılaştırması sağlanabilir.

Gerçek-zamanlı olmayan SSİ en kısa geliştirme süresine sahiptir.

Gerçek-zamanlı olmayan SSİ Dezavantajları: Gerçek-zamanlı işleme gerektiren uygulamalar için kullanılamaz.

İşlem süresi SSİ entegrelerine göre oldukça fazladır. SSİ entegrelerinin matematiksel işlemleri hızlı bir biçimde yerine getirmek üzere tasarlanmış özel yapılarından faydalanılmadığı için işlem süresi gerçek-zamanlı işlemeye göre daha uzundur.

### 5.1.3. SSİ Kullanımı

SSİ uygulamaları müzik sistemleri, elektronik oyuncaklar, modemler, görüntülü telefonlar, dijital televizyonlar, telefon sistemleri, mobil telefonlar, üç boyutlu grafik

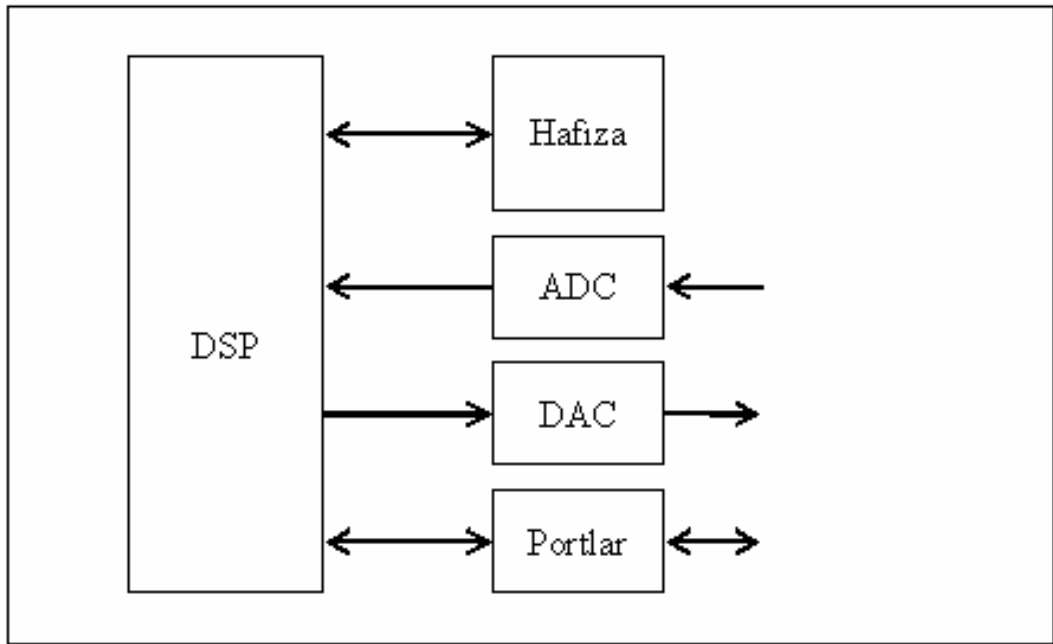
sistemleri ve görüntü işleme sistemleri gibi pratik sistemlerde yaygın biçimde kullanılmaktadır.

### 5.1.3.1. Tipik Bir SSİ Sisteminin Yapısı

Bir sayısal sinyal işlemcinin yapısında;

- SSİ İşlemci
- DAC (Digital Analog Converter) sayısal analog çevirici
- ADC (Analog Digital Converter) analog sayısal çevirici
- ve bağlantı bölümleri mevcuttur.

Şekil 5.1 de bir SSİ'nin genel yapısı ele alınmıştır.



Şekil 5.1. Sayısal Sinyal İşlemcinin genel yapısı

### 5.2. Sayısal İşaret İşlemenin Üstünlükleri

Sinyal işleme uygulamalarında en önemli unsurlardan biride gelen sinyallerden gürültü (noise) ve bozunmalarını filtrelemektir. Sayısal işaret işleyiciler gürültü ve

bozulmalardan daha az etkilendiklerinden tercih edilirler. Bunun yanında sayısal yöntemlerin kesinliği ve karalılığı daha fazladır. Sayısal işaret işleme ile sinyaller daha iyi saklanıp işlenebilmektedir. Bilgisayarların yaygın kullanımı ve bazı karmaşık uygulamaların daha kolay biçimde çözümlenebilmesi sayısal işaret işleme yöntemini tercih edilmektedir.Şekil 5.2.'de PC'lere takılabilen örnek bir PCI SSİ kartı gösterilmiştir.



Şekil 5.2. Örnek bir PCI SSİ Kart (Sayısal Sinyal İşleme Kartı)

### 5.3. Matlab

Matlab programını; Nümerik hesaplamalar, Grafik ve Görselleştirme, Teknik Mühendislik ve daha birçok alanda kullanabiliriz buna birkaç örnek verirsek;

Matrix analizleri ve değişimleri; veri işleme ve temel istatistik; FFT (Fourier Transform), korelasyon ve kovaryans; matrix işlemleri; trigonometrik ve diğer temel fonksiyonlar; doğrusal ve diferansiyel denklemler, 2 boyutlu doğrusal, poligon, dağınık, ağ, polar ve histogram ve grafikler; 3 boyutlu dağınık, doğrusal, poligon, ağ vb...grafikler...; Canlandırma ve ses; LaTeX tipi metinler vb...Programlama ve Veri Yapıları: nesne temelli programlama; Akış kontrolü; Dizi değişimleri; ASCII ve ikilik dosya giriş ve çıkışları, baskı ve radyo butonları, slaytlar, düzenlenebilir metin kutuları; fare biçimlendirmeleri, 300'den çok matematiksel, istatistiksel ve mühendislik fonksiyonu ile nümerik hesaplamalar, alanında uzman bilim adamı ve uygulamacılar tarafından geliştirilmiş sağlam nümerik rutinler ile maksimum hız ve

güvenilir sonuçlar veren güçlü algoritmalar geliştirme imkanı sağlamaktadır. Matlab ile yüzey hesaplamaları, çerçeveler, çeşitli renkler, ışık kaynakları, 3 boyutlu konturlar, canlandırma, hacimsel görüntüler yapılabilmektedir. Matlab yalnız bir paketlenmiş fonksiyonlar içeren bir programın ötesinde, yüksek düzeyde matrix kökenli bir programlama dili olarak, kendi karmaşık fonksiyonlarınıza olanak tanıyan rutinler geliştirme olanağı sunmaktadır.

## **6. MATERYAL ve METOT**

### **6.1. Kullanılan Materyaller ve Deney Düzeneği**

Bu bölümde deneylerde kullanılan materyaller ve deney düzeneği hakkında bilgiler verilmiştir.

#### **6.1.1. Deneylerde Kullanılan Materyaller**

Deneylerin yapılabilmesi için;

1. CNC dik işleme merkezi (freze tezgahı)
2. İş Parçası
3. Kesici takım (tutucu + 8 mm çapında kesici uç)
4. Ses ve titreşim sinyallerini almak için ses algılayıcıları
5. Veri toplama kartı ve Yazılım
6. Aşınmaları görebilmek ve değerlendirme yapmak için sayısal stereo mikroskop kullanılan materyallerdir.

##### **6.1.1.1. CNC Dik İşleme Merkezi (Freze Tezgahı)**

Çalışma deneysel olarak Süleyman Demirel Üniversitesi CAD/CAM Araştırma ve Uygulama Merkezinde Hartford VMC550 CNC Freze tezgahında yapılmış (Şekil 6.1.).

CNC Freze Tezgahı 4 eksenlidir. Tezgah tablası x ve y ekseninde hareket ederken iş mili Z ekseninde hareket etmektedir. Tezgah tablası boyutları X ekseninde 1020mm, Y ekseninde 500mm'dir. Tezgah magazin kapasitesi 20 adet takım bağlamayla sınırlıdır. İş milinin en büyük dönme hızı 6000 dev/dak'dır.



Şekil 6.1. Hartford VMC550 CNC Dik İşleme Merkezi

#### 6.1.1.2. İş Parçası

İşlenecek iş parçası olarak 1 adet 100x130x50 mm boyutunda DIN 1.2842 Böhler Soğuk İş Takım Çeliği seçilmiştir. Bu malzeme 58 HRC (hadness rockwell C) sertlik değerinde olacak şekilde sertleştirilmiştir. Böyle sert malzemelerin işlenmesi olayına sert metal işleme yöntemi (hard machining) denilmektedir. İş parçasının kimyasal bileşenleri ve yapısal özellikleri aşağıda verilmiştir (Tablo 6.1.).

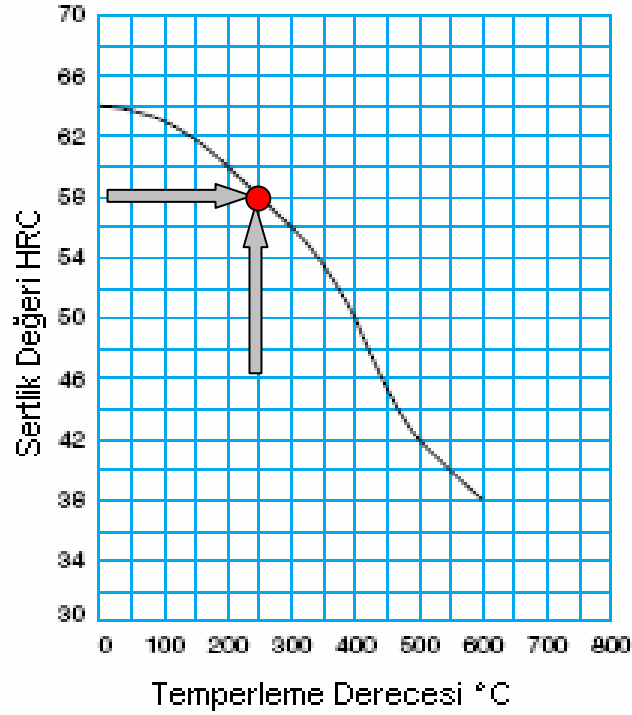
Tablo 6.1. İş Parçası Malzemesinin Bileşenleri ve Yapısı

Meteryal No.		Meteryal No.					
1.2842		O2					
C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	W
0,90	0,20	2,00	0,40	-	-	0,10	-

Başka bir tabloda ise temperleme sıcaklıklarının malzeme sertliğine göre değişimi gösterilmiştir (Tablo 6.2). Bu değişimin grafiksel gösterimi ise Şekil 6.2.'de verilmiştir.

Tablo 6.2. Temperleme – Sertlik değeri tablosu

Temperleme	°C	100	200	300	400	500	600
HRC		63	60	56	50	42	38

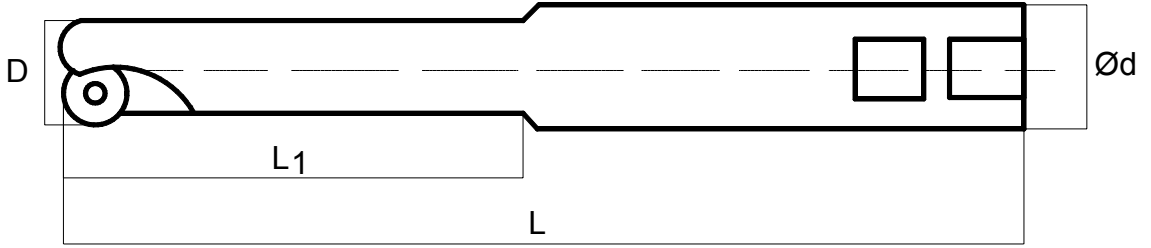


Şekil 6.2. Temperleme Diyagramı



### 6.1.1.3. Kesici Takım (Tutucu + Kesici Uç)

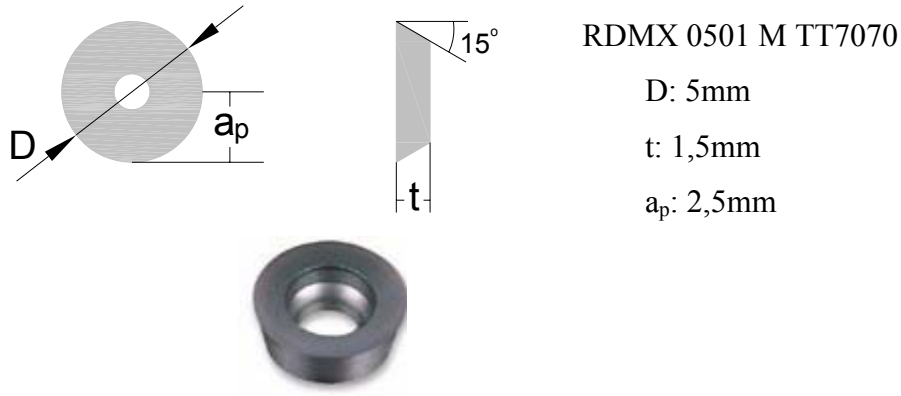
Kullanılan kesici takımların seçiminde uzman görüşlerden faydalanılmıştır. Kesici takım TaeguTec TERD 108-W-10-05 olarak seçilmiştir. Bu kesici takım takma ucu, küresel ve tek kesme ucuna sahiptir (Şekil 6.3.).



	D	L <sub>1</sub>	L	d
TERD 108-W-10-05	8 mm	20 mm	80 mm	10 mm

Şekil 6.3. Deneylerde kullanılan kesici takım

Kesici uç ise yüksek dayanımına sahiptir ve kuru kesmelerde kullanılmaktadır. Yüksek hızda kesme (high speed machining) işlemleri denilen bu işlemde kuru kesme yapılmasının sebebi kesici uçta oluşan yüksek ısının talaşlarla beraber ortamdan uzaklaştırılması ile mümkündür. Talaşların ortamdan rahatlıkla uzaklaşması için soğutma sıvısı kullanılmamaktadır. Ayrıca yüksek sıcaklığa sahip olan kesici uç soğutma sıvısı ile teması sonucunda malzeme yapısında bozukluklar görülmekte ve takım ömrünün kısılması söz konusu olmaktadır. Kesici uç PVD TiAlN kaplamalıdır. Bu tip kesici uçlar genellikle alaşımlı çelik, kalıp çelikleri ve sert demir malzemelerin işlenmesinde kullanılmaktadır (Şekil 6.4.).



Şekil 6.4. Deneilerde kullanılan kesici uç

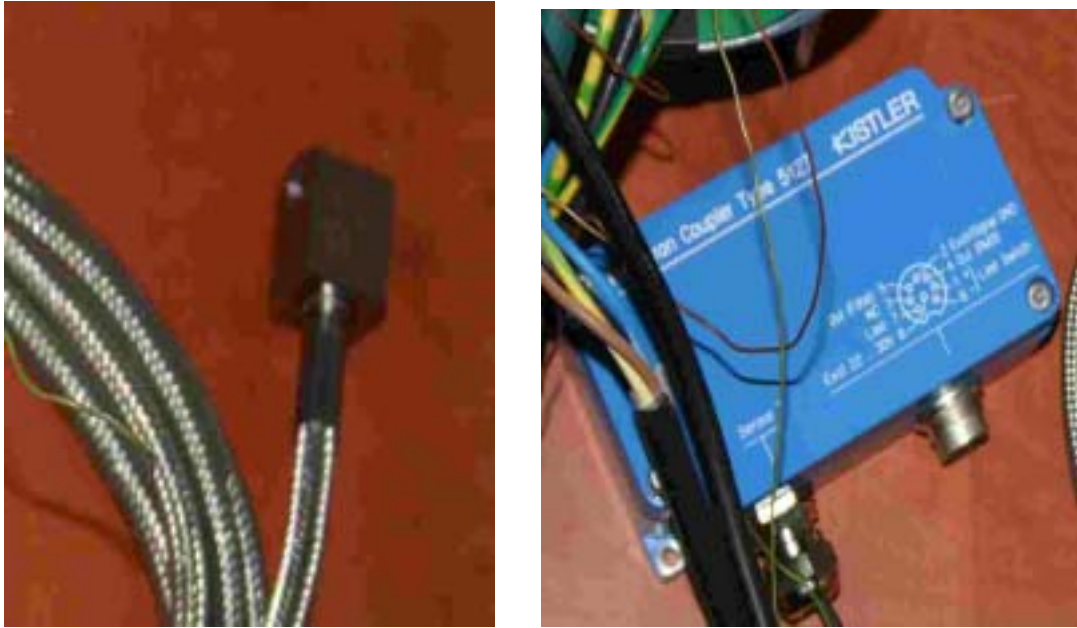
#### 6.1.1.4. Algılayıcılar

Deneilerde kullanılan algılayıcıların seçimlerinde uzman görüşlerden yararlanılmıştır. Kistler marka algılayıcılar kullanılmıştır. Bu algılayıcılara bağlı olarak da algılayıcı sinyal dönüştürücüleri sisteme monte edilmiştir. Hassasiyeti 100 mV/g, rezonans frekansı 30 kHz, empedansı 100 ohm olan titreşim algılayıcılarının ve frekans aralığı 50-400 kHz, hassasiyeti 57 V/(m/s) olan ses algılayıcılarının diğer özelliklerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz( Şekil 6.5.).

##### 1-Titreşim Algılayıcısı

Çalışma aralığı	g ±50
Hassasiyet	mV / g 100
Frekans aralığı	± 5 % limit Hz 10 ... 6 k ± 10 % limit Hz 5 ... 8 k ± 3 dB Hz 2 ... 15 k
Çalışma Sıcaklık aralığı	°C -40 ... 80
Ağırlığı	g 30
Yüklenme	g ±1000
İvmelenme aralığı	g ±5000
Rezonans frekansı	kHz 30
Kaynak Sabit Akım	mA 3 ... 6
Voltaj	V 20 ... 30

Çıkış Voltaj (ful skala)	V $\pm$ 5
Bias voltajı	V DC $\pm$ Ö11
Empedansı	ohm 100
Yer izolasyonu	Mohm 10
Muhafazası	Paslanmaz Çelik
Montaj Momenti	Nm 10 ... 16
Korunma Derecesi (Norm DIN 40057)	PUR IP 65 IP 67
Algılayıcı Sinyal Üretici ve Bağlayıcı Giriş Değerleri	
Algılayıcı Kaynak Akımı	mA 4,3
Voltaj oranı	V 0 ... 20
Max. Voltaj salınımı	V <sub>pp</sub> 20
Sinyal İşleme Kazanç oranı	1x v 10
	10x v 100



Şekil 6.5. Algılayıcılar

## 2-Ses Algılayıcıları

Frekans aralığı ( $\pm$ 10dB)	kHz 50... 400
Hassasiyet	dBref 1V/(m/s) 57
	V/(m/s) 700

Çalışma Sıcaklık aralığı	°C -40 ... 60
Ağırlığı	29 g
Yer izelasyonu	Mohm >1
Şok yükleme Kapasitesi	0,5 ms pulse g 2000 0,2 ms pulse
Şok Titreşim Kapasitesi	g ±1000
Sabit Akım Kaynağı	mA 3 ... 6
Sinyal üretici voltaj çıkışı	V DC 5 ... 36
Çıkış Voltaj (tam skalada)	V ±2
Çıkış biası	V DC 2,5
Çıkış	mA 2
Empedance	ohm 10
Koruyucu Metal Gövde	Paslanmaz çelik
Algılayıcı Sinyal Üretici ve Bağlayıcı Giriş Değerleri	
Algılayıcı Kaynak Akımı	mA 4,3
Voltaj oranı	V 0 ... 8
Max. Voltaj salınımı	V <sub>pp</sub> 1,6
Sinyal İşleme Kazanç oranı	1x v 10 10x v 00

#### 6.1.1.5. Veri Toplama Kartı ve Yazılım

Titreşim ve ses algılayıcılarından elde edilen analog verilerin sayısallaştırılarak doğrudan bilgisayara gönderilmesi için PCI-DAS6071 model veri toplama kartı kullanılmıştır. Veri toplama kartının hızı 1.2 Mhz dir. Sayısal ve analog sinyallerin hem alınması hem gönderilmesi mümkün olan kartta 16 sayısal 60 analog kanal bulunmaktadır (Şekil 6.6.).



Şekil 6.6. PCI Veri Toplama Ünitesi

Kartta toplanan verilerin bilgisayarda depolanması, Analog Sinyal Girişi için (2 Türeşim-2 Ses Algılayıcıları) Analog input yazılımı (Delphi Microsoft Studio .NET Platformunda) oluşturulmuştur (Şekil 6.7.). Yazılıma göre 4 kanaldan alınan sinyaller toplanarak sayısal hale getirilmektedir. Bu dört kanaldan 2 tanesi titreşim algılayıcıları için 2 tanesi de ses algılayıcıları için kullanılmaktadır.

```

Editor - C:\MATLAB7\work\emre\emre deney2\4000\F1000\F010LZUN03.m
File Edit Text Call Tools Debug Desktop Window Help
[Icons] Stack Run

1 function deneme()
2 - clear
3 - ni = analoginput('mcc', 1);
4 - chan = addchannel(ni, [1 2 3 4]);
5 %set(ni, 'TimerFcn', 'plot(peekdata(ni,1000))');%@kaydetme her plot için 1000 sample
6
7 %sampleRate = get(ni, 'SampleRate');
8 - set(ni,...
9     'InputType', 'Differential',...
10    'SamplesPerTrigger', 30000,...
11    'TriggerRepeat', 1);
12    %'TriggerType', 'Manual');
13    %'StopFcn', {'daqscope', 'stopaction', gcbf});
14    %'TimerPeriod', 0.1,...
15    %'TimerFcn', @localTimerAction,...
16 - start(ni)
17 %for i=1:2
18 %trigger(ni)
19 - [DATA, TIME, ABSTIME, EVENTS] = GETDATA(ni, get(ni, 'SamplesPerTrigger'));
20 %trigger(ni)
21
22 % [DATA, TIME, ABSTIME, EVENTS] = GETDATA(ni, get(ni, 'SamplesPerTrigger'))
23
24 % %end
25 - save('analog4.mat', 'DATA');
26 - a=DATA(:,1);
27 - b=DATA(:,2);
28 - c=DATA(:,3);
29 - d=DATA(:,4);
30 - save('a')
31 - save('b')
32 - save('c')
33 - save('d')
34
35 - figure('d',50000)
36
37 - stop(ni)
38

```



Şekil 6.7. Sinyal Toplama İçin Geliştirilen Yazılım

Sayısal çıkış programı (Algılayıcı Filtre ve Sinyal Aralıklarının Programla Ayarlanması için) oluşturulmuştur.

Deneysel sırasında alınan sinyaller DATA File şeklinde yazılım yardımı ile saklanacaktır.

### 6.1.1.6. Mikroskop

Deneylemler sonunda kesici uçlardaki aşınmalar 10x, 20x, 40x büyütmeleli sayısal stereo mikroskopunda incelenmiş ve aşınma değeri mikron seviyesinde ölçülmüştür. Ölçülen değeri aşınma verileri olarak değerlendirilmiştir.

### 6.2. Metot

Bu çalışmada yukarıdaki bölümlerde anlatıldığı gibi kesici takım, iş parçası ve işlenecek malzemeye göre seçilen kesici uçlar arasındaki bağıntıya uygun olarak işleme parametreleri uzman görüş ve üretici firma kataloglarından belirlenmiştir. Takım ömrüne etki eden parametrelerin çokluğu deneysel işlemlerde maliyeti artırdığı için bazı parametreler çalışmamızda sabit tutulmuştur.

Çalışmada takım ömrüne etki eden parametrelerden v-kesme hızı (m/dak), s-ilerleme oranı (mm/dak), a-talaş derinliği (mm) ve işleme zamanı göz önüne alınmıştır.

Deneylemlerde kesme hızı iki kademeli olarak incelenmiştir. Birinci kademede deneylemler 6000rpm devir değeri karşılık gelen 150m/dak olarak tespit edilmiştir. İkinci aşamada ise 4000rpm devir değeri karşılık 100m/dak değeri alınmıştır. Bilindiği üzere kesme hızının hesaplanmasında, kullanılan kesici takımın çapı ve kesici takımın dönme hızı etkilidir.

$$V = \frac{\pi \times D \times N}{1000} \quad 6.1$$

Bu formülde,

V: kesme hızı (m/dak)

D: kesici takım çapı (mm)

N: iş mili devri (dev/dak)'dır.

İlerleme oranları üretici firma kataloglarına uygun olarak 400mm/dak,700mm/dak ve 1000mm/dak olarak seçilmiştir.

Talaş derinliği ise uzman görüşlerine ve üretici firma kataloglarına göre 0,02mm, 0,06mm ve 0,1mm olarak belirlenmiştir.

İşleme zamanı olarak üç değer ele alınmıştır. CAM programında yapılan takım yoluna göre birinci aşamada kısa işleme zamanı 10sn., ikinci aşamada orta işleme zamanı 20sn ve son aşamada uzun işleme zamanı 30sn. olarak üç aşamada gerçekleştirilmiştir (Tablo 6.3.).

Tablo 6.3. Deney Parametreleri

Deney No	İşleme Zamanı (sn)	Kesme Hızı (m/dak)	İlerleme Oranı (mm/dak)	Talaş Derinliği (mm)
1	(10sn)	150	400	0,02
2	(10sn)	150	400	0,06
3	(10sn)	150	400	0,1
4	(10sn)	150	700	0,02
5	(10sn)	150	700	0,06
6	(10sn)	150	700	0,1
7	(10sn)	150	1000	0,02
8	(10sn)	150	1000	0,06
9	(10sn)	150	1000	0,1
10	(20sn)	150	400	0,02
11	(20sn)	150	400	0,06
12	(20sn)	150	400	0,1
13	(20sn)	150	700	0,02
14	(20sn)	150	700	0,06
15	(20sn)	150	700	0,1
16	(20sn)	150	1000	0,02
17	(20sn)	150	1000	0,06



18	(20sn)	150	1000	0,1
19	(30sn)	150	400	0,02
20	(30sn)	150	400	0,06
21	(30sn)	150	400	0,1
22	(30sn)	150	700	0,02
23	(30sn)	150	700	0,06
24	(30sn)	150	700	0,1
25	(30sn)	150	1000	0,02
26	(30sn)	150	1000	0,06
27	(30sn)	150	1000	0,1
28	(10sn)	100	400	0,02
29	(10sn)	100	400	0,06
30	(10sn)	100	400	0,1
31	(10sn)	100	700	0,02
32	(10sn)	100	700	0,06
33	(10sn)	100	700	0,1
34	(10sn)	100	1000	0,02
35	(10sn)	100	1000	0,06
36	(10sn)	100	1000	0,1
37	(20sn)	100	400	0,02
38	(20sn)	100	400	0,06
39	(20sn)	100	400	0,1
40	(20sn)	100	700	0,02
41	(20sn)	100	700	0,06
42	(20sn)	100	700	0,1
43	(20sn)	100	1000	0,02
44	(20sn)	100	1000	0,06
45	(20sn)	100	1000	0,1
46	(30sn)	100	400	0,02
47	(30sn)	100	400	0,06
48	(30sn)	100	400	0,1

49	(30sn)	100	700	0,02
50	(30sn)	100	700	0,06
51	(30sn)	100	700	0,1
52	(30sn)	100	1000	0,02
53	(30sn)	100	1000	0,06
54	(30sn)	100	1000	0,1

Algılayıcılar tezgahın çalışma şartlarına uygun, iş parçasına temas edecek şekilde bağlandıktan sonra algılayıcıların, tezgahın ve çevreden gelen seslerden, dışarıdan gelen darbelerden etkilenip etkilenmedikleri hakkında bilgi edinmek için çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Şekil 6.8.).



Şekil 6.8. İş parçasının tezgaha bağlanma şekli

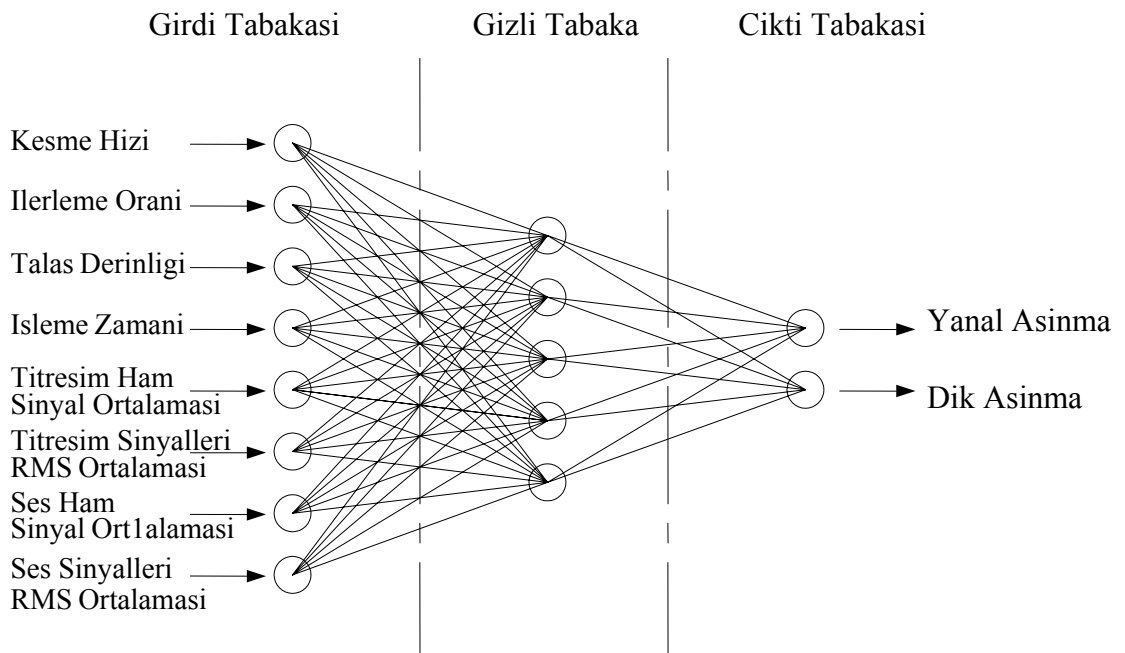
İşleme zamanları ve kesme parametrelerine uygun şekilde kesme işlemleri yapılmış ve algılayıcılardan elde edilen veriler veri toplama kartında toplanmıştır.

Deneysel sonuçlarda kesici uçlardaki aşınma değerleri yapay zeka uygulamalarında kullanılmak üzere mikroskopta belirlenmiştir.

### 6.2.1. Verilerin Yapay Sinir Ağlarında Modellenmesi

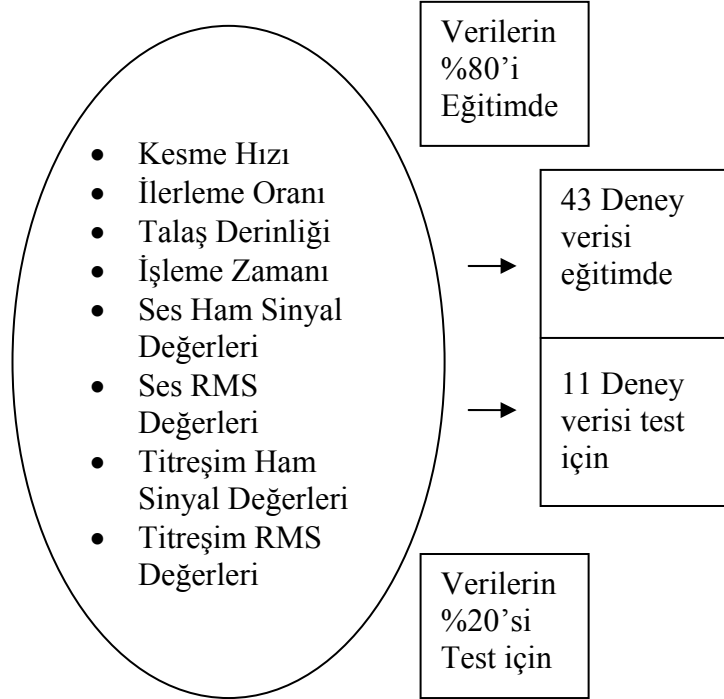
Yapay sinir ağları, insan beynindeki nöronların çalışma prensiplerine benzer şekilde çalışan sistemlerdir. Basit kullanımı ve sınırsız imkanları nedeniyle yapay zeka uygulamalarında en geniş kullanım alanına sahiptir.

Çalışmada girdi verileri olarak kesme parametreleri ve kesme anındaki sinyal değerleri ele alınmıştır. Ağda 5 farklı gizli katman tabakası uygulanmış her katman için sırasıyla 3,5,7 ve 9 adet nöronlar seçilerek işlemler gerçekleştirilmiştir. Bu uygulamalardan en verimli neticeyi veren yapı tek gizli katmanlı beş nörondan oluşan yapıdır. Çıktı olarak alınan yanal ve dik aşınma değerleri yardımıyla model oluşturulmuştur. Kurulan model aşağıda şekil olarak gösterilmektedir (Şekil 6.9.).



Şekil 6.9. Kurulan Yapay Sinir Ağı Modeli

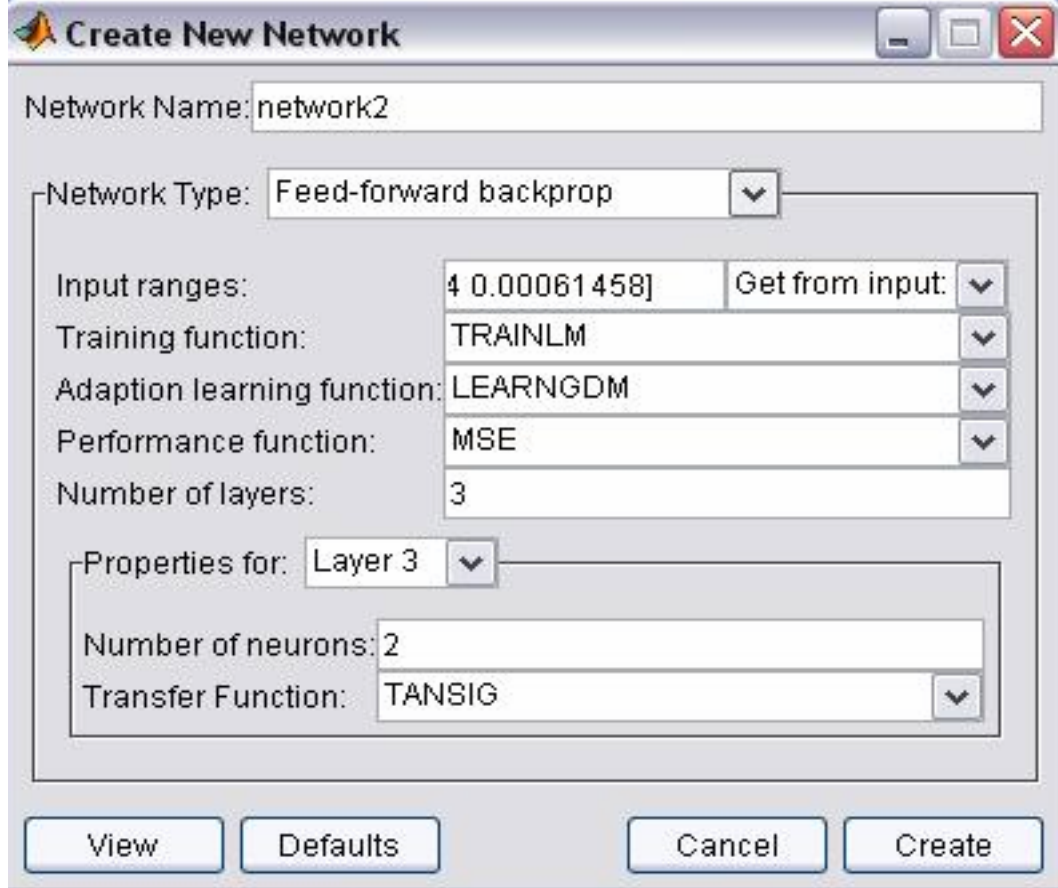
Matlab programında oluşturulan modelde verilerin %80'i eğitim verileri olarak kalan %20'lik kısmı da test verileri olarak kullanılmıştır (Şekil 6.10.). Alınan verilerden her biri 1000'e bölünerek normalizasyon uygulanmış.



Şekil 6.10. Verilerin değerlendirilme şekli

YSA'yı eğitmek için ileri beslemeli geriye yayılım algoritmasının Levenberg-Marquardt (LM) eğitim fonksiyonu ve daha önce de belirtildiği üzere sigmoid aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. İleri beslemeli YSA'nda hücreler, tabakalar şeklinde düzenlenir ve bir katmandaki hücrelerin çıkışları bir sonraki katmana ağırlıklar üzerinden giriş olarak verilir. Girdi tabakası, aldığı bilgileri hiçbir değişikliğe uğratmadan gizli tabakadaki hücrelere iletir. Bilgi, gizli tabaka ve çıkış tabakasında işlenerek ağ çıkışı belirlenir. Bu yapısı ile ileri beslemeli ağlar doğrusal olmayan statik bir işlevi gerçekleştirir. İleri beslemeli YSA'nın en çok bilinen algoritması geriye yayılım algoritmasıdır. Geriye yayılım algoritması, bu tip YSA'nın eğitiminde etkin olarak kullanılmakta ve bu ağlara genel olarak ileri beslemeli geriye yayılım ağları da denilmektedir.

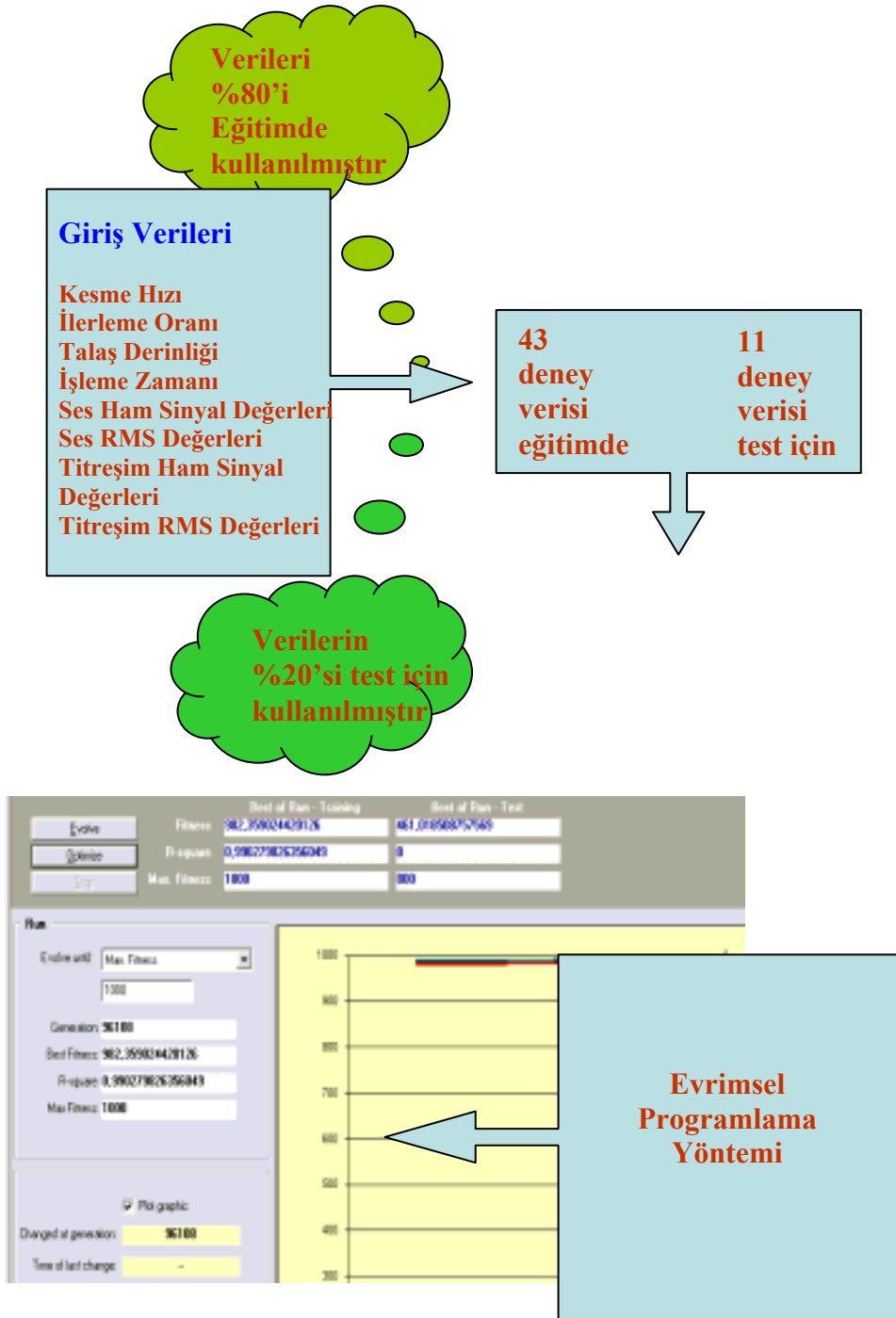
Kurulan modelde ele alınan parametrelerin matlab programındaki durumu Şekil 6.11.'de gösterilmiştir.



Şekil 6.11. Kurulan Modelin Parametreleri

### 6.2.2. Verilerin Evrimsel Programlama Metodu ile Modellenmesi

Elde edilen deneysel veriler Yapay sinir ağlarında olduğu gibi *Öğrenme* ve *Test* olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Deneysel verilerden elde edilen değerler ağıın öğrenme ve test setleri EP programında sistemin eğitilmesinde kullanılmıştır. Bu verilerin %80'ni öğrenme seti ve %20'si de test seti olarak ayrılmıştır (Şekil 6.12.).



Şekil 6.12. Oluşturulan Evrimsel Programlama Modeli

Kurulan Evrimsel Programlama Modelinde ele alınan parametreler aşağıda verilmiştir. Parametreler incelendiğinde, deneysel veriler 100 kromozoma bölünerek 0,04 mutasyon işlemine tabi tutulmuştur.

## Automatic Problem Solver - gep2

## Experimental Values:

Number of Terminals: 8

Number of Training Values: 43

Number of Test Values: 0

## Settings:

Number of Chromosomes: 100

Number of Genes: 3

Head Size: 8

Linking Function: +

Mutation Rate: 0,044

One-Point Recombination Rate: 0,3

Two-Point Recombination Rate: 0,3

Gene Recombination Rate: 0,1

Gene Transposition Rate: 0,1

IS Transposition Rate: 0

Number of IS elements: 0

IS elements: 0

RIS Transposition Rate: 0

Number of RIS elements: 0

RIS elements: 0

Error Type: Relative

Precision: 0

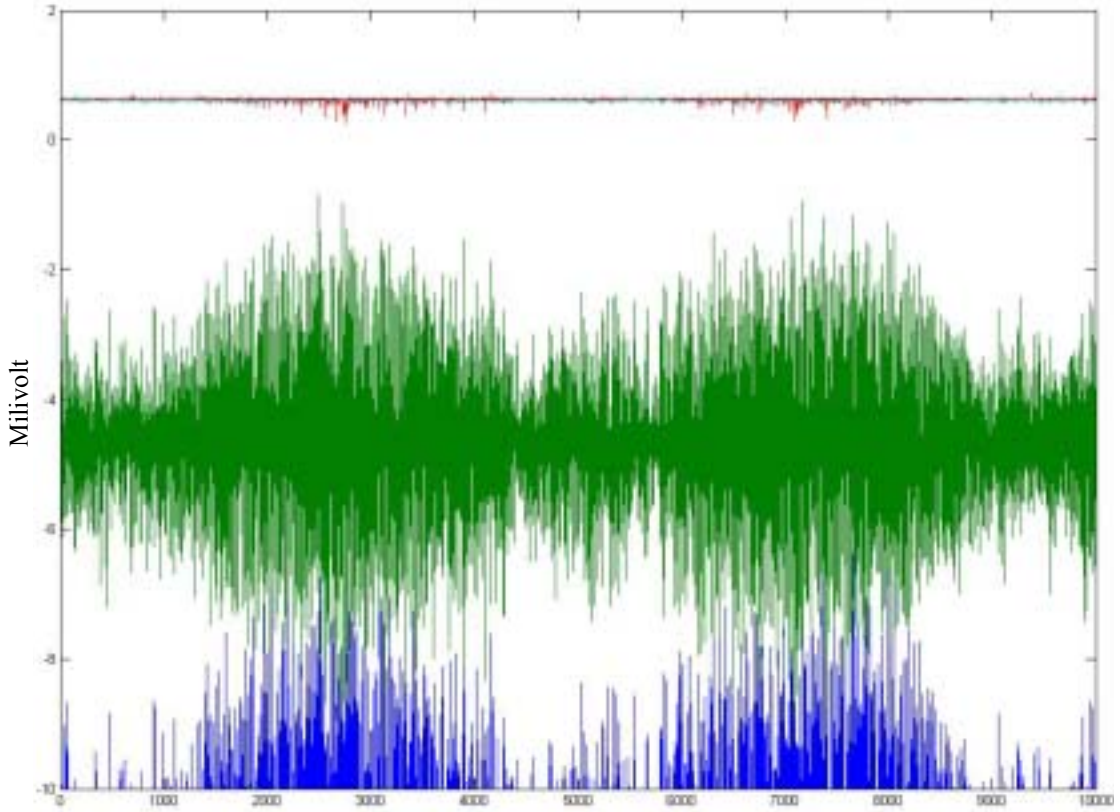
Selection Range: 100

Fitness Cases: 43

Max. Fitness: 4300

## 7. BULGULAR ve TARTIŞMA

İşleme sırasında algılayıcılardan gelen sinyaller 4 kanal tarafından kaydedilmiş ve yapıları incelenmiştir. Kanallardan gelen sinyallerin tümü şekil 7.1’de gösterilmektedir.

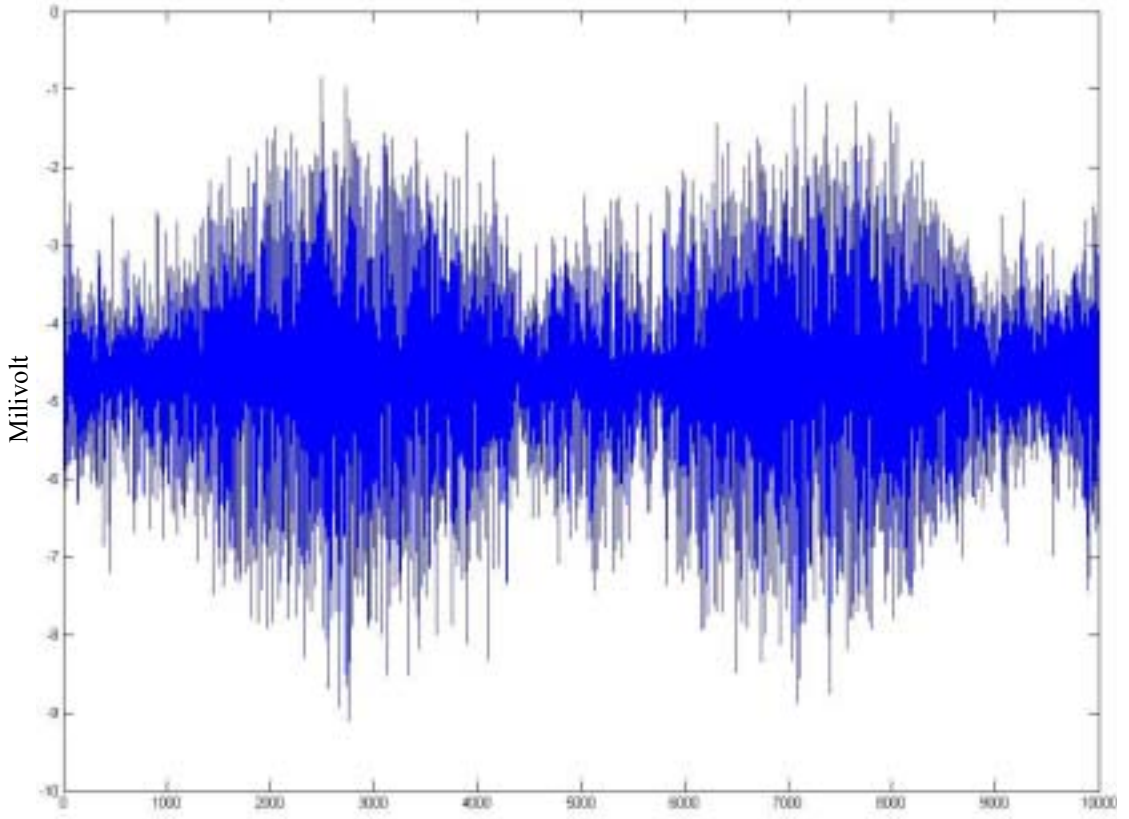


Şekil 7.1. Algılayıcılardan Alınan Ses ve Titreşim Sinyallerinin Yapısı

Şekilde, x eksenindeki değer saniyede alınan veri sayısı olarak y eksenindeki değer ise milivolt olarak bilinmektedir.

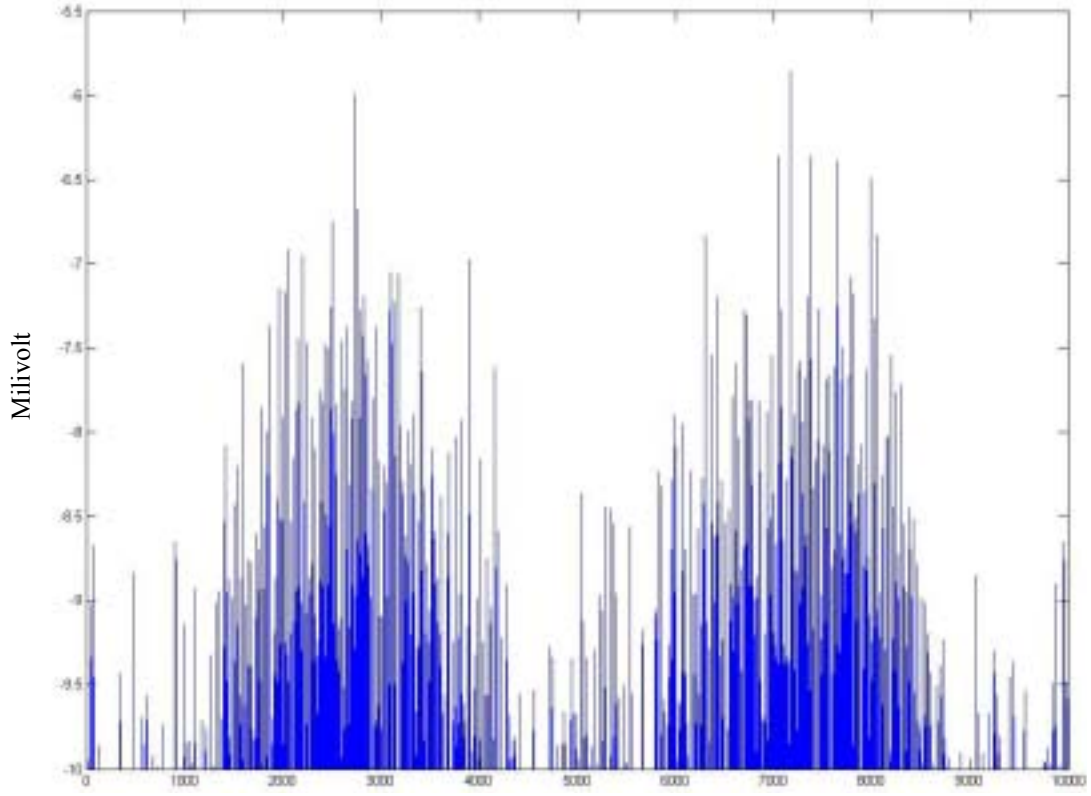
Şekil 7.2’de alınan titreşim sinyallerinin işlenmemiş halleri verilmektedir.





Şekil 7.2. Alınan Titreşim Sinyallerinin İşlenmemiş Halleri

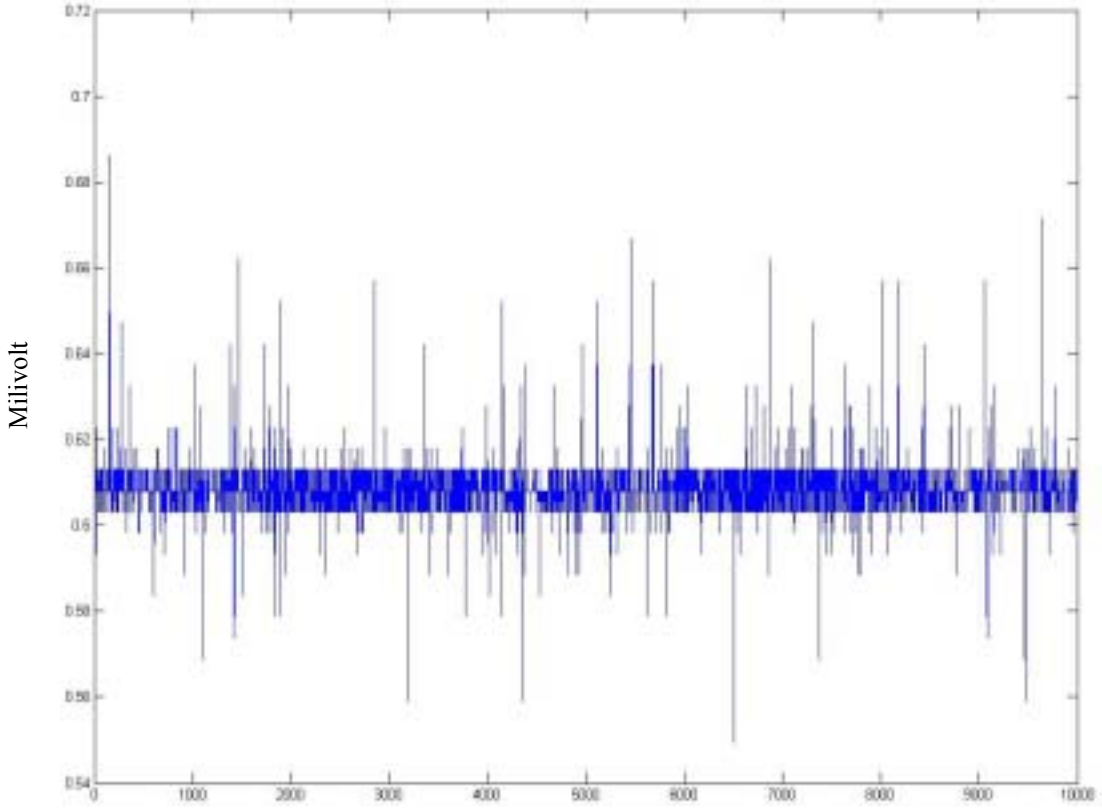
Titreşim sinyallerinin dalga boyları 0 ila -10 milivolt arasında değişiklik göstermektedir. Bu sinyal değerlerinin RMS değerleri alınırsa Şekil 7.3.'deki gibi bir ifade ortaya çıkar.



Şekil 7.3. Alınan Titreşim Sinyallerinin RMS Değerleri

Titreşim sinyallerinin RMS değerleri -10 ila -5,5 milivolt arasında değişmektedir.

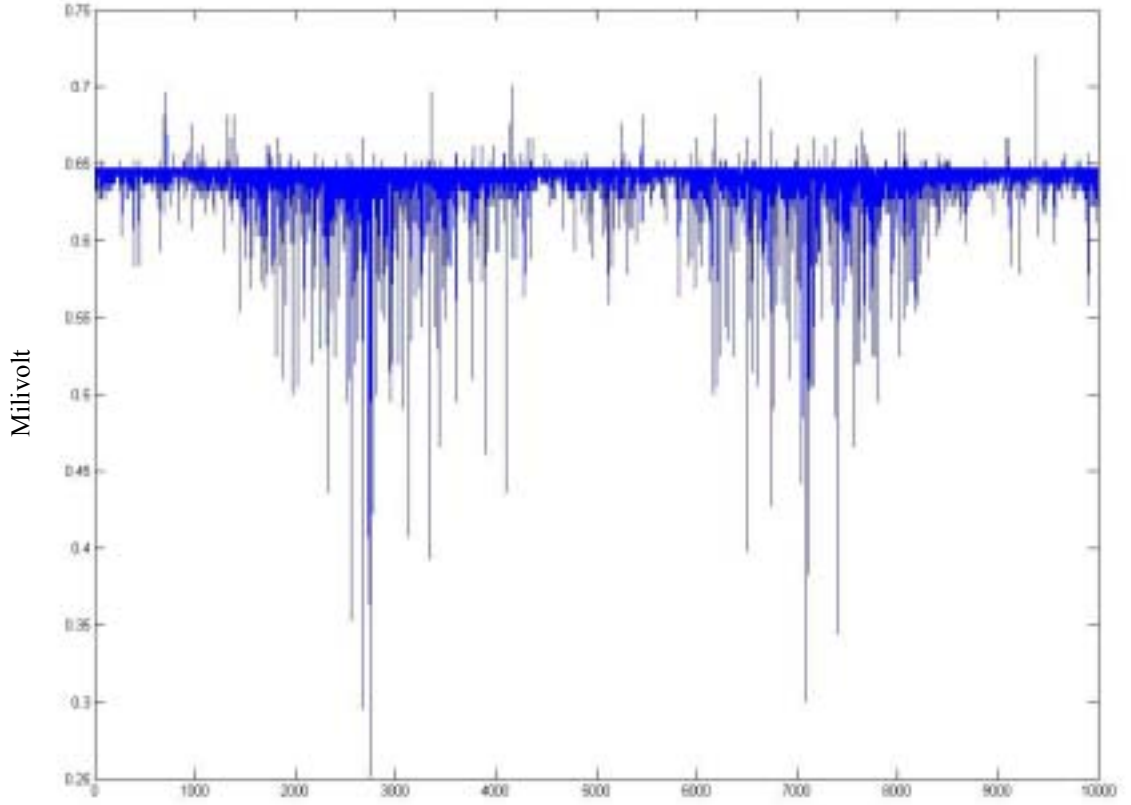
Ses algılayıcılarından alınan sinyal değerleri Şekil 7.4.'de gösterilmektedir.



Şekil 7.4. Alınan Ses Sinyallerinin Yapısı

Burada yine x eksenini saniyede alınan veri sayısını göstermektedir. İşleme tabi tutulmamış ses sinyalleri değerleri 0,54 milivolt ile 0,7 milivolt değerleri arasındadır.

Ses sinyallerinin RMS değerlerini gösteren şekil 7.5.'te ise bu değerler arası 0,25 ile 0,75 olarak tespit edilmiştir.

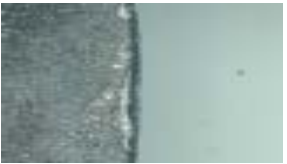





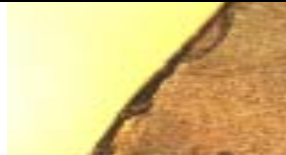

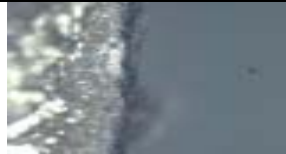


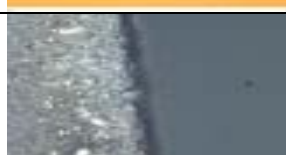
Şekil 7.5. Ses Sinyallerinin RMS Değerleri







Algılayıcılardan alınan sinyal değerleri ve mikroskopta ölçülen aşınma değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 7.1.).



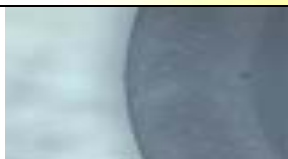



Tablo 7.1.' de deney numaralarına göre bir sıralama yapılmıştır. Her deney parametresinin gösterildiği tabloda alıcılardan alınan veriler ve mikroskop yardımıyla elde edilen aşınma değerleri verilmiştir. Son sütunda ise kesme parametreleri sonunda elde edilen kesici uç aşınmalarının resimleri görülmektedir.

Tablo 7.1. Elde Edilen Sinyal ve Aşınma Değerleri







Deney No	İşleme Zamanı (sn)	Kesme Hızı (m/dak)	İlerleme Oranı (mm/dak)	Talaş Derinliği (mm)	Titreşim Ham Sinyalleri	Titreşim RMS Değerleri	Ses Ham Sinyalleri	Ses RMS Değerleri	V <sub>b</sub> (yanal aşınma) (mikron)	V <sub>c</sub> (dik aşınma) (mikron)	Aşınmalar
1	(10sn)	150	400	0,02	-9,9993	-4,9687	0,64463	0,60014	273	39	
2	(10sn)	150	400	0,06	-9,9938	-4,9994	0,64293	0,60346	288	46	
3	(10sn)	150	400	0,1	-9,7758	-4,9538	0,61391	0,6072	314	42	
4	(10sn)	150	700	0,02	-9,9818	-5,0031	0,64363	0,60465	316	44	







5	(10sn)	150	700	0,06	-10	-4,9914	0,65071	0,60464	340	53	
6	(10sn)	150	700	0,1	-9,9585	-5,0025	0,63707	0,6046	389	84	
7	(10sn)	150	1000	0,02	-9,9807	-4,9981	0,637	0,60583	320	52	
8	(10sn)	150	1000	0,06	-9,9474	-4,9884	0,64089	0,60337	369	67	
9	(10sn)	150	1000	0,1	-9,7822	-5,0071	0,61807	0,60361	403	71	
10	(20sn)	150	400	0,02	-9,9992	-5,0101	0,64188	0,61006	288	43	







11	(20sn)	150	400	0,06	-9,9922	-5,0277	0,63973	0,61136	306	49	
12	(20sn)	150	400	0,1	-9,9425	-5,0456	0,63326	0,61192	352	61	
13	(20sn)	150	700	0,02	-9,9693	-4,9827	0,64313	0,6036	365	52	
14	(20sn)	150	700	0,06	-9,9693	-4,9827	0,64313	0,6036	379	63	
15	(20sn)	150	700	0,1	-9,8538	-5,0058	0,62872	0,60413	406	71	
16	(20sn)	150	1000	0,02	-9,9497	-4,9665	0,64009	0,60357	353	56	







17	(20sn)	150	1000	0,06	-9,849	-4,9964	0,629	0,60326	384	64	
18	(20sn)	150	1000	0,1	-9,6761	-5,0071	0,60541	0,60338	421	79	
19	(30sn)	150	400	0,02	-9,9938	-4,8877	0,63691	0,61458	423	45	
20	(30sn)	150	400	0,06	-9,9974	-4,9641	0,64018	0,61274	478	59	
21	(30sn)	150	400	0,1	-9,8744	-4,9912	0,62881	0,61398	516	71	
22	(30sn)	150	700	0,02	-9,9983	-4,9595	0,64579	0,60243	504	49	









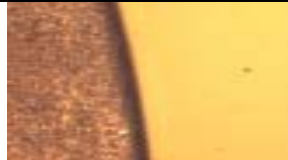

23	(30sn)	150	700	0,06	-9,9959	-4,9698	0,64899	0,60254	589	56	
24	(30sn)	150	700	0,1	-9,9729	-4,9857	0,64397	0,60315	665	78	
25	(30sn)	150	1000	0,02	-9,8755	-4,9873	0,62774	0,6032	623	95	
26	(30sn)	150	1000	0,06	-9,8566	-4,9956	0,63001	0,60358	748	112	
27	(30sn)	150	1000	0,1	-9,5675	-5,0027	0,59136	0,60354	816	124	
28	(10sn)	100	400	0,02	-10	-4,6568	0,6456	0,6047	201	21	

29	(10sn)	100	400	0,06	-9,9999	-4,6465	0,6487	0,6031	213	25	
30	(10sn)	100	400	0,1	-9,9998	-4,6517	0,6483	0,6032	254	28	
31	(10sn)	100	700	0,02	-9,9995	-4,6847	0,64479	0,60805	221	24	
32	(10sn)	100	700	0,06	-9,9998	-4,6779	0,64577	0,60759	248	27	
33	(10sn)	100	700	0,1	-9,9898	-4,6789	0,64474	0,60795	275	31	
34	(10sn)	100	1000	0,02	-9,93	-4,6921	0,63988	0,60823	226	29	

35	(10sn)	100	1000	0,06	-9,9987	-4,6754	0,6452	0,60797	251	34	
36	(10sn)	100	1000	0,1	-9,9892	-4,6915	0,64372	0,60867	283	38	
37	(20sn)	100	400	0,02	-10	-4,65	0,64849	0,60336	236	31	
38	(20sn)	100	400	0,06	-10	-4,6481	0,64837	0,60343	256	37	
39	(20sn)	100	400	0,1	-9,9994	-4,6501	0,64829	0,60365	294	42	
40	(20sn)	100	700	0,02	-9,9719	-4,6623	0,64419	0,60726	286	39	

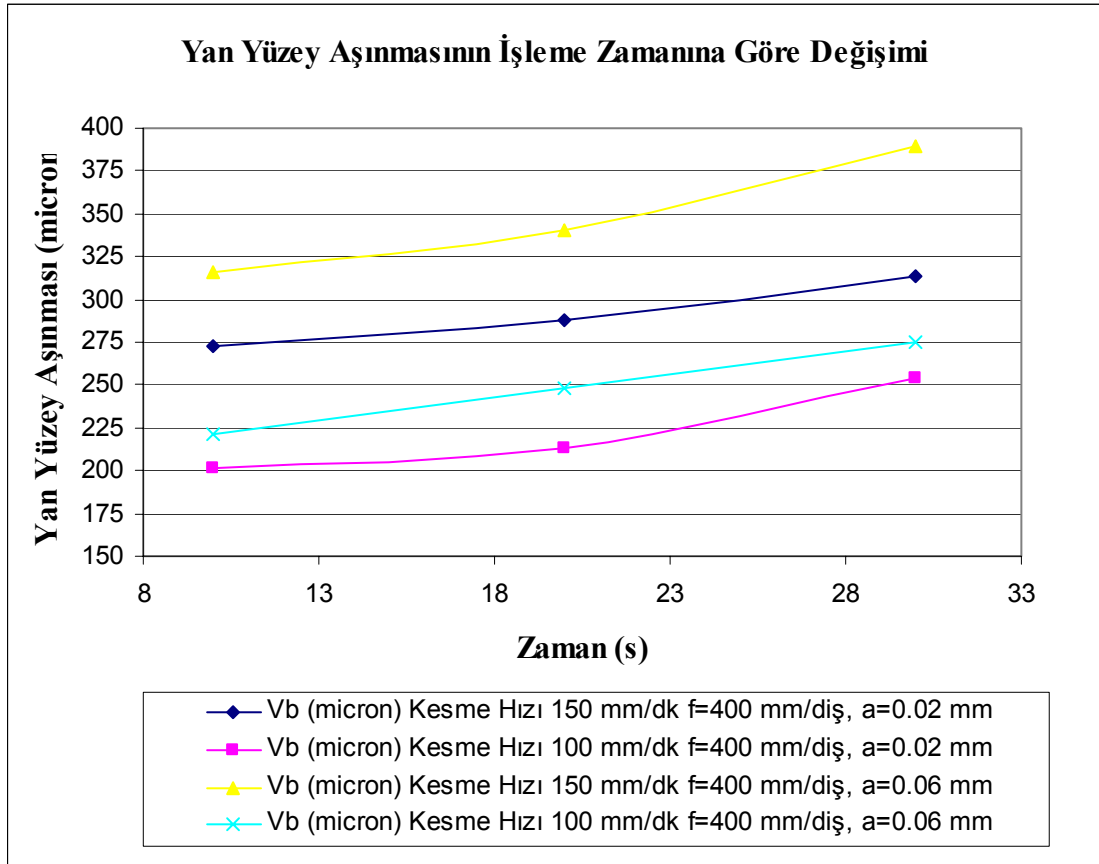
41	(20sn)	100	700	0,06	-9,9981	-4,6747	0,64576	0,60732	298	44	
42	(20sn)	100	700	0,1	-9,9985	-4,6745	0,64558	0,60744	308	48	
43	(20sn)	100	1000	0,02	-9,9999	-4,687	0,64152	0,61015	294	45	
44	(20sn)	100	1000	0,06	-9,9994	-4,681	0,64473	0,60834	312	49	
45	(20sn)	100	1000	0,1	-9,7299	-4,7103	0,62248	0,60823	336	54	
46	(30sn)	100	400	0,02	-9,9999	-4,6489	0,6484	0,6037	302	51	

47	(30sn)	100	400	0,06	-10	-4,654	0,6476	0,6041	343	57	
48	(30sn)	100	400	0,1	-10	-4,6572	0,6477	0,6044	389	61	
49	(30sn)	100	700	0,02	-10	-4,6761	0,646	0,6077	365	55	
50	(30sn)	100	700	0,06	-9,9998	-4,6779	0,6458	0,6076	384	60	
51	(30sn)	100	700	0,1	-9,9898	-4,6789	0,6447	0,6079	416	67	
52	(30sn)	100	1000	0,02	-9,93	-4,6921	0,6399	0,6082	405	62	

53	(30sn)	100	1000	0,06	-9,9425	-4,6868	0,6404	0,6081	459	69	
54	(30sn)	100	1000	0,1	-9,9268	-4,6898	0,6392	0,6081	521	78	

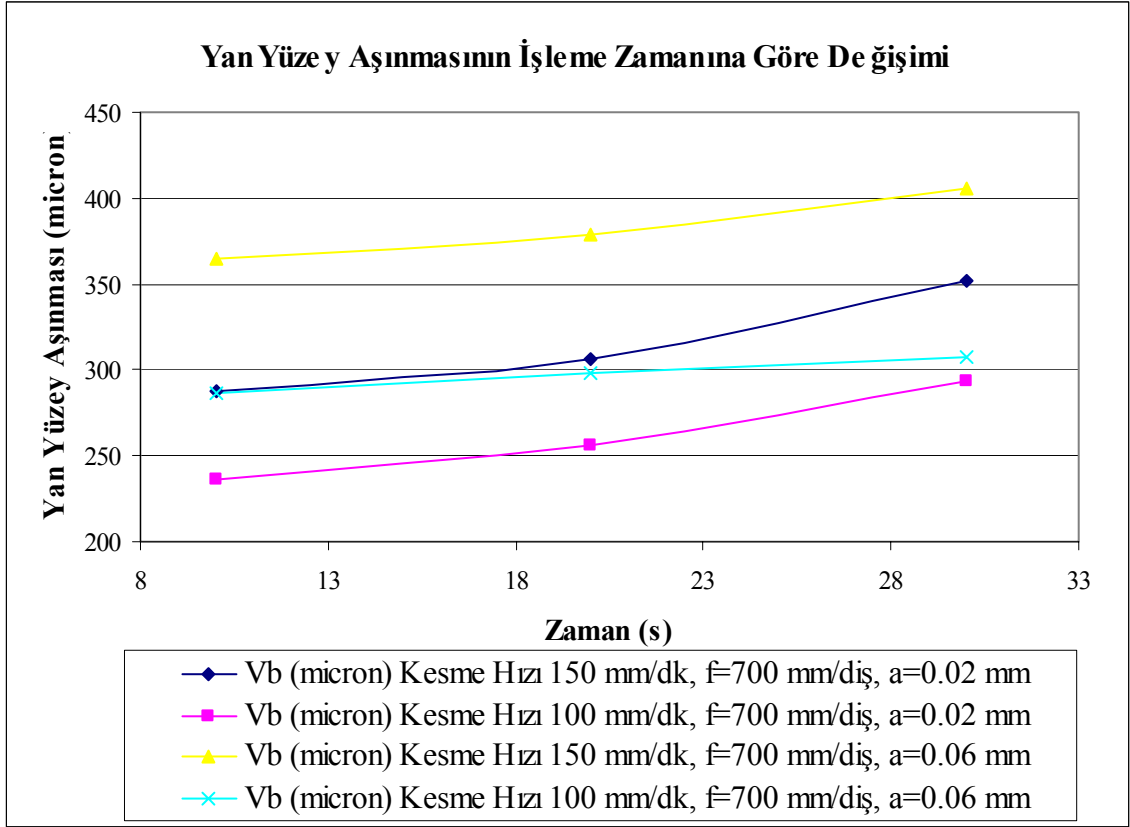
Ayrıca yapılan deneylerin değişik kesme parametreleri ve çalışma şartlarında oluşan kesici uç takım ömrü verileri aşağıdaki grafiklerle gösterilmiştir.

Şekil 7.6.'daki grafikte yan yüzey aşınmasının işleme zamanına göre değişimi gösterilmiştir. Grafikte ilerleme oranı 400 mm/dak, olarak sabit tutulmuştur. Kesme hızının 100 m/dak ile 150 m/dak olduğu durumlardaki değişimler grafikte görülmektedir.



Şekil 7.6. Yan Yüzey Aşınmasının İşleme Zamanına Göre Değişimi

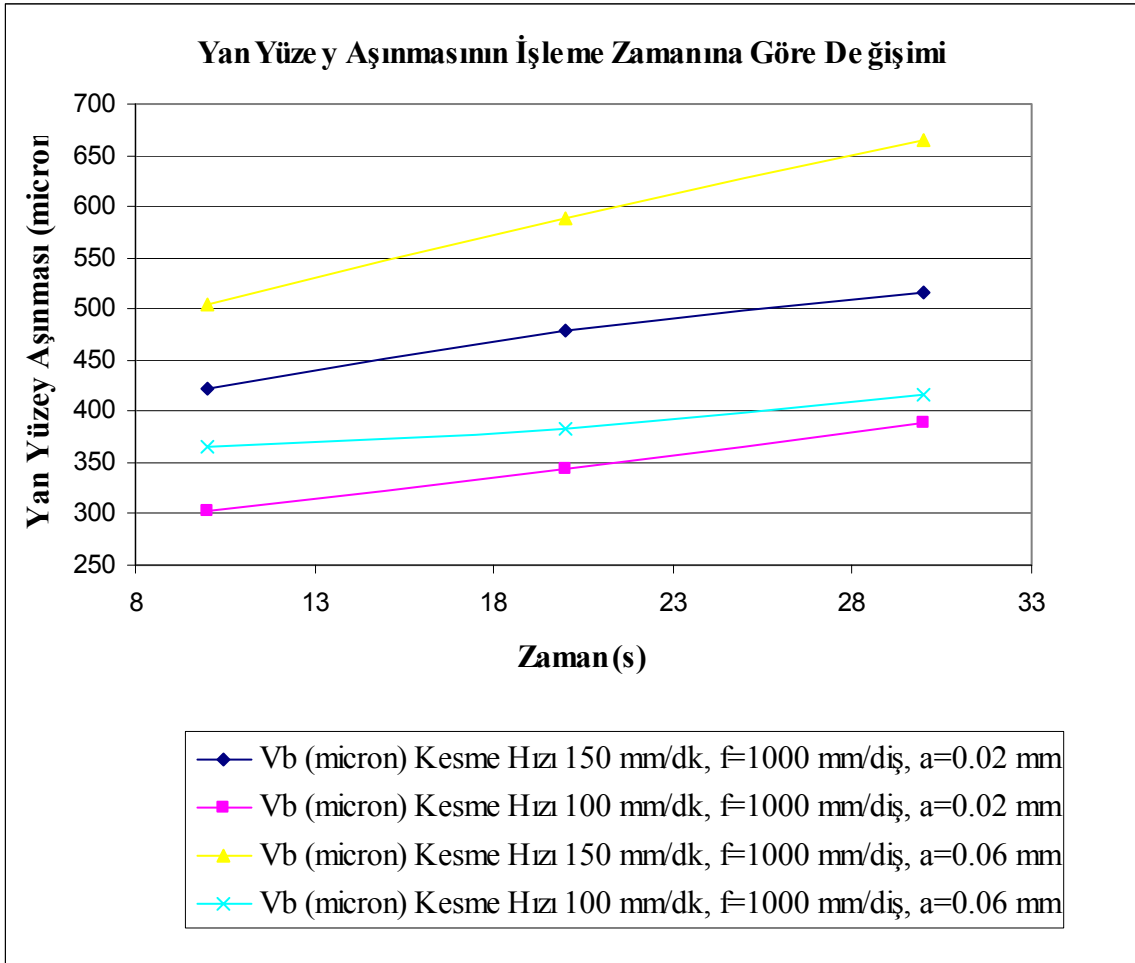
Şekil 7.7.'de yan yüzey aşınmasının işleme zamanına göre grafiği verilmiştir. Ancak burada ilerleme oranı 700 mm/dak.'dır. İlerleme oranının 400 mm/dak. olduğu durumla 700 mm/dak olduğu durum kıyaslanacak olursa ilerleme oranı takımın aşınmasında oldukça etkili olduğu görülür ve aşınma miktarının Şekil 7.7.'de arttığı göze çarpmaktadır.



Şekil 7.7. Yan Yüzey Aşınmasının İşleme Zamanına Göre Değişimi

Şekil 7.8.'de ise yine yan yüzey aşınmasının işleme zamanına göre değişimi verilmiştir. Diğer grafiklerden farkı ise ilerleme oranının 1000 mm/dak olduğu görülmektedir.

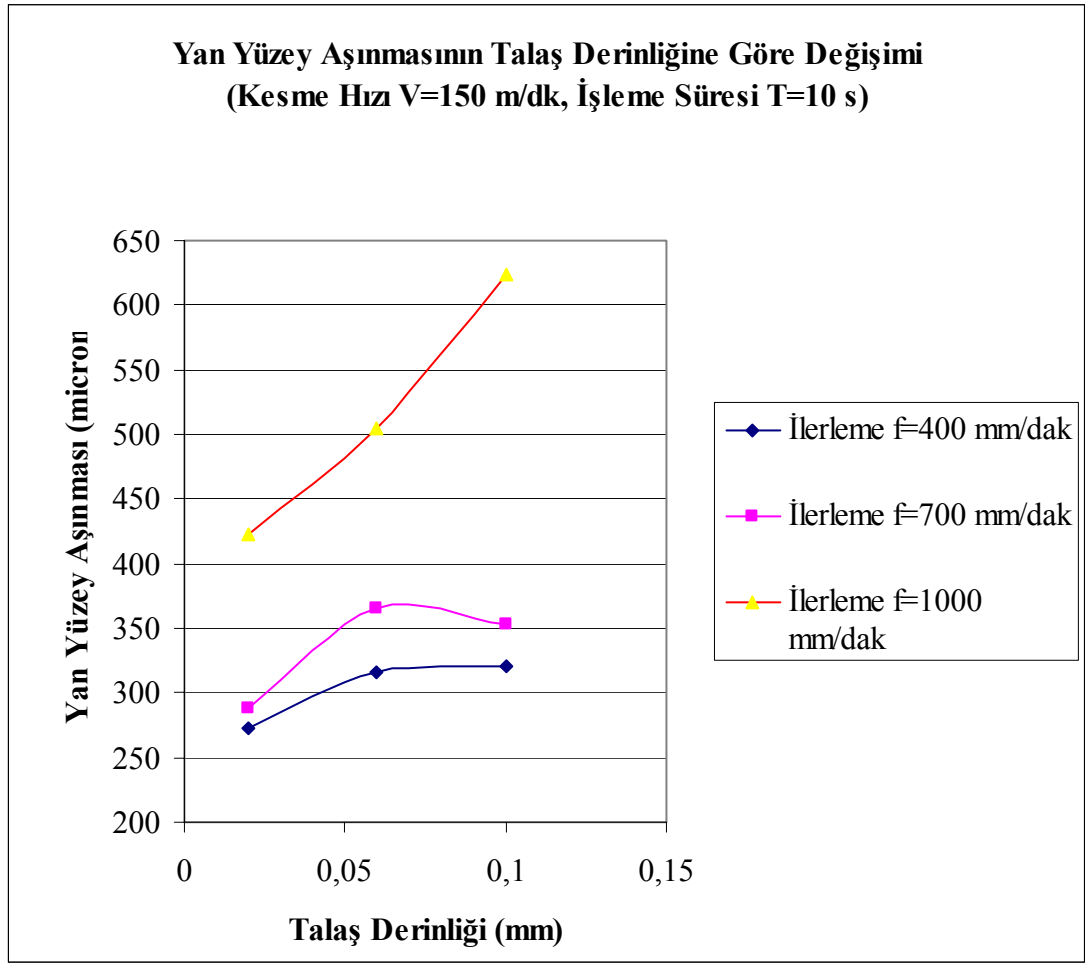




Şekil 7.8. Yan Yüze y Aşınmasının İşleme Zamanına Göre Değişimi

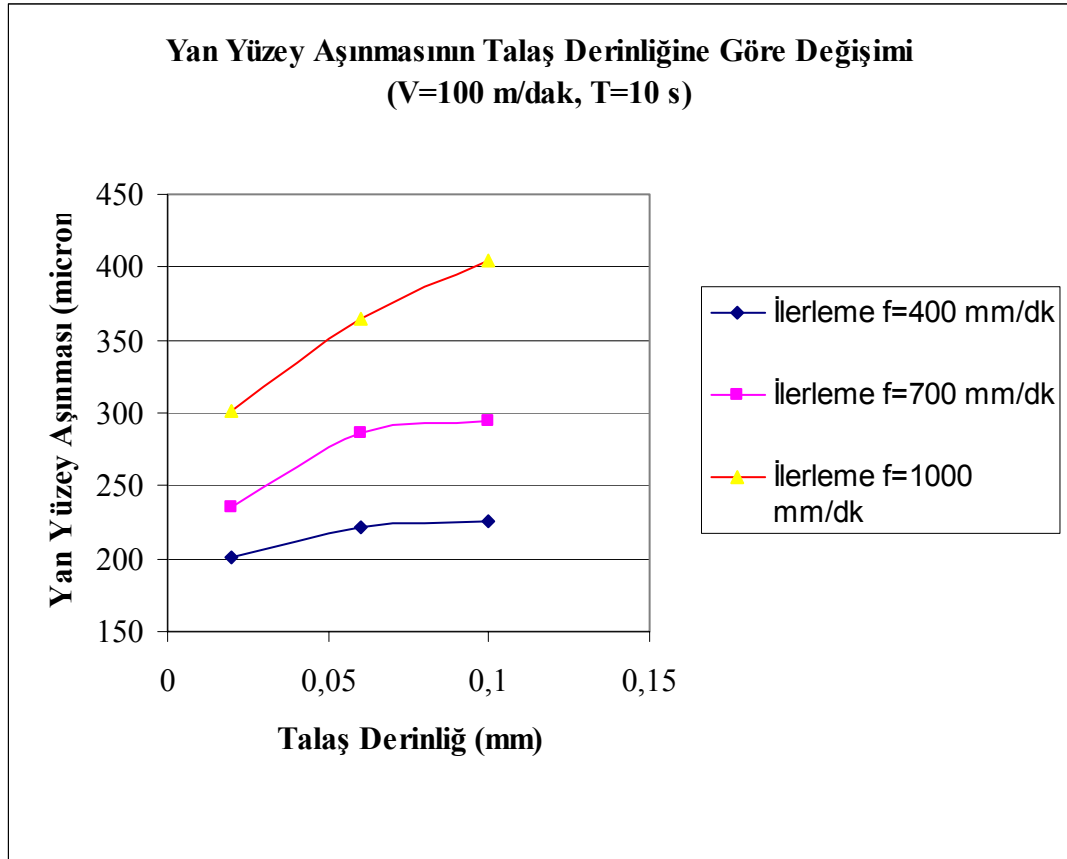
Talaş derinliğinin 0,02mm olduğu durum ile 0,06mm olduğu durum arasındaki ilişkiler incelenecek olursa talaş derinliğinin aşınma üzerindeki etkisi net bir şekilde görülmektedir. Buna göre ilerleme oranı ve talaş derinliği ikilisinin aynı anda artırılması takım aşınmasını oldukça etkilemektedir.

Şekil 7.9.'da verilen grafikte Kesme Hızı 150 m/dak, İşleme Süresi 10 s olarak sabit tutulmuş ve yan yüzey aşınmasının talaş derinliğine ve ilerleme oranına göre değişimi gösterilmiştir. Grafiğe göre, kesme hızının yüksek olduğu durumlarda talaş derinliği ve ilerleme oranı artışının takım ömrünü dolaysız etkilediği ve aşınmanın da hızlı bir şekilde arttığı görülmektedir.



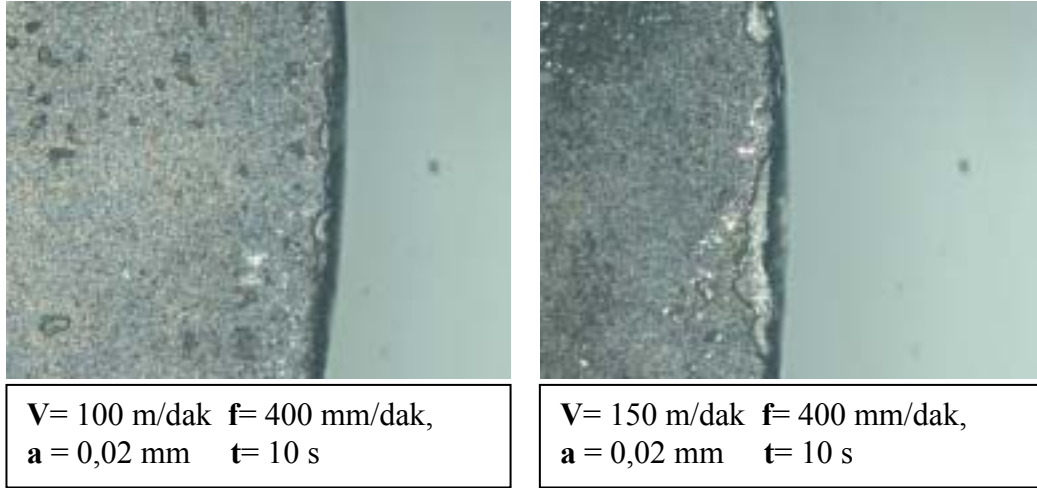
Şekil 7.9. Yan Yüzey Aşınmasının Talaş Derinliğine Göre Değişimi  
(Kesme Hızı  $V=150$  m/dak İşleme Zamanı  $T=10$  s)

Şekil 7.10.'da verilen grafikte ise kesme hızı 100 m/dak olarak belirlenmiştir. Kesme hızının takım ömrü üzerindeki etkisine bakılırsa en etkili parametrenin kesme hızı olduğu görülmektedir. Şekil 7.9. ile kıyaslama yapıldığı takdirde aşınma oranının kesme hızının azaltılmasıyla bir anda düştüğü görülebilir.



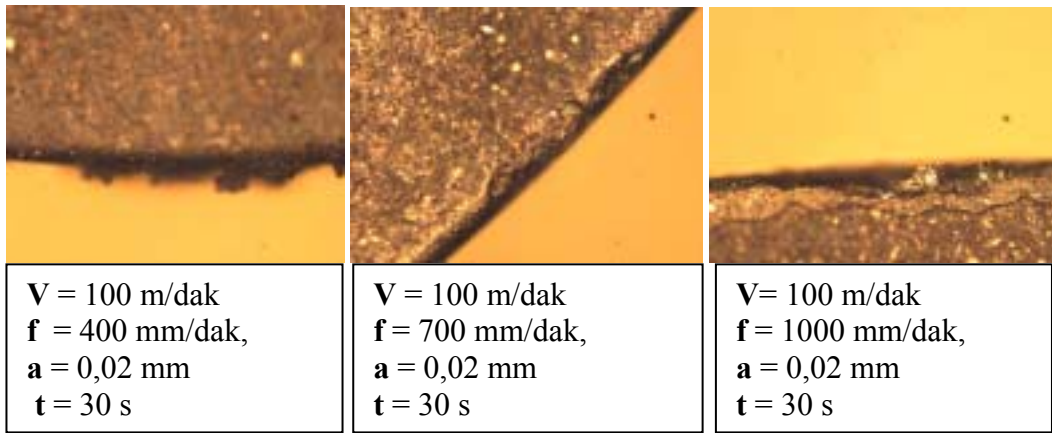
Şekil 7.10. Yan Yüzey Aşınmasının Talaş Derinliğine Göre Değişimi  
(V= 100 m/dak, T= 10 s)

Deneyleerde farklı kesme parametrelerinin kullanılması takım aşınması hakkında kıyaslamalar yapmamıza olanak sağlamaktadır. Sayısal mikroskopta resmedilen takım uçlarına bakacak olursak grafiklerle ifade ettiğimiz sonuçlara ulaşacağımız görülmektedir. Örneğin kesme hızının takım ömrüne etkisi incelendiğinde 100 m/dak kesme hızıyla kesim yapılan kesici uca nazaran 150 m/dak kesme hızıyla kesim yapılan kesici uç daha fazla aşındığı ve uç üzerinden kopmaların meydana geldiği görülmektedir (Şekil 7.11.).



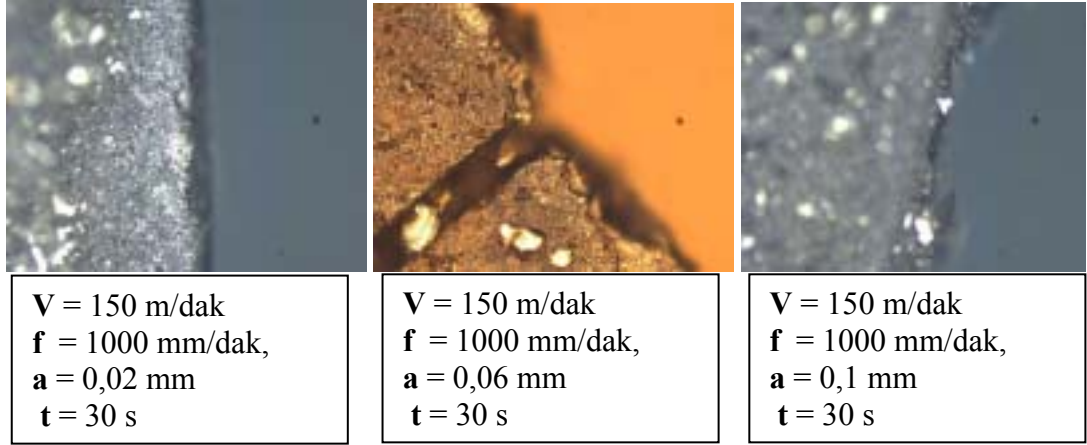
Şekil 7.11. Farklı Kesme Hızlarında Kesici Uçlardaki Aşınmalar

Şekil 7.12.' de kesme hızı, talaş derinliği ve işleme zamanı sabit tutulmuş ilerleme oranı değişken olarak ele alınmıştır. Resimlerden de anlaşıldığı üzere ilerleme değerinin artması takım ömrünün azalmasına neden olmaktadır.



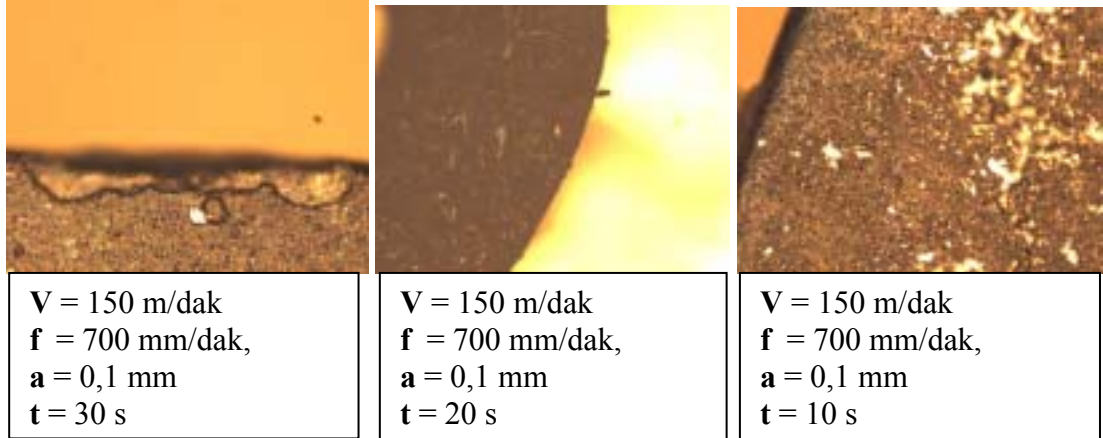
Şekil 7.12. Farklı İlerleme Oranlarında Kesici Uçlardaki Aşınmalar

Talaş derinliğinin takım ömrüne etkisi resimlerden de görüleceği gibi oldukça fazladır. Talaş derinliğinin artması takım ömrünü olumsuz etkilemiş ve aşınma miktarının arttığı gözlenmiştir. Aşağıdaki Şekil 7.13.'de değişik talaş derinliklerindeki kesmeler sonucu elde edilen aşınma miktarları resmedilmiştir.



Şekil 7.13. Farklı Talaş Derinliklerinde Kesici Uçlardaki Aşınmalar

Diğer bir kesme parametresi olarak değerlendirilen işleme zamanının takım üzerindeki etkisi incelendiğinde, işleme zamanının artması aşınma değerinin artmasına sebep olmuştur. Sürtünme sonucu malzemelerde meydana gelen sıcaklık işleme zamanının artmasıyla beraber çok yüksek değerlere çıkmakta ve bu da kesici takım ucunun malzeme yapısına zarar vermektedir (Şekil 7.14).



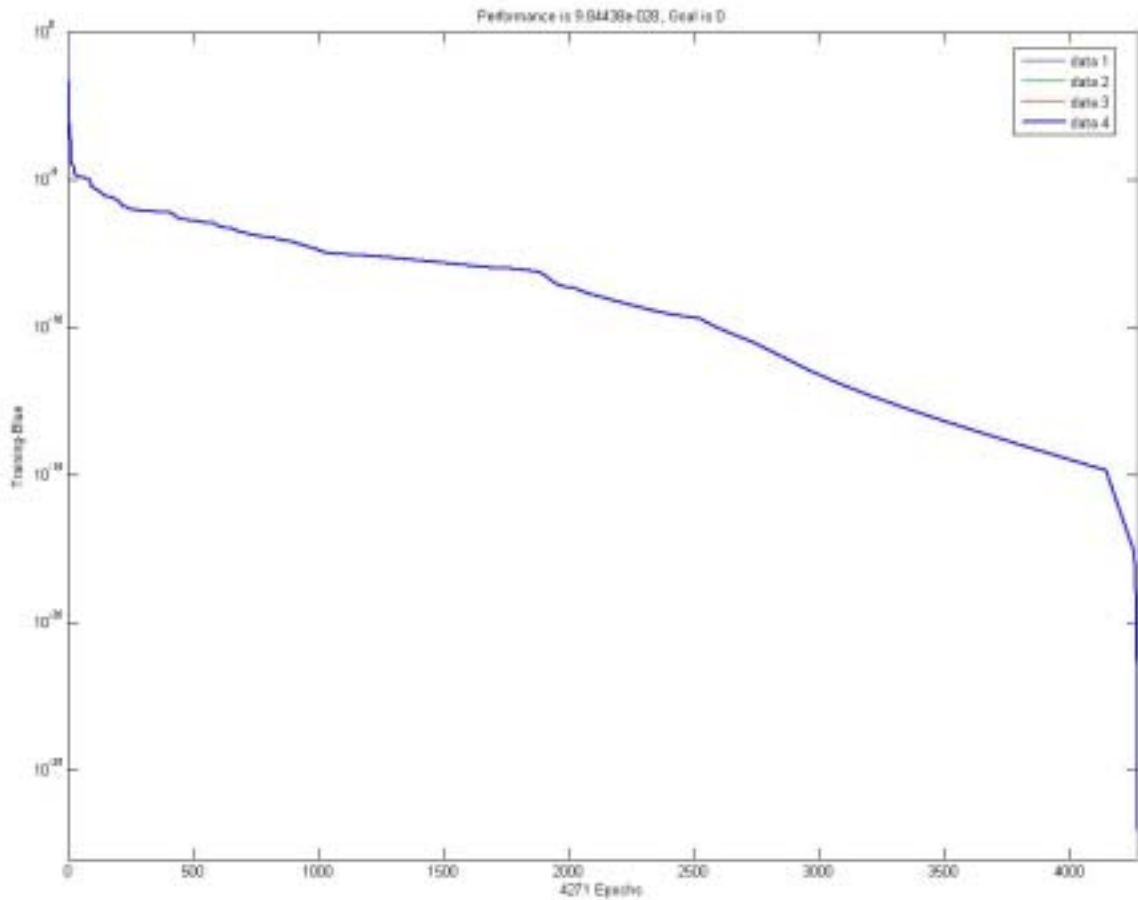
Şekil 7.14. Farklı İşleme Zamanlarında Kesici Uçlardaki Aşınmalar

### 7.1. Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Elde Edilen Takım Ömrü Tahmini

İleri beslemeli geriye doğru yayımlı olarak kurulan yapay sinir ağları modelinde giriş katmanında 8 adet sinir, gizli katmanda 5 adet sinir, son çıkış katmanında 2 adet sinir hücreleri modellenmiştir. Model öncelikle 10000 iterasyon için Tanjant

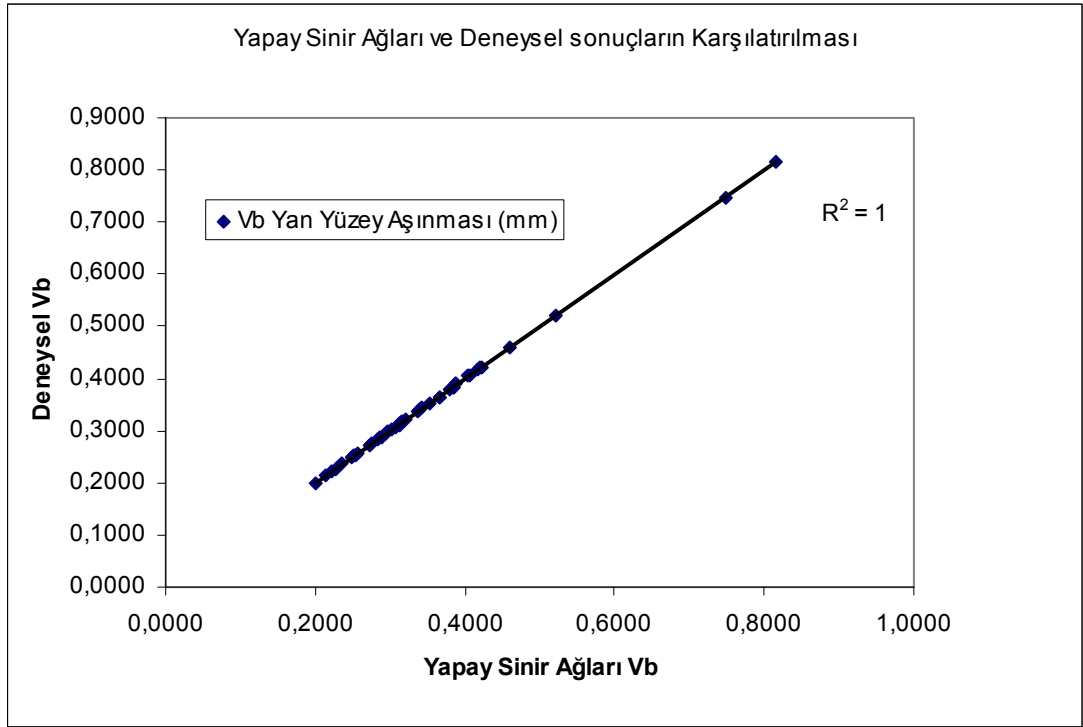
Sigmoid transfer fonksiyonu kullanılarak eğitilmiştir. Modelin eğitim performansını değerlendirmede en küçük kareler MSE (Mean Square Error) metodu kullanılmıştır.

Kurulan model 4271 iterasyon sonucunda 10-25 MSE performansına ulaşmış olup bu hataların en küçük karelerinin değerleri 0 değerine çok yaklaşmıştır. Modelin performansı Şekil 7.15.'de verildiği gibi 10-25 MSE olup deneysel aşınma verileri ile yapay sinir ağlarında modellenen veriler arasındaki hata payı 0' a yakındır.



Şekil 7.15. Yapay Sinir Ağlarının Eğitim Performans Eğrisi

Yapılan deneyler sonucunda yapay sinir ağlarıyla modellenen çalışma için deneysel takım ömrü verileri ile model tarafından hesaplanan veriler şekilde görüldüğü gibi  $R^2= 1$  olup kurulan modelin %100 doğru sonuçlar verdiği görülmektedir (Şekil 7.16.).

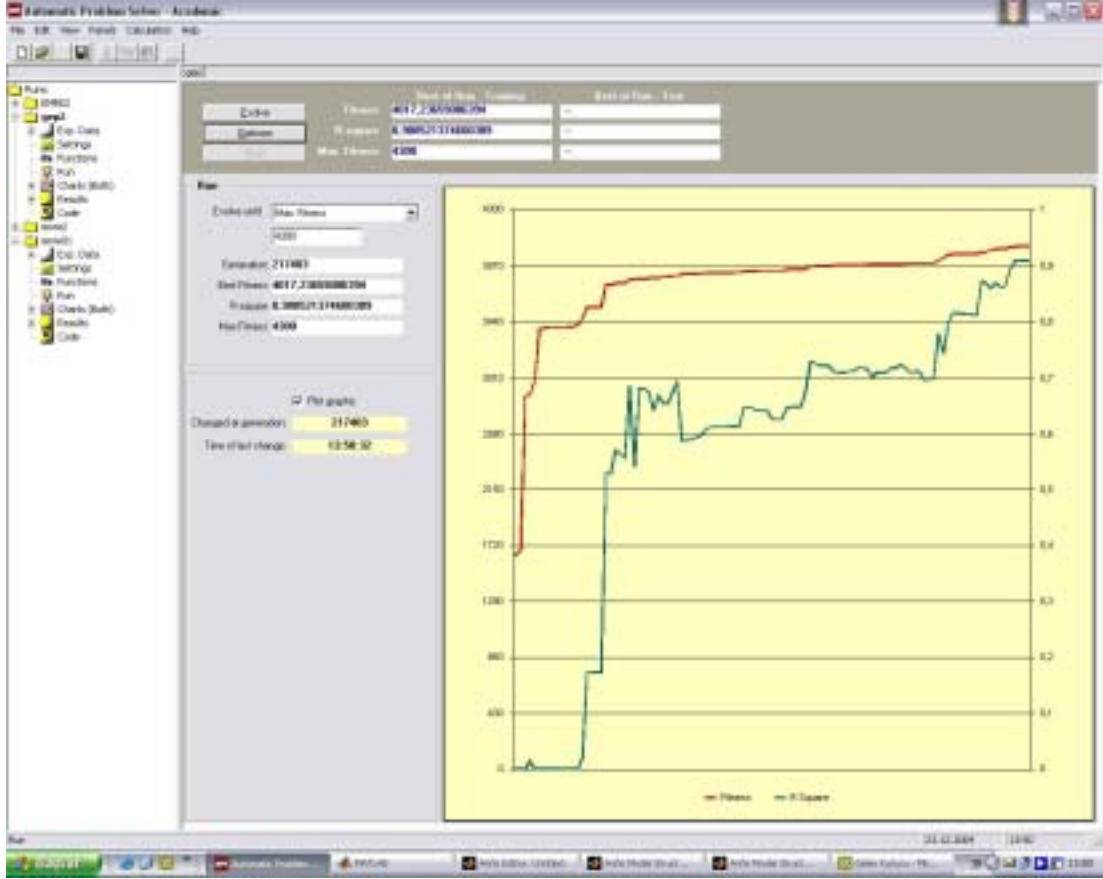


Şekil 7.16. Yapay Sinir Ağları ve Deneysel Sonuçların Karşılaştırılması Sonucu Elde Edilen Grafik

## 7.2. Evrimsel Programlama Yöntemi ile Elde Edilen Takım Ömrü Tahmini

Çalışmada deneysel veriler Evrimsel Programlama Yöntemi kullanılarak modellenmiş. Modelleme sırasında verilerin %80'i eğitim verisi, %20'si test verisi olarak kullanılmış ve APS2.0 programında değerlendirme yapılmıştır. Modelin kurulumunda 8 adet giriş değeri 1 adet yan yüzey çıkış değeri kullanılmıştır.

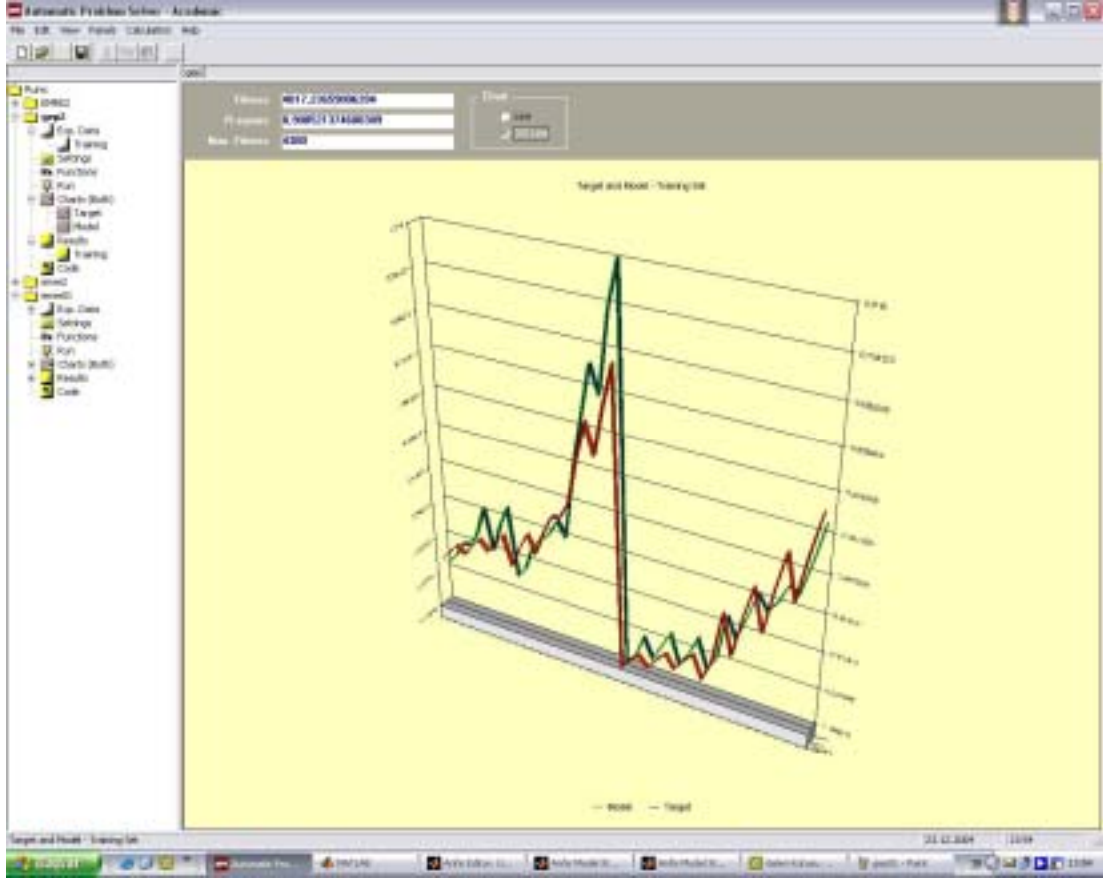
Parametreler incelendiğinde, deneysel veriler 100 kromozoma bölünerek 0,04 mutasyon işlemine tabi tutulmuş, 217403 iterasyon sonucunda  $R^2 = 0,91$ 'lik doğruluk değerine ulaşılmıştır. Kurulan model Şekil 7.17.'de gösterilmiştir.



Şekil 7.17. Evrimsel Programlama Modelinin eğitimi sonucu oluşan grafik

Modelin hesaplama işlemleri tamamlandıktan sonra deneysel verilerle modelin hesapladığı veriler arasındaki ilişkiler ortaya konulmuştur. Bu ilişki aşağıdaki Şekil 7.18.'de gösterilmektedir.





Şekil 7.18. Deneysel Veriler ile Modelin Hesapladığı Veriler Arasındaki İlişkiyi Gösteren Grafik

Model 217403 iterasyondan sonra optimize işlemine tabi tutulmuştur. Optimizasyon sonucunda  $R^2$  oranında bir değişme olmadığı gözlenmiş ve mevcut çalışma uygun görülerek durdurulmuştur. %91'lik doğruluk payı veren hesaplama sonucunda program tarafından verilen C++ kodu aşağıda verilmiştir.

```
double APSCfunction(double d[])
{
    double dblTemp = 0;
    dblTemp += tan((d[0]/pow(pow(10,(d[2]/d[5])),exp(exp(d[1])))));
    dblTemp += sin((sin((log(d[3])*d[3]))/(log10(d[2])/pow(10,d[1]))));
    dblTemp += tan(pow(d[0],pow(10,((log(d[2])*d[5])*pow(10,d[0])))));
    return dblTemp;
}
```

Bu kod takım aşınmasını ve ömrünü eş zamanlı izlemede kesme parametreleri değişse bile %91 oranında aşınma verilerini tahmin edebilmektedir.

Bu koddan elde edilen formül ise

$$V_b = \frac{\tan d_0}{10^{d_5}} + \sin \left[ \frac{\sin(\log(d_3)) * d_3}{\frac{\log(d_2)}{\log 10}} \right] + \tan(d_0^{(10^{\log(d_2) * d_5 * 10^{d_0}})}) \quad (7.1.)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Formülde,

$d_0$ : Kesme Hızı (m/dak)

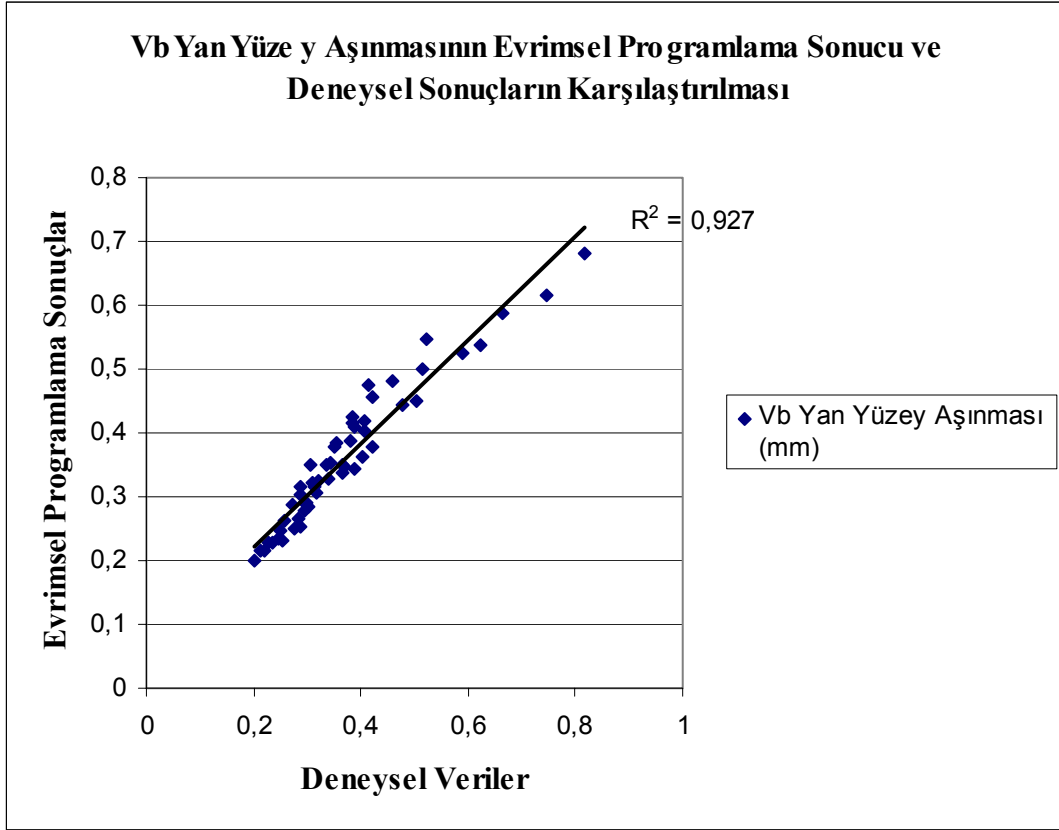
$d_1$ : İlerleme Oranı (mm/dak)

$d_2$ : Talaş Derinliği (mm)

$d_3$ : İşleme Zamanı (s)

$d_5$ : Ses Sinyallerinin RMS Değeri olarak ifade edilmektedir.

Deneysel çalışmanın sonucu elde edilen aşınma verileri ile evrimsel programlama yönteminde türetilen aşınma verilerinin karşılaştırma sonucu Şekil 7.19.'da verilmiştir.

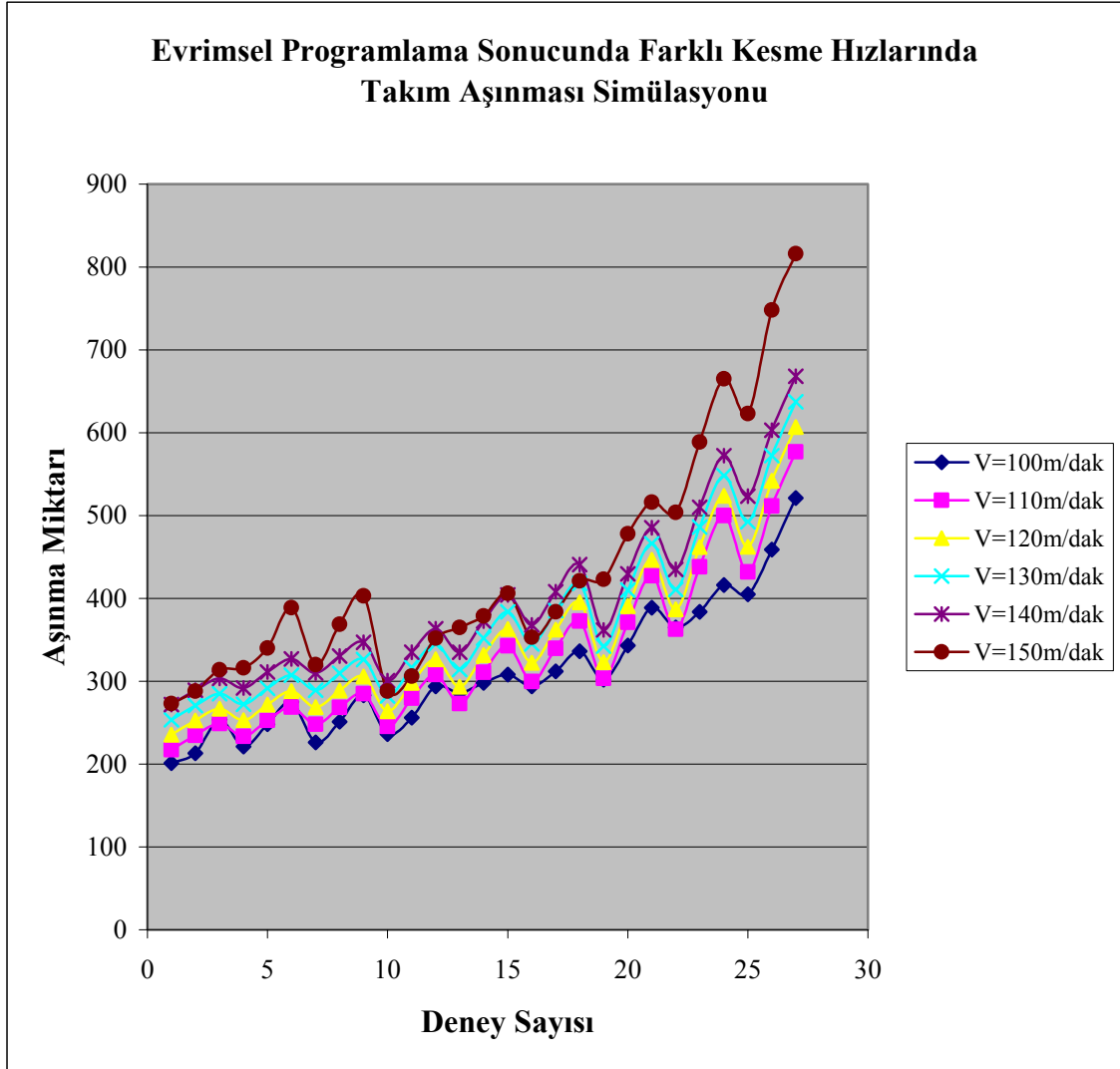


Şekil 7.19. Deneysel Veriler ile Evrimsel Programlama Verilerinin Karşılaştırılması Sonucu Elde Edilen Grafik

Grafikte görüldüğü gibi deneysel verilerle evrimsel programlama yönteminde hesaplanan veriler arasındaki ilişki  $R^2 = 0,927$  olup kurulan modelin doğruluğunu göstermektedir.

Değişik kesme hızlarında aşınma miktarı değişimi evrimsel programlama yönteminde simüle edilecek olursa aşağıdaki grafik elde edilmektedir (Şekil 7.20.).

Bu grafik incelenecek olursa oluşturulan modelin verdiği sonuçlar ile deney sonuçlarının uyum içerisinde olduğu görülmektedir. Modelde kesme hızları 110, 120, 130 ve 140 m/dak olarak belirlenmiş ve bu değerlere göre simülasyon yapılmıştır. 100 ve 150 m/dak'lık değerler ise bizim deneyler sonucu elde ettiğimiz gerçek değerlerimizdir. İstenmesi durumunda bu değerler artırılabilir.



Şekil 7.20. Elde edilen denklemle 100m/dak ile 150m/dak kesme hızları arasındaki ara değerlerin hesaplanmasıyla oluşturulan aşınma eğrileri

## 8. SONUÇ

Talaşlı üretimde üretim maliyetini etkileyen en önemli parametrelerden birisi kesici takım maliyetidir. Uygun kesme şartlarının sağlanması bu maliyeti azaltmaktadır. Uygun kesme şartlarının sağlanması derken göz önünde tutulması gereken etkenler vardır. Yapılacak işin maliyeti ekonomik takım ömrüyle bağlantılı olduğu gibi işleme zamanına da bağlıdır. Ekonomik bir üretim yapılabilmesi için mutlaka optimum kesme şartlarının yanında işleme zamanı da göz önünde bulundurulmalıdır. Yapılan çalışmada kesme parametreleri optimize edilmiş, bu kesme parametrelerinin işleme zamanı ve takım aşınması gibi kriterlere etkisi üzerinde durulmuştur.

Ses ve titreşim algılayıcıları yardımıyla elde edilen sinyaller ile deneyler sonucu elde edilen aşınma miktarları arasında ilişkiler kurulmuş ve grafiksel olarak bu ilişkiler açıklanmıştır. Grafikler, sinyal karakteristiğinin aşınma oranının artması ile nasıl değiştiği hakkında bilgi vermektedir.

Deneyler sırasında uygulanan kesme şartları, alınan ses ve titreşim sinyalleri ve deneyler sonunda ölçülen aşınma değerleri yapay zeka uygulamalarında modellenmiştir. Oluşturulan bu modeller sonucunda kesme parametreleri ile alınan sinyaller arasında bağıntılar kurulmaya çalışılmıştır. Yapay zeka uygulamalarından birisi olan yapay sinir ağlarında kurulan model sonucunda elde edilen değerlerle gerçek değerler karşılaştırılmış ve hata payının 0'a çok yakın olduğu saptanmıştır. Kurulan modelin performansı  $10^{-25}$  MSE olarak belirlenmiş ve  $R^2=1$  değerine ulaşılarak modelin %100 doğru olduğu görülmüştür.

Başka bir yapay zeka uygulaması olan Evrimsel Programlama Yönteminde kurulan modelde kesme parametreleri, kesme işlemi sırasında alınan sinyaller ve deneyler sonucu oluşan aşınma değerleri göz önüne alınmıştır. Kurulan model sonunda hesaplama işlemleri tamamlandıktan sonra deneysel verilerle modelin hesapladığı veriler arasındaki ilişkiler ortaya konulmuştur ve bu ilişki grafiklerle ifade edilmiştir. %91'lik doğruluk payı veren hesaplama sonucunda program tarafından C++ kodu üretilmiştir. Bu koda bağlı olarak 8.1. denklemi kurulmuş ve bu denklemin doğruluğu grafiksel olarak ifade edilmiştir. Literatürde böyle bir çalışma ile

karşılaşılmanış ve böyle bir denklem bulunamamıştır. Denklemdede kesme hızının 100 ve 150 m/dak olduğu aralıklarda değerlendirilmiş, kesin sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlar Şekil 7.20. de açıkça görülmektedir. Denklemin geçerli olduğu aralığın daha da genişletilmesi için deney sayılarının artırılması yeterli olacaktır.

Bu alışma, ekonomik takım ömrünün tahmini ve optimum alışma Şartlarının belirlenmesi konusunda ileride yapılacak olan uygulamalara önemli ölçüde katkı sağlayacaktır.

Takım ömrünün önceden tahmin edilmesi sonucu üretim sırasındaki gereksiz zaman kayıpları ortadan kalkacak ve üretim kalitesinde gözle görülür bir artış sağlanacaktır.

## 9. KAYNAKLAR

- Akbaş, O., (1999). Yapay Sinir Ağları ile İşaret İşleme, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bursa.
- Akkurt, M., (2000).Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları. Birsen Yayınevi. İstanbul. Efe, Ö., Kaynak, O., (2000). Yapay Sinir Ağları ve Uygulamaları. Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul.
- Al-Habaibeh, A., Gindy, N.,(2000). A new Approach for Systematic Design of Condition Monitoring Systems for Milling Processes. Journal of Materials Processing Technology, 107, 243-251.
- Antonio, A, C., Davim, J, P., (2002). Optimal Cutting Conditions in Turning of Particulate Metal Matrix Composites Based on Experiment and a Genetic Search Model. Composites Applied Science and Manufacturing 33, 213-219, Portugal
- Baykasoğlu, A., (1995). Computer Aided Optimisation of Cutting Conditions in Multicut Turning Operations. Gaziantep Üniversitesi Makina Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep.
- Beggan, C., Woulfe, M., Young, P., Byrne, G., (1999). Using Acoustic Emission to Predict Surface Quality. International Journal of Advantage Manufacture Technology, n.15, pp.737-742.
- Chungchoo, C., Saini, D., (2002). On-Line Tool Wear Estimation in CNC Turning Operation Using Fuzzy Neural Network Model. International Jurnal of Machine Tools and Manufacture 42, 29-40, Australia.
- Çakır, M.C., (2000). Modern Talaşlı İmalat Yöntemleri. Vipaş A.Ş., Bursa.
- Çakır, M.C., (1997). Talaşlı İmalat Ders Notları. 47-52, 125-144, İstanbul.
- Çengel, A.Y., Boles, A.M, (1994). Thermodynamics: An Engineering Approach. McGraw-Hill, 987s. New York.
- Çolak, O., (2003). Dijital Sinyal İşlemede Yapay Sinir Ağlarının Kullanımı. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Seminer-IV Doktora, 1-7, Isparta.
- Das, S., Bandyopadhyay, P, P., Chattopadhyay, A, B., (1997). Neural-Network-Based Tool Wear Monitoring in Turning Medium Carbon Steel Using a Coated Carbide Tool. Journal of Materials Processing Tecnology 63, 187-192, India.
- Dımla, E., Lister, P,M., Leighton, N, J., (1998). Automatic Tool State Identification in a Metal Turning Operation Using Neural Networks and Multivariate

- Process Parameters. International Journal of Machine Tools and Manufacture Vol 38, 343-352.
- Dilipak, H., Gülesin, M., (1997). Torna Opsiyonları İçin Uzman Sistem Tekniklerine Dayalı Kesici Takım Seçimi. Mamkon'97, 349-357, İstanbul.
- Dornfeld, D.A., (1994). In Process recognition of cutting states, JSME International Journal, Series C: Dynamics Control Vol.37, No.4, p638-650.
- Gamsız, E., (2000). CNC takım Tezgahlarında Hızlı Talaş Kaldırma Prosesinin Teorik ve Deneysel İncelenmesi. \*\*\*\*, Doktora Tezi, 28-31.
- Hashmi, K., Baradie, M, A., Ryan, M., (1999). Fuzzy-Logic Based Intelligent Selection of Machining Parameters. Journal of Materials Processing Technology 94, 94-111, Ireland.
- Hsieh, C,H., Chou, J,H., Wu, Y,J., (2002). Optimal Predicted Fuzzy Controller of a Constant Turning Force System With Fixed Metal Removal Rate. Journal of Materials Processing Tecnology 5636, 1-9, Taiwan.
- Inasaki, I., (1998). Application of acoustic Emission Sensor for Monitoring Machining Processes. Ultrasonics 36, 273-281.
- İlkaz, S., (2002).CNC Tornalama İşlemlerinde Kesme PaBulanık Mantık ile Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
- Choi, I.H., Jeong, D.K., (1997). Development of Monitoring Systems on the Diamond Tool Wear. International Journal of Machine Tools and Manufacture, 39, 505-515, 655-663.
- Kim, J.S., (1999). Development of an on-line Monitoring System Using Acoustic Emission Signal in Gear shaping. International Journal of Machine Tools and Manufacture 39, 1761-1777 p.
- Kayacan, M.C., (1997). CNC Tornalama İşlemleri İçin Kesici Takım Seçiminin ve Kesme Parametrelerinin Birlikte Belirlenmesi. Mamkon'97, 298-303, İstanbul.
- Kistler, (2004). Firma Kataloğu
- Mannan, M.A., Kassim, A.A., Jing, M., (2000). Application of İmage and Sound Analysis Techniques to Monitor the Condition of Cutting Tools. Pattern Recognition Letters 21, 969-979.
- Matsushima, K., Sata, T., (1974). On-line Control of the Cutting State by the Pattern Recognition Technique. Annals of the CJRP 23, p.151-152.



- Mehrabi, M.G., Ulsoy, Koren, Y., (2000). Reconfigurable Manufacturing Systems: Key to Future Manufacturing, Journal of Intelligent Manufacturing, Vol.11, No.4, pp 403-419
- Mendi, F., (1996). Takım Tezgahları Teori ve Hesapları. 217s., Ankara
- Narang, R.V., Fischer, G.W., (1993). Development of a Framework to Automate Process Planing Functions and to Determine Machining Parameters. International Jurnal of Machine Tools and Manufacture, Vol 31, 1921-1942
- Pontuale, G., Farrelly, F.A., Petri, A., Pitolli, L., (2002). A Statistical analysis of Acoustic Emission Signals for Tool Condition Monitoring. 2003 Acoustical Society of America, America.
- Robert, B.J., Barry, K.F., Ercan, M.T., (2001). On-line Optimization of Cutting Conditions for NC Machining. Manufacturing and Industrial Innovation Research Conference, Florida.
- Sandvik, (2000). Kesici Takım Firma Katoloğu.
- Şahin, Y., (2001). Talaş Kaldırma Prensipleri 2. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Şahin, Y., (2001). Talaş Kaldırma Prensipleri 1. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Şeker, U., (1997). Takım Tasarımı Ders Notları. 130 s. Ankara.
- Şen, Z., (1999). Mühendislikte Bulanık Modelleme İlkeleri. İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, İstanbul.
- TaeguTec. (2002). Firma Katoloğu.
- TaeguTec. (2004). TaeguTec Corporation. <http://www.taegutec.com>.
- Topbaş, M.A., (1998). Çelik ve Isıl İşlem El Kitabı. Ekim Ofset, 593s.İstanbul.
- Tsai, Y.H., Chen, J.C., Lou, S., (1999). An In-Process Surface Recognition System Based on Neural Networks in End Milling Cutting Operations. International Journal of Machine Tools and Manufacture, n.39, pp.583-605.
- Xiaoli, L., (2002). A Brief Review: Acoustic Emission Method for Tool Wear Monitoring During Turning. International Journal of Machine Tools and Manufacture 42, 157-165.
- Wong, S.V., Hamouda, A.M.S., El Baradie, M.A., (1999). Generalized Fuzzy Model for Metal Cutting Data Selection. Journal of Materials Technolojy, n.89-90, pp.310-317.

Yılmaz, O., (1999). Computer Aided Selection of Cutting Parameters By Using Fuzzy Logic. G. Ü. Makine Mühendisliği, Y. Lisans Tezi (yayınlanmamış), 110s. Gaziantep.

Zadeh, L.A., (1965), Fuzzy Sets, Information and Control 8, 338-353 p.

Zadeh, L.A., (1978), Fuzzy Sets as a Basis For a Theory Of Possibility, 3-10 p.

Zhu, J.Y., (1982). Control of Machine Tools Using to Fuzzy Control Technique. Annals of the CIRP 31, 347-352.

**ÖZGEÇMİŞ**

Adı Soyadı : Emre HAMAMCI

Doğum Yeri : Isparta

Doğum Yılı : 1979

Medeni Hali : Evli

Eğitim ve Akademik Durumu:

Lise 1993-1997 Isparta Altınbaşak Lisesi

Lisans 1997-2001 Süleyman Demirel Üniversitesi

Yabancı Dil : İngilizce

İş Deneyimi:

2002-..... Araştırma Görevlisi (Süleyman Demirel Üniversitesi)