

47013.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TALAŞ KALDIRMA ŞARTLARININ
BELİRLENMESİNDE
ÇOK AMAÇLI KARAR VERME
YÖNTEMLERİ**

End.Müh. Deniz DEMİRTAŞ

F.B.E. Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında

hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. Mesut ÖZGÜRLER

İSTANBUL, 1995

F.B.E. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
TEZ YÖNETİM MERKEZİ

TALAŞ KALDIRMA ŞARTLARININ BELİRLENMESİNDE

ÇOK AMAÇLI KARAR VERME YÖNTEMLERİ

1.0.GİRİŞ.....	1
1.BÖLÜM: TALAŞ KALDIRMA PAREMETRELERİ	
1.1.Talaş Kaldırma Bilgileri.....	2
1.1.1.Talaşlı Şekillendirme.....	2
1.1.2.Takım Tezgahı.....	2
1.1.3.Kesici Takım.....	2
1.2.Talaş Kaldırma İşlemlerine Tesir Eden Faktörler.....	3
1.2.1.Kesici Takım ve Geometrisi.....	3
1.2.1.1.Yüzeyler.....	3
1.2.1.2.Kesici Kenarlar.....	4
1.2.1.3.Kesici Takım Düzlemleri.....	5
1.2.1.4.Açıları.....	7
1.2.1.4.1.Takım Referans Düzlemleri Açıları.....	7
1.2.1.4.1.1.Ayar Açısı.....	7
1.2.1.4.1.2.Uç Açısı.....	8
1.2.1.4.2.Kesici Kenar Düzlemi Açıları.....	9
1.2.1.4.2.1.Eğim Açısı.....	9
1.2.1.4.3.Ölçme Düzleminde Ölçülen Açıları.....	10
1.2.1.4.3.1.Serbest Açısı.....	10
1.2.1.4.3.2.Kama Açısı.....	10
1.2.1.4.3.3.Talaş Açısı.....	11
1.2.2.Kesici Takımlarda Aşınma Çeşitleri.....	12
1.2.2.1.Aşınma Çeşitleri.....	13
1.2.2.1.1.Krater Aşınması.....	13

1.2.2.1.2.Serbest Yüzey Aşınması.....	14
1.2.2.2.Aşınmayı Oluşturan Etmenler ve Giderilmesi.....	16
1.2.2.2.1.Kesici Kenarın Bozulması.....	16
1.2.2.2.2.Yapışma (Adhezyon).....	17
1.2.2.2.3.Yayınma (Difüzyon).....	18
1.2.2.2.4. Mekanik Aşınma.....	19
1.2.2.2.5. Tufalleşme (Oksidasyon).....	19
1.2.2.3.Aşınmanın Giderilmesi.....	19
1.2.2.4.Takım Ömrü.....	22
1.2.2.4.1.Üretimde Takım Kontrolü.....	27
1.2.3.Kesici Takım Malzemeleri.....	30
1.2.3.1.Takım Çelikleri.....	34
1.2.3.1.1.Alaşimsız Takım Çelikleri.....	34
1.2.3.1.2.Alaşımlı Takım Çelikleri.....	34
1.2.3.2.Hız Çelikleri.....	35
1.2.3.3.Sert Metaller.....	36
1.2.3.3.1.Sert Metallerin İmalatı.....	36
1.2.3.3.2.Kaplamalı Sert Metaller.....	38
1.2.3.3.3.Sert Metallerin Kullanım Alanı.....	40
1.2.3.4.Kesme Keramikleri.....	43
1.2.3.5.Elmaslar.....	45
1.2.4.İşlenen Malzemenin Özellikleri.....	46
1.2.5.Takım Tezgahı.....	49
1.2.6. Sıcaklıklar.....	50
1.2.7. Kesme ve Soğutma Sıvıları.....	50
1.3.Ekonomik Kesme Şartlarının Belirlenmesi.....	53
1.3.1.Kesme Değerinin ve Kesme Şartlarının Önemi.....	54
1.3.2.İşleme Ekonomikliği.....	55

1.3.3.Kesme Değerlerinin Saptanması ve Optimizasyonu.....	56
1.3.3.1.Ekonomik Takım ömrünün Bulunması.....	58
1.4.Talaş Kaldırma Hesapları.....	63
1.4.1.Kesme Hızı.....	63
1.4.2.Talaş Boyutları.....	64
1.4.3. Kesme Kuvvetleri.....	64
1.4.4.Makina Gücünün Hesapları.....	68
II.BÖLÜM: ÇOK AMAÇLI KARAR VERME YÖNTEMLERİ	
2.1.Çok Amaçlı Karar Verme.....	70
2.2.Çok Amaçlı Karar Verme Gereksinimi.....	70
2.3.Karar Verme Prosesinin Mekanığı.....	72
2.4.Temel Kabuller ve Terminoloji.....	73
2.4.1.Temel Kabuller.....	73
2.4.2.Terminoloji.....	75
2.4.2.1.Olurlu Bölge.....	76
2.4.2.2. Optimum Çözüm.....	76
2.4.2.3. Baskın Çözüm.....	77
2.4.2.4. Tercih Edilen Çözüm.....	77
2.5.Karar Verme Prosesine İki Yaklaşım.....	79
2.6.Karar Verme Prosesinin Dinamiği.....	80
2.6.1.Ön Karar Safhası.....	80
2.6.2.Kısmi Karar Safhası.....	81
2.6.3.Karar Safhası.....	81
2.6.4. Karar Sonrası.....	82
2.7.Çok Amaçlı Karar Verme Modellerinin Sınıflandırılması.....	82
2.7.1. Karar Vericiden Açıkça Bilgi İstenmeyen Yöntemler.....	85
2.7.1.1.Toplu Kriter Yöntemi.....	85
2.7.2.Karar Vericiden Tercihlerle İlgili Kişisel Bilginin Problemin Başında Talep Edildiği Yöntemler.....	89

2.7.2.1.Hedef Programlama.....	90
2.7.2.1.1.Grafik Çözüm.....	91
2.7.2.1.2.İterasyonla Çözüm.....	92
2.7.3.Karar Vericiden Karar Prosesi Sırasında Ardışık Olarak Bilgi Talep Eden Yöntemler.....	94
2.7.3.1.Stem Yöntemi.....	95
2.7.3.2.Zionts ve Wallenius Yöntemi.....	101
2.7.3.3.Geoffrion, Dyer ve Feinberg (GDF) Yöntemi.....	103
2.7.3.4.Yedek Değer Yöntemi.....	104
2.7.3.5. Vektör Eniyilemesi.....	104
2.7.4.Çok Amaçlı Lineer Regresyon Yöntemi.....	107

III. BÖLÜM: UYGULAMA

3.1.Deneyin Amacı.....	110
3.2.Deneyde Kullanılan Malzemeler,Tezgah ve Cihazlar.....	111
3.3.Deneyin Yapılışı.....	114
3.3.1.Kesme Koşullarının Belirlenmesi.....	114
3.3.2.Saptanan Kesme Koşullarına Göre Gerekli Tezgah Güçleri.....	116
3.3.3.Deney Parçalarının Hazırlanışı.....	119
3.3.4.Deney Sistematığı.....	119
3.3.5.Hesaplama Aşaması.....	120
3.3.5.1.Çok Ölçütlü Karar Verme Modelinin Formülasyonu.....	128
3.3.5.1.1.Çok Ölçütlü Lineer Proglamlama Modeli İle Çözüm.....	135
3.3.5.1.2.Kompozit Amaç Fonksiyonları İle Çözüm.....	137
3.3.5.1.3.Toplu Kriter Yöntemi İle Çözüm.....	139
3.6.SONUÇ.....	141

KAYNAKLAR

ÖZGEÇMİŞ

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1. Tornalama ve Planyalamada Serbest Yüzeyler,Kesici Kenarlar.....	2
Şekil 1.2. Bir Torna Takımında Olması Gereken Açılar.....	4
Şekil 1.3. Ana Kesici Kenar ve Yan Kesici Kenar.....	5
Şekil 1.4 Kesici Kenar Köşesinin Yuvarlatılması.....	5
Şekil 1.5. Kesici Kenar Düzlemleri.....	6
Şekil 1.6. Talaş Açısının Çeşitli Değerleri.....	7
Şekil 1.7. Eğim Açısı Değerleri.....	9
Şekil 1.8. Kesici Kenar Düzlemi ve Oluşan Açılar.....	11
Şekil 1.9. Serbest Yüzey Aşınması ile Krater Teşekkülü.....	12
Şekil 1.10.Serbest Yüzey Aşınmasının Zamana ve Mesafeye Göre Değişimi...	15
Şekil 1.11.Hız-Ömür İlişkisinin Grafik Gösterimi.....	24
Şekil 1.12.Çeşitli Kesme Hızları İçin Aşınma Eğrileri.....	25
Şekil 1.13. Kesici Takım Malzemesinin Tarihsel Gelişimi.....	32
Şekil 1.14.Çeşitli Endüstri Dallarının Tarihsel Gelişimi.....	33
Şekil 1.15.Çeşitli Kesici Takım Malzemelerinde Sertlik-Süneklik Değişimi.....	33
Şekil 1.16.Sert Metal İmalat Şeması.....	37
Şekil 1.17. Kobalt Oranı ve Sertlik Arasındaki İlişki.....	38
Şekil 1.18. ISO Talaş Kaldırma Grubunda Mukavemet-Süneklik İlişkisi.....	40
Şekil 1.19.Parça Başına Minumum Maliyet İçin Gerekli Kesme Hızı.....	58
Şekil 1.20. Kesme Hızının Parça Başına Düşen Zamana Etkisi.....	60
Şekil 1.21.Kesme Hızının Üretim Oranı ve Parça Başına Maliyete Etkisi.....	61
Şekil 1.22.Kesme Hızı İle Takım Ömrü Arasındaki İlişki.....	62
Şekil 1.23.Kesme Kuvvetleri.....	66
Şekil 2.1.Karar Sürecinin Bileşenleri.....	73
Şekil 2.2.Örnek 1' e ait Karar Değişkenleri Uzayı.....	78
Şekil 2.3. Örnek 1'e ait Amaç Fonksiyonları Uzayı.....	78
Şekil 2.4.Karar Verme Prosesinin Dinamiği.....	84

Şekil 2.5.Örnek 2'nin Kısıtlarının Grafik Gösterimi.....	91
Şekil 2.6.Stem Yönteminin Akış Şeması.....	92
Şekil 3.1. Deney Malzemesinin Boyutları.....	111
Şekil 3.2. Plaket Boyutları.....	111
Şekil 3.3. Takım Tutucunun Şekli ve Boyutları.....	112

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1.Kesici Takım Malzemelerinin Dayanma Zamanlarına Ait Kriterler....	26
Tablo 1.2.Teknik Sebeplere Bağlı Zaman Kaybı Nedenleri.....	28
Tablo 1.3. Çeşitli Aşınma Değerine Karşılık, Takım Dayanma Zamanları.....	29
Tablo 1.4.İşleme Operasyonlarındaki Şartlar.....	31
Tablo 1.5.P grubu Sert Metallerin Özellikleri.....	41
Tablo 1.6.M grubu Sert Metallerin Özellikleri.....	41
Tablo 1.7.K Grubu Sert Metallerin Özellikleri.....	42
Tablo 1.8.Plaket Malzemesinin Tipine Göre Taylor Sabit Değerleri.....	62
Tablo 1.9.İşlenen Malzemelere ve Sertliklerine göre Taylor Sabit Değerleri.....	63
Tablo 1.10.Çeşitli Malzemelere göre ks,ks11, 1-z değerleri.....	69
Tablo 1.11.Tornalama İşlemleri için Gereken Tezgah Gücü Hesaplaması.....	69
Tablo 2.1 Çok Amaçlı Karar Verme Modellerinin Sınıflandırılması.....	84
Tablo 2.2. Örnek 2'ye ait Çözüm Alternatifleri Tablosu.....	88
Tablo 2.3.Alternatif Çözümler.....	98
Tablo 2.4.STEM Metodundan Elde Edilen Tüm Sonuçlar.....	100
Tablo 3.1.Tornalama İçin Kesme Değerleri.....	115
Tablo 3.2.Deneylerimizde Kullanılan Kesme Şartları.....	116
Tablo 3.3.Deneylerimizde Kullanılan Tezgah Güçleri.....	118
Tablo 3.4. Deney Parçalarının Sertlik Değerleri.....	119
Tablo 3.5. Deneylerimizden Elde Edilen Sonuçlar.....	127
Tablo 3.6. Deney Sonuçlarının Logaritmik Değerleri.....	129

Tablo 3.7.Z1 Amaç Denkleminin Oluşturulmasında Kullanılan Değerler.....	131
Tablo 3.8.Z3 Amaç Denkleminin Oluşturulmasında Kullanılan Değerler.....	132
Tablo 3.9.Z2 Amaç Denkleminin Oluşturulmasında Kullanılan Değerler.....	133
Tablo 3.10.Çok Amaçlı Simplex Metod İle Çözüm.....	142
Tablo 3.11.Toplu Kriter Yöntemi İle Çözüm.....	143
Tablo 3.12.Kompozit Amaç Denklemi İle Çözüm.....	143





TESEKKÜR:

Yüksek lisans tezimin hazırlanmasında bana yön veren ve çalışmam süresince yardımlarını benden esirgemeyen Sayın Hocam Yrd.Doç.Dr.**Mesut ÖZGÜRLER'** e ve Çok Amaçlı Karar Verme konusunda bana zaman ayıran Sayın Doç.Dr. **Bülent DURMUŞOĞLU'**na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Deniz DEMİRTAŞ

ÖZET

Talaşlı şekillendirme, parça üzerindeki istenilmeyen kısımların alınmasında kullanılan en önemli metodlardan biridir. Bir çok endüstri dalında çok geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. Bu işlemin taşıdığı önem dolayısıyla konuyla ilgili pek çok araştırmalar yapılmaktadır. Talaşlı şekillendirme işlemlerinde işletmelerde oldukça sık olarak karşılaşılan problemler; kesme ve ilerleme değerlerinin, takım geometrisinin iş parçası malzemesinin, kesme sıvılarının ve takım tezgahlarının seçilmesidir. Bu projenin ilk bölümünde yukarıda bahsedilen kriterler dikkate alınarak ideal kesme şartlarının nasıl belirleneceği konusu açıklanmaya çalışılmıştır.

II. Bölümde ise; III Bölümde kesme parametrelerinin optimizasyonunda kullanılacak olan çok amaçlı karar verme yöntemleri açıklanmıştır. Karar vermede çok ölçütlü karar verme metodlarının kullanılması bir zorunluluk haline gelmiştir. Bunun en önemli nedeni ise günümüz yöneticilerinin ya da karar verme konumunda olan her kademedeki kişinin birbiriyle çelişen amaçlar ve kısıtları gözönünde bulundurarak karar vermek zorunda olmalarıdır. Örneğin ; "**maliyetlerin minimizasyonu**" ve "**kalitenin iyileştirilmesi**" yöneticilerin ya da karar vericinin sıklıkla karşılaştığı, birbiriyle çelişen iki amaç olarak düşünülebilir. Oysa ilk bakışta kalitenin iyileştirilmesinin maliyetleri artıracığı düşünülür. Ancak çok ölçütlü karar verme metodlarını kullanarak her iki amcında aynı anda tatmin edilmesi mümkündür. Diğer taraftan iş hayatında rekabet oldukça yoğun bir şekilde devam etmekte ve şartları her geçen gün daha da ağırlaşmaktadır, bu nedenle yöneticilerin tek sorunun artık maliyetleri düşürmek ya da karı artırmak olmadığı açıktır ve tek bir amacın tatminine yönelik kararlar almaları durumunda geri dönülmesi çok zor hatalar yapılabileceğinin farkındadırlar. Ancak böyle bir sorunun çözümlenmesinde klasik yöneylem araştırması ya da simülasyon metodları yeterli olmamaktadır. Bu tür metodlar yerlerine artık modern optimizasyon yöntemleri kullanılmaktadır. İşte ikinci bölümde açıklanan Çok Ölçütlü Karar Verme Metodları da bunlardan birisidir.

III .bölümde ise talaş kaldırma parametrelerinin seçiminde çok ölçütlü karar verme metodlarından nasıl yararlanıldığını gösteren bir dizi deney yapılmış ve sonuçlar tartışılmıştır. Burada optimize edilen birbiriyle çelişkili amaçlar şunlardır:

- Takım dayanma zamanının maksimizasyonu
- Yüzey kalitesinin maksimizasyonu
- Kaldırılan talaş hacminin maksimizasyonudur.

ABSTRACT

Metal Cutting is one of the most important methods of removing undesirable material in the production of mechanical components. It has a very great place in many industries. Because of its importance, many serious researches are being done on this subject. Some of the most important problems of the workshops related that subject, involve the choice of cutting speeds, feeds, tool geometry, work materials, cutting fluids and machine tools themselves. In the first Chapter of this project, how the ideal cutting conditions can be determined by taking into account all of the criteria mentioned above is tried to be explained.

In Chapter II. Multiobjective Decision Making Methods used for optimizing cutting parameters in Chapter III is explained. Using Multiobjective Methods in decision making is a necessity. Because, nowadays the most important problem the managers meet is to make decision taking into consideration conflicting objectives and attributes. For example, " **minimizing cost** " and " **maximizing the quality of product** " are two conflicting objectives decision makers and managers often meet. If you examine these objectives, you can easily realize that they are conflicting each other. Because, maximizing the quality of the product increases the cost. But also cost can be minimized at the same time, by using Multiobjective Decision Making Methods. So we can say that decision making can be defined as a struggle to resolve conflicting objectives. On the other hand, competition is all around the business world and its condition is getting harder and harder, so manager's concern is not to minimize cost or to maximize the profit anymore. They are aware of the fact that making a decision taking into account single objectives may cause very big problems. So they have to make decision in the presence of multiple conflicting objectives. But traditional methods could not help in this conditions. They were replaced by the modern techniques. Multiple Objective Decision Making is one of them.

In Chapter III , an application is done on the selection of metal cutting parameters by using MCDM . The conflicting objectives optimized are;

- To maximize the tool life
- To maximize the surface quality
- To maximize the amount of metal removed.

1.0. GİRİŞ

Günümüzün endüstrileşme çalışmalarına paralel olarak, gerek hizmet gerekse imalat sektöründe yüksek teknolojinin kullanılması gelişmelerin yakından takip edilerek kaynaklardan en verimli şekilde yararlanılması işletmelerin temel amacı haline gelmiştir. Bu amaç doğrultusunda gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde başlayan çalışmalar pek çok alanda yeniliklerin ortaya çıkmasına yardımcı olmuştur. Bu alanlardan bir tanesi de talaşlı şekillendirme parametrelerinin ekonomik hale getirilmesidir. Bu konuyla ilgili olarak pek çok yardımcı araç kullanılmaktadır. **Çok Amaçlı Karar Verme** yöntemleri bu araçlardan bir tanesidir.

Çok Amaçlı Karar Verme yöntemlerinin son yıllarda kullanım alanının giderek artmasının en büyük nedeni karlılık kavramının rekabet şartlarının ağırlaşması nedeniyle daha kapsamlı hale gelmesidir. Rekabetin yoğun olduğu günümüzde yöneticilerin gerek stratejik gerekse taktik kararlar alırken bir çok ölçütü gözönünde bulundurması gerektiği gerçeği gözardı edilemez. Peter Drucker'ın da belirttiği gibi bir işletmeyi yönetmek ihtiyaçlar ile hedefleri dengelemeyi gerektirir, bu da birden fazla amaçla uğraşmayı gerektirir. Karar verme durumunda olan bir yöneticinin isteklerini tek bir amaç denklemi ile ifade etmesi de mümkün olmayacaktır. İşletmeler için amaç sadece karın maksimizasyonu ya da maliyetlerin minimizasyonu olmaktan öte, işletmenin değerini artırmak, piyasada daha güçlü bir şekilde yer edinebilmesi olmuştur. İşletmenin değerinin artırılması ise karlılık, istihdam, kapasite ve pazar payının artırılması ile gerçekleştirilecektir. Bu ise pek çok amacın aynı anda tatmin edilmesini gerektirir. Üstelik bu amaçlardan bir ya da birkaçının birbiriyle çelişen amaçlar olması durumu daha da karmaşık hale getirmektedir. Bu çelişkilerin klasik optimizasyon yöntemleri ile çözülmesinin mümkün olmamasından dolayı, son yıllarda **Çok Amaçlı Karar Verme Yöntemleri** üzerinde yoğun çalışmalar başlatılmıştır.

Bu yöntemler pek çok otomotiv, tekstil, kimya vb. pek çok alanda kullanım alanı bulmaktadır. Bu proje de ise, sanayide oldukça önemli bir yer tutan talaş kaldırma işlemlerindeki parametrelerin (işleme şartlarının) ekonomik hale getirilmesi, bunun sonuçlarının değerlendirilmesi çok amaçlı karar verme yöntemleri ile yapılacaktır.

I. BÖLÜM

Projemizin ilk bölümünde talaş kaldırma operasyonları ile ilgili bilgiler verilecek ve talaş kaldırma şartlarını etkileyen unsurların açıklanmasına çalışılacaktır.İmalat sanayindeki hızlı gelişmelere paralel olarak talaş kaldırma operasyonlarında da büyük ilerlemeler kaydedilmiş gerek takım tezgahları, gerekse takım malzemeleri,kesme ve soğutma sıvıları gibi pek çok parametredeki gelişmeler maliyet ve kalite amaçlarına en iyi şekilde hizmet edecek duruma getirilmiştir. Sürekli arayış ve gelişim içinde olan günümüz rekabet şartlarında ise bu gelişmeler devam etmektedir.

1.1. Talaş Kaldırma Bilgileri

1.1.1. Talaşlı Şekillendirme

Çeşitli takım tezgahları üzerinde, uygun takımlar kullanılarak, çeşitli malzemelerden oluşmuş iş parçaları üzerinden belirli şartlarla, talaş kaldırmak suretiyle parçaya istenilen şekli vermek, parça üzerindeki hatalı ve istenilmeyen kısımları almak ve istenilen hassasiyette bir yüzey meydana getirmek için yapılan işlemlere talaşlı şekillendirme denir.

1.1.2. Takım Tezgahı

Makina imalatında, iş parçalarına uygun malzemelerden oluşmuş takım denilen araçlar vasıtasıyla, talaş kaldırmak için kullanılan ve bu amaçla gerek iş parçasını ve gerekse takımı bağlayacak, tahrik edecek, kısım ve aparatlara sahip tezgahlara talaş kaldıran takım tezgahı denir.

1.1.3. Kesici Takım

Takım tezgahları üzerinde kullanılan ve çeşitli ağızlardan oluşan değişik konstrüktif yapılardaki araçlara kesici takım denir. Bunlar kullanıldıkları tezgahlara göre ve yapılan işlere göre değişik isimler alırlar.Örneğin; torna kalemleri,matkap, freze vb.Bu projenin kapsamı dahilindeki deneyimizde torna kalemi ile işlem yapılacaktır.

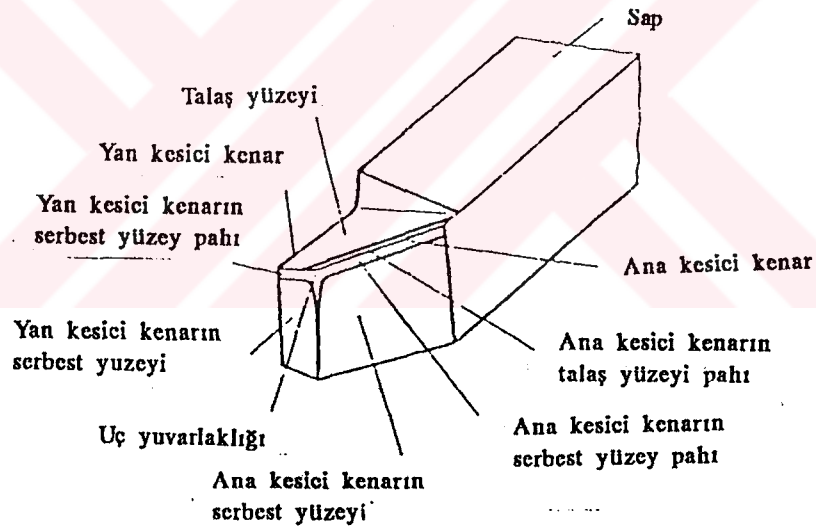
1.2.Talaş Kaldırma İşlemlerine Tesir Eden Faktörler

1.2.1.Kesici Takım ve Geometrisi

Talaş kaldırma şartlarının belirlenmesindeki en önemli faktörlerden biri kesici takım ve geometrisidir. Kesici takım geometrisini oluşturan unsurlar, yüzeyler, referans sistemleri, açılar olarak verilebilir.

1.2.1.1 .Yüzeyler

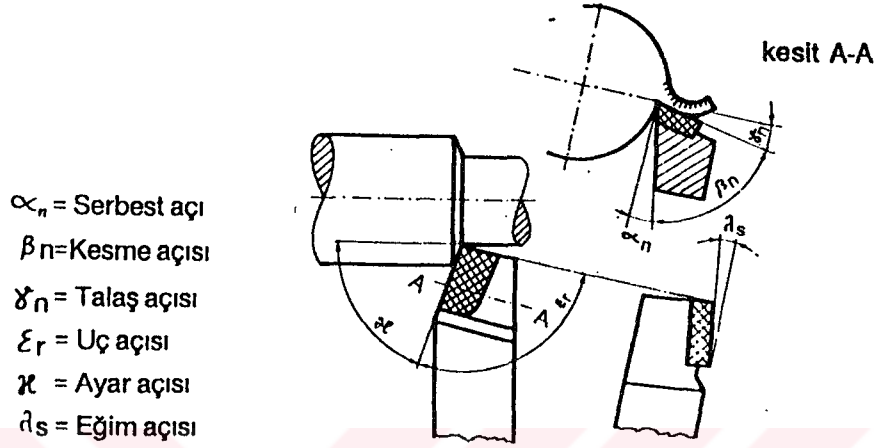
Serbest Yüzey; Serbest yüzey, takımın kesici kısmının iş parçasının kesici yüzeyine bakan yüzüdür.(Akkurt, 1985). Bir serbest yüzey, kesici kenar yakınında iki farklı açı yapıyorsa, kesici ağzına yakın olan talaş yüzeyine serbest yüzey pahı denir.



Şekil 1.1.Tornalama ve planyalamada serbest yüzeyler,kesici kenarlar ve kesici kenar ucu

Serbest yüzey pah genişliği b_{α} ile gösterilir.Ana kesme kenarı tarafındaki serbest yüzeye ana serbest yüzey, yan kesme kenarı tarafındaki serbest yüzeye de yan serbest yüzey denir.

Talaş Yüzeyi; Talaş yüzeyi, iş parçasından kaldırılan talaşın aktığı yüzeydir. Kesici ağıza yakın olan talaş yüzeyi, iki farklı açı yapıyorsa , kesici kenara yakın olan kısımdaki talaş yüzeyine talaş yüzey pahı denir ve b_n ile gösterilir.



Şekil 1.2. Bir Torna Takımında Olması Gereken Açılar.

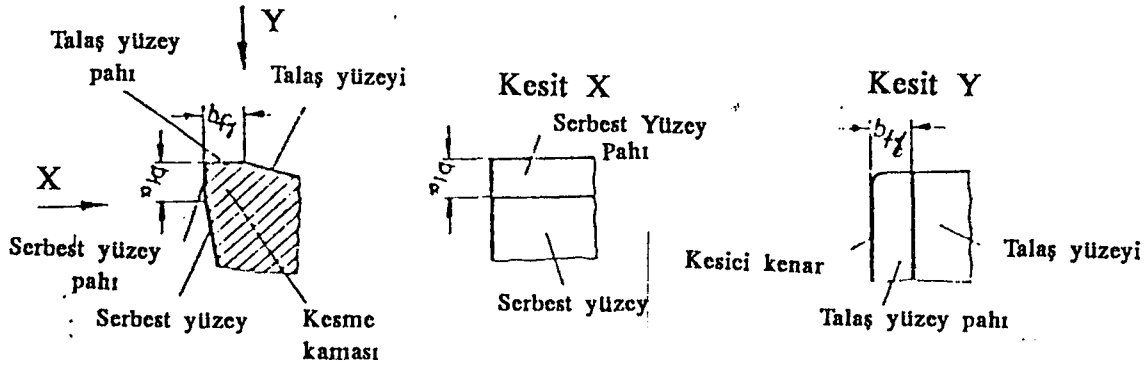
1.2.1.2. Kesici Kenarlar

Ana Kesici Kenar ;İdeal kesme kenarı keskindir ve talaş yüzeyi ile yan yüzeyin keşişme hattından oluşur. Bu yüzey,kesici takımın ilerleme yönündeki kesen ağzıdır.(Böhler Talaş Kaldırma Bilgileri,1989)

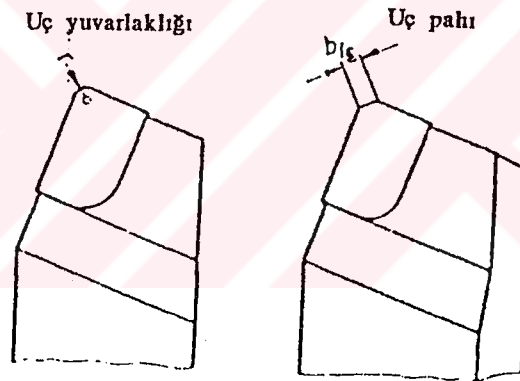
Yan Kesici Kenar ;Yan kesici kenar, kesici takımın ana kesici kenara bitişik olan kesen ağzıdır.Kesici takımın yan serbest yüzeyi ile talaş yüzeyinin ara kesiti olarak tanımlanabilir.

Kesici Kenar Köşesi; Ana ve yan kesici kenarın talaş yüzeyinde birleştiği noktadır.Kesme kenarındaki,bu keskin köşeyi kaldırmak, uca mukavemet vermek ve özellikle kaplamalı uçlarda kesme kenarı kırılmalarını önlemek için kesme kenar köşesi ya yuvarlatılma işlemine tabi tutulur ya da negatif bir pahla kuvvetlendirilir.Bazı hallerde her iki işlemde birlikte uygulanır.Şekil 1.4.'de bu durum görülmektedir.Kenar yuvarlatma, radius değeri (r), uç tipinin büyüklüğüne ve işlenecek malzemenin tipine göre 0.01-0.05 mm arasında değişir.Kenar yuvarlatma,kesme

kenarındaki mukavemeti artırdığı gibi, talaş akışını da düzenli bir hale getirir ve kesme kenarındaki kırılmaları ortadan kaldırır. Çok kaba, darbeli ve ağır işlemlerde (çok sert malzemelerin tornalanmasında), kesme kenarındaki mukavemeti sağlamak ve uç kırılmalarını önlemek için, ucun kesme kenarına negatif pah kırma işlemi talaş birikmesi ve krater aşınmasına yol açtığı için ancak çok gerekli ise yapılmalıdır.



Şekil 1.3.Ana Kesici Kenar ve Yan Kesici Kenar



Şekil 1.4. Kesici Kenar Köşesinin Yuvarlatılması

1.2.1.3. Kesici Takım Düzlemleri

Takımın kesici kısmının geometrisi,belirli referans sistemlerine göre saptanır.DIN 6581 standartına göre kesme yönünü esas alan takım referans sistemi ve etki yönünü esas alan etki referans sistemi olmak üzere iki referans sistemi vardır. Takım referans sistemi, takımın çalışması ve imalatı bakımından önemlidir.Etki referans sistemi ise talaş kaldırma oranının gösterilişi bakımından önemlidir.Burada takım açıları bu referans sistemlerine göre ifade edileceği için öncelikle referans sistemlerin açıklanması gerekmektedir.

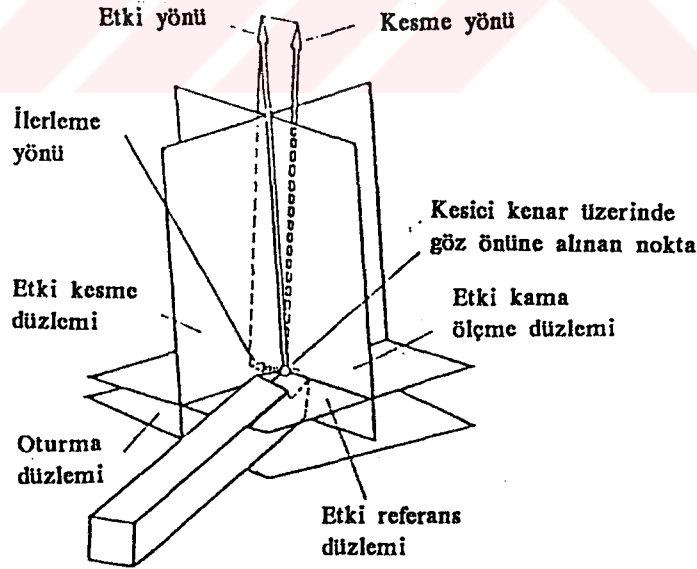
Etki Referans Düzlemi; Etki referans düzlemi, kesici kenar üzerinde gözönüne alınan noktadan, etki yönüne dik olan düzlemdir.

Takım Referans Düzlemi; Takım referans düzlemi,takımın kesici kenarının gözönünde tutulan bir noktasından geçen, kabul edilen kesme yönüne dikey durumda, dolayısıyla oturma yüzeyine paralel olan takım referans sisteminin bir düzlemidir.Tornalama ve planyalama operasyonlarında genellikle oturma yüzeyine paraleldir.

Kesici Kenar Düzlemi; Kesici Kenar düzlemi, kesici takımın ana kesici kenarını içeren ve takım referans düzlemine dik olan düzlemdir.

Ölçme Düzlemi; Ölçme düzlemi, kesici kenar ve takım referans düzlemine dik olan düzlemdir.

Çalışma Düzlemi; Kabul edilen çalışma düzlemi, kesici kenarın belirli bir noktasından geçen ve takım referans düzlemine dikey durumda bulunan, kabul edilen ilerleme yönünü içeren yani takımın sap eksenine dik olan düzlemdir.



Şekil 1.5.Kesici Takım Düzlemleri

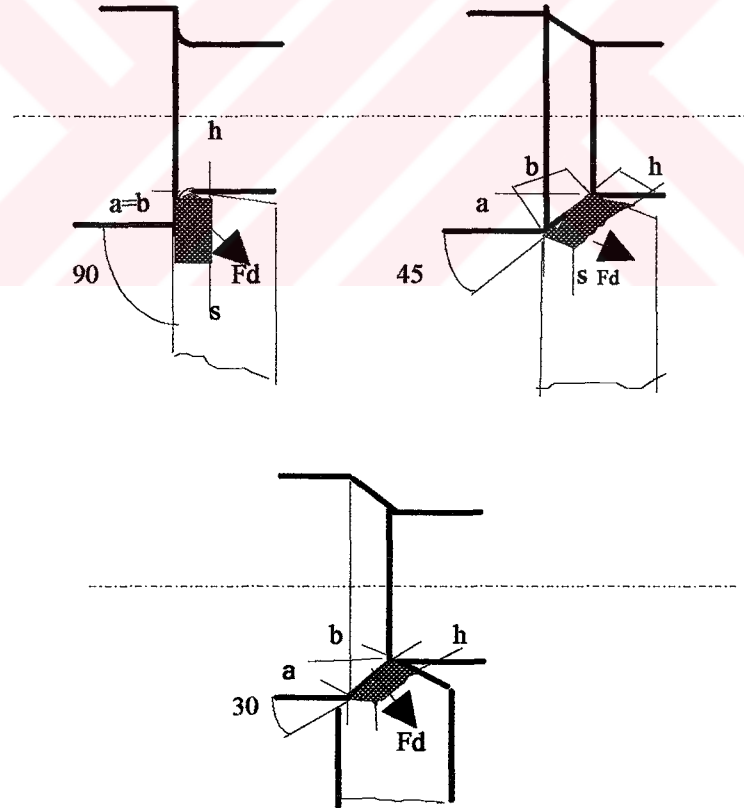
1.2.1.4. Açılar

1.2.1.4.1.Takım Referans Düzlemi Açıları

1.2.1.4.1.1.Ayar Açısı

Ayar açısı, referans düzleminde ölçülen kesici kenar düzlemi ile kabul edilen çalışma düzlemi arasındaki açıdır. κ ile gösterilir, daima pozitifdir ve kesme kaması dışında kalır.(Akkurt,1985)

Ayar açısı, hem talaş kalınlığını hemde talaş genişliğini etkiler.Ayar açısının küçülmesi talaş genişliğini artırır, talaş kalınlığını ise azaltır.Ayar açısı 90° olduğu zaman, talaş genişliği kesme derinliğine, talaş kalınlığı ise ilerlemeye eşit olur.Bu durum Şekil 1. 6 'da görülmektedir.



Şekil 1.6.Talaş Açısının Çeşitli Değerleri

Sabit ilerleme ve kesme derinliğinde ayar açısının küçülmesi, hem talaş kalınlığının, hemde kesme kenarındaki mukavemetin azalmasına neden olacaktır. Aynı zamanda, ayar açısının küçülmesi kesme kuvvetini artırdığı gibi, iş parçasında istenmeyen kırılmalara neden olur. Ancak sert malzemeler küçük ayar açısı ve yüksek işlenme değeri ile işlenmelidir. Şekil 1.6'da kullanılan indisler şu şekilde açıklanabilir:

- a: Talaş Derinliği
- b: Talaş genişliği
- h: Talaş Kalınlığı
- s: ilerleme
- F_d:Reaktif Kuvvet
- κ :Ayar Açısı

Küçük ayar açısı değerleri, kesen ağzın ömrünü azaltırlar. Çünkü bu şekilde, kesen ağız daha uzun ölçüde çalışır, verilen bir kesme derinliği ve ilerleme değeri için talaş genişliği artar. Normal tornalama işlemlerinde 45° olarak ayar edilen ayar açısı, en uygun talaş akımını ve uzun dayanma zamanını verir. (Gökçen, 1988)

1.2.1.4.1.2. Uç Açısı (ϵ)

Uç açısı, ana ve yan kesici kenar düzlemleri arasındaki takım referans düzlemleri arasındaki takım referans düzleminde ölçülen açıdır. İş parçasının durumuna ve işleme operasyonlarının tipine göre dikkatlice seçilmelidir. Takım kesme köşesinde en büyük kuvvetle karşı karşıyadır ve en az desteğe sahip olduğu nokta burasıdır. Bu yüzden birçok durumda, kesme kenarı köşesine daha öncede açıklandığı gibi pah ya da yuvarlatma yapılır. Standart köşe radyusu ilerlemenin 2-3 katı olmalıdır. Ancak yüksek dayanımlı sert malzemelerin tornalanmasında ve/veya iş parçasında vibrasyon oluyorsa, köşe radyusu değeri, ilerleme değerini geçmemelidir. Hassas işlemlerde, küçük köşe radyusu değeri vibrasyon sebebidir. (Scneider, 1989)

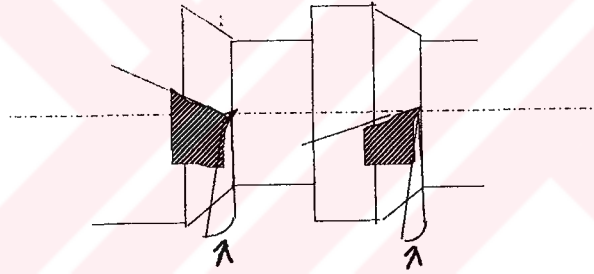
Tornalama işlemlerinde kalemin ağzına, iyi dayanma özellikleri verebilmek için bu açı büyük tutulur. Normal tornalama işlemlerinde ($s=1$ mm/devir'e kadar) bu açı 90° olmalıdır. Daha büyük ilerleme değerlerine paralel olarak 100-105° kadar çıkartılabilir. Uç açısının normalin altında düşük tutulması halinde yüksek ağız ısınmaları ve erken krater aşınmaları meydana gelir.

1.2.1.4.2. Kesici Kenar Düzlemi Açıları

1.2.1.4.2.1. Eğim Açısı (λ)

Eğim açısı, ana kesici kenar ile takım referans düzlemi açısı arasında bulunan ve kesici kenar düzlemi üzerinde ölçülen açıdır. Kısa ve darbeli işlemlerle talaş kaldırmada kesme kenarındaki hataları en aza indirmek için yalnız negatif eğim açısı kullanılmalıdır. Bu tip operasyonlarda eğim açısı -4° ile -8° arasında alınmalıdır. Negatif eğim açısının dezavantajlı tarafı, yüksek bir kesme kuvveti ve uygun makina stabilitesi gerektirmesidir. (Böhler, Talaş Kaldırma Bilgileri, 1989)

Yan serbest açılış, işlenen yüzeye doğru bir talaş oluşturduğundan, bütün hassas işlemlerde pozitif ya da sıfırdır. Kesici ağızlara uygun değerde eğim açısı verildiğinde kesici ağız ve ucunda meydana gelebilecek yüklemeler önemli ölçüde azaltılabilir.



Şekil 1.7. Eğim Açısı Değerleri

Eğim açısını çeşitli operasyonlar için uygun değerleri şöyle verilebilir.

Uzun talaşlı malzemelerin tornalanmasında ve ince işlemlerde $\lambda=10^\circ$

Kesikli kesme ile tornalama: $\lambda: -5^\circ \dots -10^\circ$

Frezeleme : $\lambda: -15^\circ$

Planyalama : $\lambda: -6^\circ \dots -20^\circ$

1.2.1.4.3. Ölçme Düzleminde Ölçülen Açılar

1.2.1.4.3.1. Serbest Açı (α)

Serbest yüzey ile, kesici ağız düzlemi arasındaki ölçme düzleminde ölçülen açıdır. Serbest yüzeyle işlenen yüzey arasındaki sürtünmeyi azaltmak amacıyla düzenlenir. (Uğur, 1989). Bu bakımdan serbest yüzeyin aşınma miktarına tesir eden bir açıdır ve işlenen malzemenin özelliklerine göre seçilmesi gerekmektedir. Çelik malzemelerin işlenmesinde $6-10^\circ$ arasında, yumuşak malzemelerin işlenmesinde ise (Plastik, hafif metal alışımları ve diğer alçak dayanımlı malzemeler) daha büyük seçilmelidir. Örneğin, alüminyum ve alaşımlarının işlenmesinde serbest açı 25° seçilir. Sert malzemelerin işlenmesinde ise serbest açı 4° civarında olmalıdır. (Böhler Teknik Bülten No: 19, 1989)

α açısı, serbest yüzeyle, işlenen yüzey arasındaki sürtünmeyi azaltmak maksadıyla düzenlenir. Bu açının küçük olması, takım ile iş parçası arasındaki sürtünme yolunu artıracağından meydana gelen ısıda artar. Gereksiz yere büyük α açısını seçilmesi ise sabit talaş açısı için kama açısının küçülmesine ve ağızın zayıflamasına neden olur. (Uğur, 1989)

1.2.1.4.3.2. Kama Açısı (β)

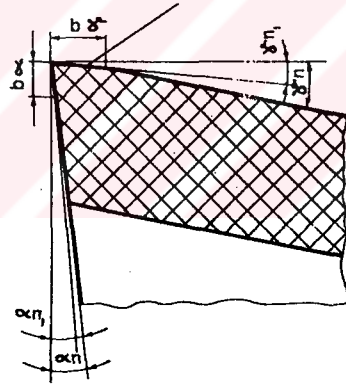
Talaş yüzeyi ile serbest yüzey arasındaki ölçme düzlemi üzerinde ölçülen açıdır. Kama açısının alacağı en küçük değer sınırlandırılmıştır. Aksi takdirde mukavemet bakımından zayıflar ve artan kesme kuvvetleri ile kırılır. Mukavemetin düşmesiyle birlikte, ısı birikimi çok fazla olur. Bu da yüksek kesme hızlarında kesen ağız sıcaklığını artırır. (Seco, 1989)

Kama açısı kesici takımın dayanma zamanını da önemli ölçüde etkiler. Bu da maliyetlerde çok önemli bir yer tutar. İşleme maliyetlerinin minimizasyonunda, en önemli faktörlerden biri olan takım dayanma zamanının maksimizasyonu, uygulama safhasında gerçekleştirdiğimiz çok ölçütlü karar verme amaçlarından biri olarak ele alınmıştır. Bu nedenle uygun kama açısının seçilmesi, başlangıçta atılacak en doğru adımdır. Büyük kama açısı uygulanması durumunda, kesici takım ağızında oluşan sıcaklık, daha büyük bir kesit tarafından takımın diğer bölgelerine iletebilir.

1.2.1.4.3.3. Talaş Açısı (δ)

Talaş açısı, talaş yüzeyi ile takım referans düzlemi arasındaki ölçme düzlemi üzerinde ölçülen açıdır.

Talaş açısı, takım tezgahına ve iş parçasının stabilitesine, yapılan işlemin tipine (kaba ya da finiş tornalama) ve seçilen metalin kalitesine bağlı olarak çok dikkatli seçilmelidir. (Seco Kestak, 1989). Büyük talaş açıları uygun kesme hızlarında talaş akışını düzeltir. Ancak kesme kuvvetlerini azaltacağı için kesme kenarını zayıflatır. Büyük talaş açıları yalnızca yumuşak ve elastik malzemelerde kullanılabilir. Küçük ve negatif talaş açıları ise sert ve kırılkan malzemeler için uygundur. Çünkü bu malzemelerin büyük talaş açısı ile işlenmesinde kesici ucun kırılma riski çok fazladır. (Akkurt, 1985). Bu tür talaş açısı kesme kenarındaki mukavemeti artırdığı gibi, kesme kuvvetlerini de artırır. Kesme kenarındaki yük fazla olduğu zaman (darbeli ve kaba işlemlerde olduğu gibi) kesme kenarındaki dayanımı sağlamak için talaş açısı pah kırmak suretiyle azaltılmalıdır. Ancak talaş yüzeyine açılan bu pahın genişliği, ilerlemenin 1-1.5 katını geçmemelidir.



Şekil 1. 8. Kesici Kenar Düzlemi ve Oluşan Açılar

- α : Serbest Açı
- δ : Talaş Açısı
- $b\alpha$: Pah boyu (Serbest açı yüzeyinde)
- $b\delta$: Pah Genişliği (Talaş Yüzeyinde)
- α_{n1} : Pah'ın serbest açısı
- δ_{n1} : Pah'ın Talaş açısı

Sonuç olarak bu üç açı arasındaki bağlantı şöyle verilebilir.

$$\alpha + \beta + \delta = 90^\circ$$

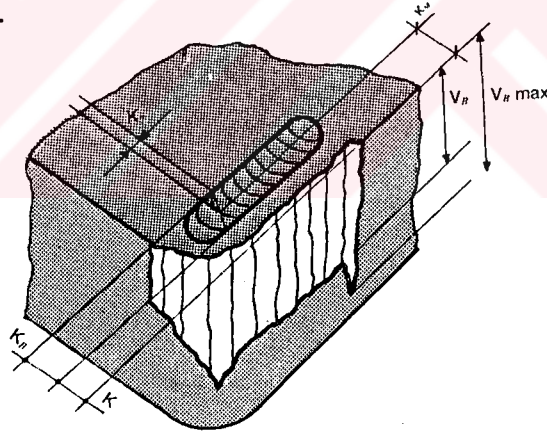
(1.1)

1.2.2.Kesici Takımlarda Aşınma Çeşitleri

Bir takımın yararlı çalışma zamanı, sert metal ucun iş parçası üzerinde kaldığı toplam zamandır.Bu zaman zarfında, uçta aşınmalar meydana gelir.Bu aşınmalar doğru metal kalitesi seçilerek, doğru işleme şartlarında çalışılarak, uygun tipte sert metal uç seçilerek azaltılabilir.(Böhler Teknik Bülten No:12 ,1993)

Kesici takımlarla ile yapılan çalışmalarda, kesici takımın zamanında değiştirilmesi çok önemlidir.Kesici takımın değiştirilmemesi ya da bilenmemesi durumunda kör takımla çalışılmasından dolayı artan tahribat nedeniyle, taşlanması gereken takım malzemesinin miktarıda artacaktır.Bileme sayısının azalması,takım maliyetlerini artırır. Bu nedenle takım bileme ve/veya değiştirme zamanının çok iyi saptanması gerekir ki buda aşınmaların sürekli kontrol altında tutularak takibini gerektirir.(Linberg,et al,1989)

En çok rastlanan aşınma tipi, daha sonraki bölümde ayrıntılı olarak açıklanacak olan serbest yüzey aşınması ile birlikte krater teşekkülüdür.Bu durum Şekil 1.9 'da görülmektedir.



VBmax:Max.serbest yüzey aşınması

VB:Serbest yüzey aşınması

KT: Krater derinliği

KB: Krater genişliği

KM: Krater orta eksen mesafesi

Şekil 1.9 Serbest Yüzey Aşınması İle Krater Teşekkülü

Kesici takımların kullanımları esnasında kırılma, deformasyon, aşınma gibi faktörlerin etkisiyle başlangıç özelliklerini muhafaza edememeleri doğaldır. Bunlar içinde aşınma takım ömrünü en çok etkileyen faktör olarak ortaya çıkar. Aşınma, kimyasal, fiziksel ve mekanik pek çok karmaşık prosesi içeren kompleks bir olaydır. Bu bakımdan olayı tek boyuta indirgemek ve o boyutta düşünmek yanıltıcıdır. (Linberg, et al, 1989)

Kesici ucun aşınması aşınan ucun değiştirilmesi için gereken makinanın durma zamanı, makina kullanım zamanını azaltan en önemli etkenlerden biridir. Güvenilir bir aşınma kontrolü ile hem durma zamanının azalması, hemde takım kırılmalarının azalması sağlanacaktır. Böylece kırılmalardan kaynaklanan çarpmalarında önüne geçilecektir. (Novak, et al, 1993)

Aşınma yüzeyle olan işlem esnasında ortaya çıkan kütle ya da ağırlık kaybı olarak tanımlanabilir. Aşınma çeşitleri gruplandırılırsa;

- Talaş Yüzeyinde Meydana Gelen Krater Aşınması
- Serbest Yüzeyde Meydana Gelen Serbest Yüzey Aşınması
- Yapışma, Yayınma ve tufalleşmeden kaynaklanan aşınmalar olarak gruplandırılabilir.

1.2.2.1. Aşınma Çeşitleri

1.2.2.1.1. Krater Aşınması

Takımın talaş meydana gelen aşınmadır. Kesme hızının artmasıyla ortaya çıkan ısı da artar. Bu durumda aşırı ısınmış talaş ile sert metale temas yüzeyi arasında bir difüzyon (malzeme alışverişi) meydana gelir. Sert metal krater şeklinde oyulur. ((Böhler Teknik Bülten No: 20, 1993). Talaş yüzeyindeki bu aşınma, talaşın alt kısmının şekline uyar ve sadece talaş-takım bölgesinde ortaya çıkar.

Talaş kaldırmada, maksimum sıcaklık, takım talaş yüzeyinde uçtan itibaren, belirli bir mesafede meydana gelir. Yüksek kesme hızlarında bu sıcaklık 1000°C

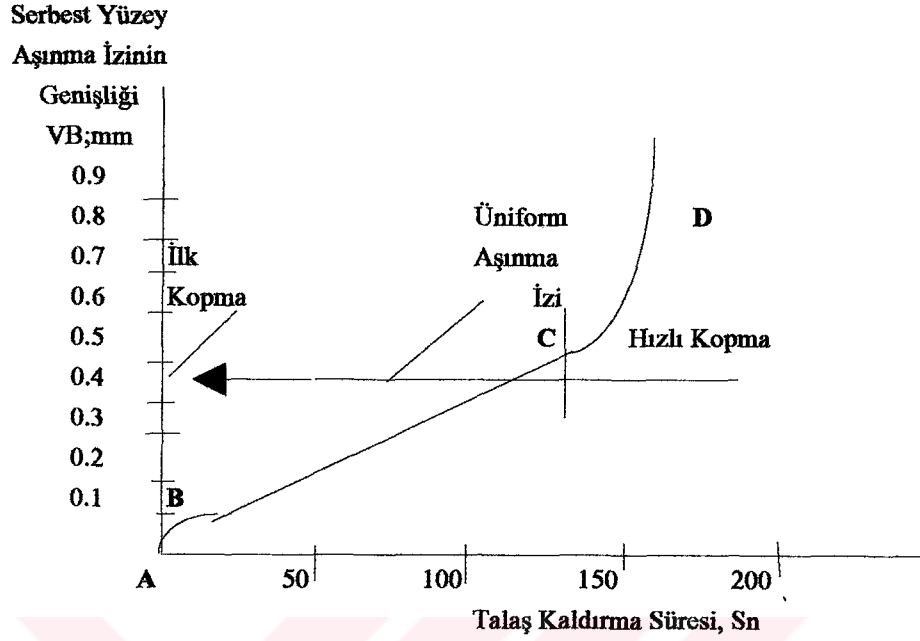
kadar ulaşabilirler. Bu yüksek sıcaklık şartları altında, hız çeliğinden yapılmış takımlar, takım malzemesinin yumuşamasından dolayı daha çok aşınırlar. (Butterworths, 1965)

Sert metal takım malzemelerinde ise, her ne kadar bu malzemeler, bu sıcaklıklarda sertliklerini koruyabilirlerse de, burada yayınma ile oluşan hızlı bir aşınma söz konusudur. Çok yüksek kesme hızlarının uygulandığı çalışma şartlarında krater aşınması, kesici takımın ömrünün saptanmasına yarayan bir faktör olmaktadır. Böyle durumlarda, krater şekline dönüşme o kadar büyük ve önemli olabilir ki, sonuçta kesici takımın ağzı zayıflar ve kırılır. Bununla beraber ekonomik şartlarda kullanılırsa, bu tip aşınma genellikle kontrol faktörü olur. (Özgürler, 1986)

Krater aşınmasının sebebi, takım yüzeyinden geçme esnasında yüzey altında kalan, kaba talaş parçacıkları aşınma sebebidir. Ancak kesici takım ağzına yakın dar bir bölge, stabil bir kesici takım ağzı oluşturmak suretiyle talaşın bu olumsuz etkisinden kurtulabilir. Yüksek kesme hızlarında, Takım yüzeyinde oluşan bu kraterler, difüzyon aşınmasına bağlı olarak düşünülebilir. Maksimum sıcaklıkta talaş-takım etkileşimi ile ortaya çıkan ve en ufak değişimlere bile duyarlı olduğu bilinen difüzyon aşınması bu kraterlerin oluşumunu açıklayabilir. Sıcaklığın yükseldiği bölgelerde bu aşınma daha da artacaktır. Yüksek kesme şartlarında, krater aşınması takım ömrünü belirleyen en önemli faktör konumundadır. Takım ömrü oldukça güçsüz bir hal aldığı anda kraterleşme ciddi bir konum almıştır. (Boothroyd, 1965)

1.2.2.1.2. Serbest Yüzey Aşınması

Bir kesici takımın serbest yüzeyindeki aşınma, iş parçasının yeni işlenmiş yüzeyi ile serbest yüzeyi arasındaki temas bölgesinde meydana gelen sürtünmeden oluşur. (Trent, et al, 1987). Serbest yüzey aşınması genel olarak normal kabul edilir. Serbest yüzeyde aşınma çoğaldıkça ortaya çıkan ısıda artacağı için, ortaya kötü bir yüzey kalitesi çıkacaktır. Bu nedenle serbest yüzey aşınmasının çabuk oluşumundan kaçınılmalıdır. (Böhler Teknik Bülten No. 20, 1993). İş parçasının rijitliği nedeni ile aşınma bölgesinin genişliği, genellikle aşınma miktarının ölçüsü olarak alınır ve atölye mikroskobu ile bile kolayca ölçülebilir. **Şekil 1.10'**da serbest yüzey aşınmasının genişliğinin zamana ve işlenen mesafeye göre değişimi görülmektedir. (Trent et al, 1987)



Şekil 1.10. Serbest Yüzey Aşınmasının Zamana ve İşlenen Mesafeye Göre Değişimi

Serbest yüzey aşınmasının genişliği üç kısımda incelenir:

1. AB bölgesinde, keskin kesici ağız çabucak kırılmakta ve küçük bir aşınma meydana gelmektedir.

2. BC bölgesinde aşınma eşit hızla gelişir.

3. CD bölgesinde yavaş yavaş artar.

CD bölgesi, kesici takımın aşınmasının artan takım sıcaklıklarına karşı hassas olduğunu göstermektedir. Yani bu noktadan evvel önemli miktarda serbest yüzey aşınması olmuştur ve bu aşınma sebebi ile oluşan uygulamalarda, takım bu son bölgeye girmeden önce değiştirilmeli yada bilenmelidir. (Teshima, et al, 1993)

1.2.2.2.Aşınmayı Oluşturan Etmenler Ve Giderilmesi

Malzemedeki aşınma oldukça kompleks bir konudur.Kesici takımlar, sıcaklık ve sürtünme sebebiyle zamanla aşınırlar. Bu olayda sürtünme esas sebeptir, ıcaklık ise takımın aşınmaya karşı mukavemeti azalttığı için olayı hızlandıran bir etkindir diğer bir deyişle aşınmada katalizör rolü oynamaktadır.(Linberg,1989)

Aşınmanın bugüne kadar açıklanmış olan sebepleri şunlardır:

- Aşırı mekanik ve termik zorlamalardan dolayı kesme kenarının bozulması
- Yapışma (Adhezyon)
- Yayınma(Difüzyon)
- Kazıma
- Tufalleşme

1.2.2.2.1.Kesici Kenarın Bozulması

Kesici takım ve iş parçası arasında oluşan açılardan bahsederken, kama açısının çok büyük olmasının kesici takım kenarında birtakım kırılmalara neden olacağını belirtmiştik.Daha sonraki bölümlerde kesici takım malzemelerininde yanlış ya da uygun seçilmemesinin kırılma sebepleri olacağı açıklanacaktır. Ancak burada kesici takım malzemesinin aşırı gevrek bir malzeme olarak seçilmesinin kesme kenarında kırılmalara yol açtığı söylenebilir.(Wilson,1980)

Bunun dışında kesici takım ucunda meydana gelen çatlamalarda vardır.Bu çatlamalara en çok, kesikli kesme işlemlerinin yapıldığı frezelemede rastlanır.Burada takım oldukça değişken dinamik zorlamalarla karşı karşıya kaldığından,enine çatlamlar görmek mümkündür. Kısa aralıklarla,sıcaklığın değişim göstermesi ise,taarak şeklinde çatlamalara neden olur.(Trent,et al,1987)

Kesme kenarının bozulmasına yol açan etkenleri gruplandırmak gerekirse;

1.Kesme Kenarında Ufak Dökülmeler: Kesme kenarında mekanik gerilimler aşırı ise ve uç aşırı şekilde sıcaklık değişimine maruz kalıyorsa, ucun kesme kenarında küçük parçalar halinde kopmalar oluşur.

2.Termal Çatlaklar: Sürekli sıcaklık değişimlerine maruz kalan uçta, termal şoktan dolayı birbirine paralel ufak çatlaklar oluşur.

3.Talaş Kaynaması: Kesme hızı az olduğu zaman talaş kaldırma bölgesinde sıcaklık düşer ve kesme kenarında malzeme birikir. Bu durum hem kesme kuvvetlerini artırır, hem de kötü yüzey kalitesine yol açar.

4.Plastik Deformasyon: Eğer kesme kenarında, yüksek kesme hızından dolayı, çok yüksek sıcaklık varsa, sert maden uçta alçalma ya da yükselme şeklinde deformasyon olayı meydana gelir.

5.Çentikler: Genellikle yüksek ısıya mukavim malzemelerin işlenmesinde, aşındırıcı yüzey tabakaları sebebiyle veya daha önceki işleme sırasında sertleşmiş iş parçaları ortaya çıkar.

1.2.2.2.2.Yapışma (Adhezyon)

Talaş kaldırma esnasında, kesici takım ve talaş arasındaki sürtünmenin ortaya çıkardığı yüksek ısı sebebiyle, çok şiddetli bir biçim değiştirme ve etkileşim meydana gelir.Adhezyonu oluşturan bu sıcaklık, kesici takım ve iş parçası arasındaki kesme şartlarına bağlı olarak oluşan kesme kuvvetlerine bağlıdır. Adhezyon aşınması özellikle düşük kesme hızlarında çalışması durumunda önem kazanır, zamana bağlı bir mekanizma olması nedeniyle, hemen hemen hiç ortaya çıkmaz.Kesici ağızdan akan talaşlar, düzensiz bir kesici ağız ortaya çıkartabilir.Oluşan bu yeni ağız ya da bir bölümü kırıldığında, kesici takım malzemesi de bununla birlikte taşınacaktır.(Novak,et al,1993).

Yüksek hız çeliklerinden oluşmuş takımlarında, adhezyon aşınması, daha yavaş ortaya çıkar. Eğer kesme işlemi süreklilik arz ediyorsa, kademe kademe oluşan bir aşınma ortaya çıkar. Kesikli işlemler ya da önemli titreşimler, takım bozulmasını ve ani adhezyon aşınmalarını ortaya çıkartır. Sementit karbid takımlarında adhezyon, yine

düşük kesme hızlarında çalışması halinde baskın olarak ortaya çıkar. Kaba bir tanımlamayla adhezyon, kesme hızının, kesici ağız, formasyonun'dan daha yavaş olması halinde oluşur. (Linberg,1989) Bunun iki metal arasında kaynaklaşmış noktaların kopması sonucu ortaya çıktığı da söylenebilir.

1.2.2.2.3.Yayınma (Difüzyon)

Takımlar,iş parçasının sertliği çok yüksek olduğunda daha fazla deformasyona uğrama eğilimindedirler.Bu nedenle iş parçasının sertliği yüksek hız çelikleriyle işlenebilecek max. değerle sınırlandırılmıştır.Bu durum sıcaklık artışlarının çok fazla olmadığı düşük hızlarda bile böyledir.350 HV üzerindeki sertlikler,yüksek hız çelikleri ile çalışan işleme operasyonları için üst limit olarak kabul edilir.450 HV üzerindeki sert metallerin işlenmesi ise düşük hızlarda gerçekleştirilebilir.Deformasyon çoğunlukla sürtünme yada birikmiş ısı ile ortaya çıkar.(Malakooti,1984)

Metalürjik incelemeler,takım ve iş parçası arasında yayınmanın olduğu durumlarda difüzyonun varlığını kanıtlamıştır.Bu durum metalin metal ile olan birleşmesinden ve sıcaklığında difüzyonu oluşturacak kadar yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.Bu nedenle takım,metal ile aşınabilir ve takımın ihtiva ettiği karbon atomla difüzyonla taşınmaya başlar.(Butterworths,1965)

Difüzyonun, tanımlamasını yapmak gerekirse, metalik kristallerdeki atomların, yüksek atomik konsantrasyonlu bir bölgeden düşük konsantrasyonlu bölgeye geçmesiyle oluşan aşınma şeklidir.Yayınma hızı, sıcaklıktaki artışla üstel olarak artar.Yayınma sadece, sert metal kesici takımlarda olur. Çünkü takım çeliği ve hız çeliğinden oluşmuş takımla, 1000°C'nin üzerinde sertliklerini kaybederek yumuşarlar.

Difüzyon,takım yüzeyinde oluşan kimyasal bir reaksiyon değildir.Yüzeyden akan metal içindeki, takım malzemelerinin farklı evrelerinin çözünübilirliği ile ilgilidir.Difüzyon, talaş kaldırma olayındaki en önemli aşınmalardan biridir.Aşınmanın şiddeti takım ve iş parçası arasındaki metalürjik ilişkiye bağlıdır.Bu durum,titanyum ve bakır gibi farklı metallerin işlenmesinde önem kazanır.

Yüksek hız çelikleri standart kesme hızlarında kullanıldıklarında, difüzyonla ortaya çıkan aşınmanın şiddeti, ısıнын düşük olması sebebiyle

yavaştır.Yüksek sıcaklıklarda ve hızlarda difüzyon hızlanır, fakat difüzyonla oluşan aşınma, plastik deformasyonla oluşan aşınmanın çok hızlı olması sebebiyle farkedilmeyebilir.Difüzyon aşınması,hem yüksek sıcaklıklara, hemde kesme yüzeyine çok yakın iş parçası malzemesinin akış hızına bağlıdır,bu hızla metal atomları yer değiştirerek difüzyonu oluştururlar.(Cookson,et al,1971)

1.2.2.2.4.Mekanik Aşınma

Bu aşınma talaşın altındaki çok sert parçacıkların takımın talaş yüzeyinden akarken, takım malzemesini mekanik etki sonucu kazınmasıyla oluşur. İş parçasının sert konsantrasyonlu parçacıklardan oluştuğu kesme şartlarında bu durum daha hızlı görülür.

Yüksek hız çeliklerinin mekanik aşınması, iş parçasını oluşturan partiküllerin,takım malzemesinin martenitik matrisinden daha sert olduğu durumlar için geçerlidir.(Cookson,et al,1971)

1.2.2.2.5.Tufalleşme(Oksidasyon)

Kesme işleminden sonra, kesici takım incelendiğinde temas yüzeylerinin çevresinde renklenmeler olduğu görülür.Bu renklenmeler kesici takım malzemesindeki tufalleşmenin bir göstergesidir.Kesici takım alarım durumuna ve kesme sıcaklığının derecesine göre tufalleşmenin farklı yorumları vardır.Kesici takım malzemelerinin incelenmesinde de görüleceği gibi, sert metaller 700° C-800°C'de tufalleşmeye başlar.Hız çeliklerinde ise tufalleşmenin başladığı sıcaklığın, sıcak dayanım değerinin üzerinde olması sebebi ile tufalleşme görülmez.(Özgürler, 1986)

1.2.2.3.Aşınmanın Giderilmesi

Bir önceki bölümde sebepleri ile açıklanan aşınma çeşitlerin ortadan kaldırılması ya da oluşumlarının mümkün olduğunca geciktirilmesi için birtakım önlemlerin alınması gerekecektir. Bu bölümde kısaca bu konuya değinilecektir.

Sert Yüzey Aşınması, bilindiği gibi sert metal ucun çok sünek olmasından ya da kesme hızının yüksekliğinden kaynaklanır. Bunun azaltılması ya da geciktirilmesi için şunlara dikkat etmek gerekir.

- Aşınmaya mukavim daha sert bir metal uç kullanılmalıdır.
- Kesme hızı düşürülmeli, ilerleme artırılmalıdır.
- Kesme sıvısı kullanılmalıdır.
- Köşe radyusu ve serbest açısı artırılmalıdır.

Krater Aşınması, kesme hızının yüksek olmasından kaynaklanan bir aşınma şeklidir.

- Kesme hızı ve ilerleme azaltılmalıdır.
- Aşınmaya dayanıklı sert metal kalitesi ile çalışılmalıdır.
- Pozitif uç geometrisi seçilmelidir.

Kesme Kenarındaki Ufak dökülmeler, çok sert (gevrek) bir sert metal kalitesinden ve stabil olmayan takım kullanılmasından kaynaklanmış olabilir. Bu durumda;

- Daha sünek bir sert metal kalitesi seçilmelidir.
- Büyük köşe radyusu ile çalışılmalıdır.
- Kesme hızı ve ilerleme artırılmalıdır.
- Kesme derinliği artırılmalıdır.
- Daha rijit takım kullanılmalıdır.
- Kesme kenarına negatif pah kırmak veya yuvarlatmak suretiyle ucun mukavemeti artırılmalıdır.

- Pozitif geometri seçilmelidir.

Termal Çatlaklar, ısı değişimlerinden ya da yüksek kesme hızlarında çok büyük hacimde talaş kaldırılmasından meydana gelmiştir.Çözümü;

- Termal şoklara dayanıklı sert metal kalitesi seçilmelidir.
- Takım açıları küçültülmelidir.
- Pozitif açılı takım kullanılmalıdır.
- Köşe radius değeri artırılmalıdır.
- Arka kesme kenar açısı azaltılmalıdır.
- Kesme hızı, ilerleme, kesme derinliği azaltılmalıdır.
- Soğutucu kullanılmamalıdır.

Talaş Kaynaması, Kesme hızı ve ilerlemenin çok düşük olmasından ya da negatif kesme geometrisi ile çalışılmasından kaynaklanır.

- Kesme hızı yükseltilmelidir.
- Soğutma azaltılmalıdır.
- Pozitif kesme geometrisi seçilmelidir.

Çentikler, çentikler genellikle yüksek ısıya mukavim malzemelerin işlenmesinde, aşındırıcı yüzey tabakaları sebebiyle ya da daha önceki işleme sırasında sertleşmiş iş parçalarının ortaya çıkar. Kesme hızı ve ilerlemenin çok yüksek olmasında buna yol açabilir.

- Ayar açısı mümkün olduğu kadar büyük seçilmelidir.
- Eğer kesme derinliği küçük ise, sert metal ucun köşe radiusu kesme derinliğinin iki katı alınmalıdır.
- Kesme hızı ve ilerleme düşürülmelidir.

1.2.2.4.Takım Ömrü

Takım ömrü ya da dayanma zamanı, bir kesici takımın iki bilenmesi arasında geçen net çalışma zamanı olarak bilinir.Takım ömrü, talaşlı şekillendirmek için en önemli ekonomik faktörlerden biridir. Ekonomik kesme şartlarının belirlenmesinde, ilk olarak ele alınan faktör, takım ömrüdür. İşleme operasyonlarında farklı takım açıları, kesme hızı, ilerlemeler genellikle ekonomik takım ömrünü verecek şekilde hazırlanmış değerlerden seçilir.Projemizin son bölümünde de görüleceği gibi maksimize edilecek kriterlerden biri olan takım ömrünün en büyüklenmesi, diğer kriterlerde gözönüne alınarak çok amaçlı karar verme ile yapılacaktır.

Takım bileme ve değiştirmenin çok yüksek olması nedeniyle, kısa takım ömrüne yol açan şartlarda çalışmak ekonomik değildir.Diğer taraftan düşük kesme hızlarında ve ilerlemelerinde çalışmakta üretim oranının düşüklüğü nedeniyle ekonomikliğini kaybeder. Bu nedenle dengeyi sağlayacak kesme şartlarının belirlenmesi işleme operasyonlarındaki en önemli konulardan biridir.(Trent,et al,1987)

Kesici takım ömrü çeşitli nedenlerden dolayı kısalmır.Ancak bunları iki grupta toplamak mümkündür:

- Kesici takım yüzeyinde ve kenarında meydana gelen artan takım aşınması sebebiyle ömür azalması,
- Kesici kenarın bozulmasıyla ortaya çıkan hatalar.

Bu maddelerden de görüldüğü gibi takım ömrü daha önce açıklanan aşınma olayı ile direkt ilgilidir.Bu nedenle aşınmayı etkileyen parça ve takım malzemesi, takım talaş geometrisi, kesme hızı, kesme sıvısı ve kullanılan tezgah gibi faktörler takım ömrünü etkiler.Ancak takım ömrünü direkt etkileyen kesme hızıdır.Diğer şartlar sabit tutulursa, kesme hızı azaldıkça takım ömrü artar.Zaten Taylor'un 1907 yılında bulduğu ve taylor eşitliği olarak geçen denkleme görede takım ömrü ve kesme hızı arasında ters bir orantı vardır.Sistematik takım ömrü kontrollerinde çok yüksek standartlar, F.W.Taylor'un yüksek hız çelikleriyle yaptığı çalışmalarla ortaya çıkmıştır. Kesme hızı ilerleme, kesme derinliği, takım geometrisi, kesme sıvıları da,

takım malzemesi ve çalışma sıcaklığı kadar takım ömrünü etkileyen faktörlerdir. Takım ömrü tüm bu parametrelerin matematiksel ilişkilendirilmeleriyle bulunur. Takım ömrünün kontrolü, tek noktalı takımları kullanan çok geniş bir aralıkta uygulanma olanağı bulabilir. Ancak bu gibi testler zaman ve işgücü açısından oldukça maliyetlidirler. Ancak kesme ve ilerleme oranlarının standartlaştırılmış değerlerinde genel bir kullanım olanağı sağlanır. Dayanma zamanı denklemi, kesici malzeme ile iş parçası malzeme çiftlerinin dayanma zamanını kesme koşulları süresine bağlı olarak tanımlar. Talaşlı işleme projesine etki eden parametrelerin pek fazla olması nedeniyle, fiziksel yollardan türetilmiş kesin bir fonksiyonun ortaya çıkışını engellemiştir. Dolayısıyla dayanma zamanı eğrilerinin ampirik yollardan elde edildiği bir gerçektir. Bu nedenle sözü edilen denklemlerin doğruluğu, tasarlanan modelin, kesici takım - iş parçası ikilisinin dayanma zamanı davranışının uygun seçilmemesine bağlıdır. Yükselen tezgah ve işçilik maliyetlerinin etkisi ile, ayrıca giderek kısalan takım değiştirme süreleri ile, ekonomik kesme hızları daha kısa dayanma zamanlarına doğru ötelenirler. (Wilson, 1989)

"Taylor Denklemi" olarak bilinen takım ömrü eşitliğinin orjinal şekli aşağıda verilmiştir.

$$V \cdot T^n = C \quad \text{veya logaritmik olarak kullanılırsa;}$$

$$\log V = \log C - n \log T \quad (1.2)$$

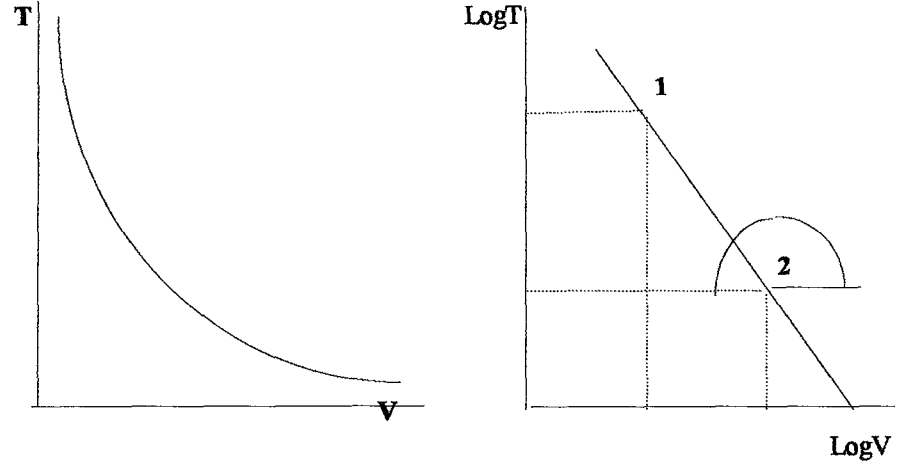
Burada;

V: Kesme Hızı (m/dak)

T: Standart bir serbest yüzey aşınmasına yol açacak (Ör; 0.75mm, 0.030 in) kesme zamanı (dak),

C ve n ise malzeme ve kesme şartlarına ait sabitlerdir. (Zorev N.N, 1975)

Taylor denkleminin grafik gösterimi Şekil 1.11'de verilmiştir.

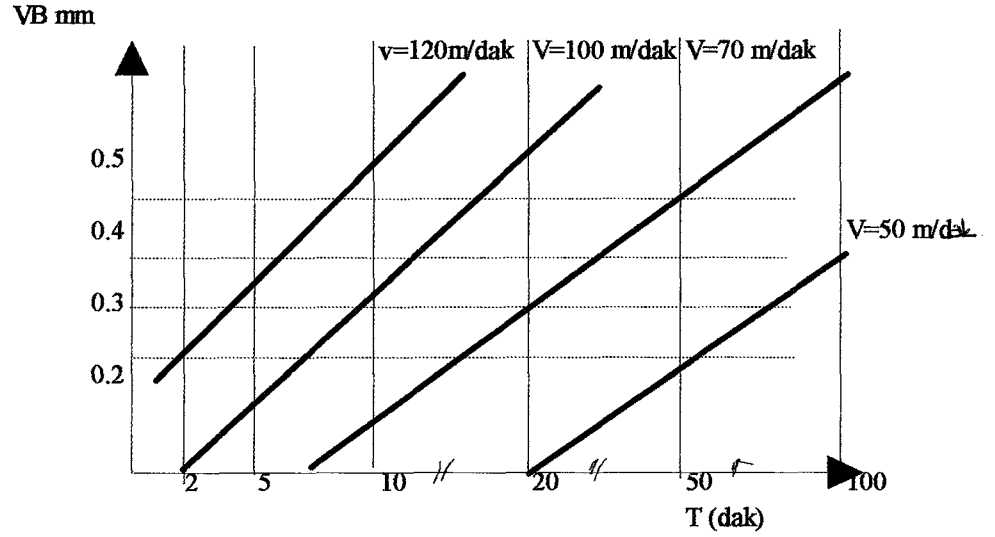


Şekil 1.11.Hız-Ömür İlişkisinin Grafik Gösterimi

Kesme hızının bir değeri,belirli bir ömür değeri için geçerlidir. Bu bakımdan hız ömür ilişkisini ifade etmek için pratikte,takım ömrü için gelişigüzel değil,belirli değerler seçilir.Örneğin; $T=60$, $T=240$ dak.gibi.Bunlara standart ömür denir. Bu ömürlere karşı gelen kesme hızları V_{60} , V_{240} , V_{480} şeklinde gösterilir.(Şekil 1.12)

Kesici takım ömrü, daha öncede belirttiğim gibi, talaş kaldırmada ekonomik liği belirleyen en önemli unsurlardandır.Talaşlı şekillendirme işlemlerinde, takımların çeşitli açıları, kesme hızları, ilerleme değerleri ekonomik bir takım ömrü vermek üzere seçilir.(Uğur,1989). Bunun için iş parçası ve takım malzemesine bağlı olarak hazırlanmış çizelgeler kullanılır.

Taylor eşitliğinin kullanılması için, tek bir ilerleme ve kesme derinliği ve hızın çeşitli kademeleri seçilir.Bu hızlardaki serbest yüzey aşınması ölçülür ve düzenli olarak kaydedilir.Her aşınma eğrisi üç kesin bölgeden oluşur.(Şekil 1.10) İlk aşınma bölgesi, yüksek aşınma değerlerinin ortaya çıktığı bölgeyi temsil eder. İkinci bölgede lineer bir artış, son olarakta takım yeterince aşındığında kesme kuvveti ve hızının yükseldiği üçüncü bölge oluşur.Oluşturulan bu aşınma eğrileri ile takım ömrünün tanımlanması için kritik serbest yüzey aşınma değeri seçilmelidir.(Schulz,et al,1993)



Şekil 1.12.Çeşitli Kesme Hızları İçin Aşınma Eğrileri

Takım ömrünün belirlenmesinde önemli olan bir kavramda ömür sonudur.Belli başlı ömür sonu kriterleri aşağıda verilmiştir.(Özgürler,1986)

a) Aşınma ölçme büyüklükleri: Bu ömür sonu kriterinde serbest yüzey ve aşınmaların ölçü büyüklüklerinin değerleri esas alınır.Tablo 1.2'de kesici takım malzemelerinin dayanma zamanına ait kriterler verilmiştir.

b) Takımın Tam Harabiyeti:Takımın kırılarak tamamen harabolması demektir.

c) Takımın İlk Harabiyeti:Takımın kesme kenarından ufak bir parçanın kopması ile belirlenir.

d) İşlenen Parçanın Boyutu: İşlenen parçada normal şartlarda beklenenden daha fazla bir çap farkının meydana gelmesidir.

e) Yüzey Pürüzlülüğü: İşlenen malzemenin yüzey pürüzlülüğünün normal şartlarda müsaade edilen toleranslardan uzaklaşmasıdır.

f) Kesme Kuvvetleri ya da Harcanan Güç: Takım ucunda meydana gelen kesme kuvvetlerinin hissedilir ölçüde büyümesi yada buna bağlı olarak harcanan güçteki artış olarak tanımlanabilir.

Çok büyük ya da düzensiz talaş, tezgahın titreşimleri, takımın ya da iş parçasının stabil olarak bağlanmamış olması, takım malzeme sınırının aşılmasına ve dolayısıyla kesici takımın kırılmasına neden olur. Takımın, takım ömrü olarak tarif ettiğimiz iki bileme arasında geçen süreden önce değiştirilmesi gerekir. Bu durumlarda, kesici takımın dayanma zamanından bahsedilemez. Çünkü takımın görmüş olduğu tahribat, alışılmış bir aşınma türü değildir. Kesme şartlarının tam olarak değerlendirilmesi de mümkün olmayacaktır. Bu nedenle takımın kendisinde değil çevre şartlarında bir araştırılma yapılması gerekir.(Zorev,1975)

Tablo1.1. Kesici Takım Malzemelerinin Dayanma Zamanlarına Ait Kriterler

Kesici Malzeme	Ölçülen Büyüklükler	Uyulması Gereken Ölçüm Toleransları
Hız Çeliği	VB (mm) VBmax (mm) KT (mm)	0.2-1.0 0.35-1.4 0.1-0.3
Sert Metal	VB (mm) VBmax (mm) KT (mm)	0.3-0.5 0.5-0.7 0.1-0.2
Kesme Keramiği	VB (mm) VBmax (mm)	0.15-0.3 0.1

1.2.2.4.1. Üretimde Takım Kontrolü

Seri üretimde talaş kaldırma işlemleri bir takım cihazlarla kontrol altında tutulabilir. Söz konusu bu cihazlar, kullanıcıyı monoton bir çalışmadan kurtardıkları gibi verimliliği de artırır.

Talaş kaldırma işlemlerinde, tezgahın motor gücü, devir sayısı, kesme kuvvetleri, titreşim, işlem sırasında ortaya çıkan ısılar vs. gibi veriler, talaş kaldırma işleminin verimi hakkında gerçekçi bilgiler verir.

Bilgisayar teknolojisi ile birlikte sanayide büyük değişiklikler oluşmuş ve son yıllarda geliştirilen çeşitli makinalarla geleceğin fabrikalarının nasıl olacağı gözler önüne serilmiştir. Bu teknolojilerin bir kısmının da fabrikalarda uygulanmasına başlanmıştır. Yani, insan gücüne bağlı üretimden, bilgisayarlı makinalarla büyük verim sağlanan seri imalata geçiş başlamıştır. Uluslararası rekabet, konulan sermayenin daha ekonomik bir şekilde kullanılmasını gerektirmektedir.

Üretimde otomatisasyonun artması ekonomik bir üretim sağladığı gibi sürekli kontrole gerek duymadan, zaman zaman kontrol edilen bir üretim akışına imkan vermektedir. Çünkü, böyle bir sistemde meydana gelebilecek arızalar, daha önceki imalat yöntemlerine göre daha pahalıya mal olmaktadır. **Tablo 1.2** 'de teknik sebeplerden dolayı meydana gelen arızaların sebep olduğu kayıp zamanlar ve nedenleri gösterilmiştir.

Modern bir tornada, otomatize takım kontrolünün bir bölümü bu iş geliştirilmiş bilgisayar ve kontrol sistemlerinden oluşmaktadır. Bu sistem, takımın aşınmasını kontrol ederek gerektiğinde takımın değiştirilmesi için sinyal verir. Takım kırılmasında ilerlemeyi durdurarak, tezgaha daha fazla zarar gelmesini önler ve bindirme olduğu takdirde makinanın durması için emir verir. (Schulz, et al, 1993)

Modern bir tornada, otomatize takım kontrolünün bir bölümü bu iş geliştirilmiş bilgisayar ve kontrol sistemlerinden oluşmaktadır. Bu sistem, takımın aşınmasını kontrol ederek gerektiğinde takımın değiştirilmesi için sinyal verir. Takım kırılmasında ilerlemeyi durdurarak, tezgaha daha fazla zarar gelmesini önler ve bindirme olduğu takdirde makinanın durması için emir verir.

Tablo 1.2.Teknik Sebeplere Bağlı Zaman Kaybı Nedenleri

	Tornalama Zaman Kaybı Oranları			Delme Zaman Kaybı Oranları			Frezeleme Zaman Kaybı Oranları			Planyalama Zaman Kaybı Oranları		
	%10	20	%30	%10	%20	%30	%10	%20	%30	%10	%20	%30
Ömrün Tamamlanması												
Takım Kırılması												
Hassasiyetin Bozulması												
Yüzey Bozukluğu												
Talaş												
Mola												
Takım Tezgahı												
Emniyet Gereksinimi												
Diğer												

döküm parçalardaki döküm boşlukları ve kumlu bölgeler kesici takımın ani aşınmasına ve kırılmasına neden olmaktadır. Kesme verilerinin azaltılması ve ucun zamanında değiştirilmesi de böyle bir sonucu engelleyemez .Bu gibi durumlarda, olabilecek büyük hasarların önlenmesi ancak güvenilir bir kontrol sistemi ile mümkündür.Makinanın kullanım zamanını azaltan etkenlerden en önemlileri, kesici ucun aşınması ve aşınan kesici ucun değiştirilmesi için gereken makina durma zamanıdır. Güvenilir bir aşınma kontrolü ile hem durma zamanının azalmasına hem de takım kırılmaların azalmasına, dolayısıyla takım kırılmaları ile oluşabilecek çarpımların önüne geçilmiş olur.Böyle bir takım kontrol sisteminin görevi, arasıra kontrol edilen ya da kontrolsüz üretimlerde ani hasarların oluşmasını önlemek ya da böyle hasarlar olursa zamanında reaksiyon göstererek zararın en az şekilde gerçekleşmesini sağlamaktır./(Shaw,1987)

Makina ve kesici takımdan yüksek verim sağlamak için alınması gereken bir çok önlem ve yapılması gereken birtakım işler olduğu unutulmamalıdır.Genel bir kural olarak, takım kırılmasını önlemek için kesici ucun zamanında değiştirilmesi gerektiğini söylemek mümkündür.Bilindiği gibi kesici ucun değişmesi gerektiği, çalışma sırasındaki sesin değişmesinden,iş parçasının yüzeyinin bozuk çıkmasından ve ucun kırılmasından anlaşılır.Bu durumda operatörün sürekli olarak makinayı kontrol altında tutması gerekmektedir.Bunun önüne geçmek için üretim planlama tarafından ucun belli bir zaman veya belli bir üretim zamanından sonra değiştirilmesi öngörülür.Bu yöntemle

takım kırılmalarının önüne geçilebilir. Ancak bu şekilde makina ve takımdan ekonomik olarak yararlanmak mümkün olmayabilir. Çünkü, takım kırılmasını ve neticede bindirmeyi önlemek için, en az dayanıklı uca göre tespit edilen üretim miktarlarına bağlı olarak bütün uçlar verimli bir şekilde kullanılmamakta ve işlenen parçanın maliyeti buna göre artmaktadır. Ancak, aşınma gelişimini kontrol eden bir sistemle, kritik takımların büyük bir kısmında kesici uçların tam randımanlı ve daha uzun zaman kullanılması sağlanabilir. Böylece makinanın durma zamanı ve takım masrafları azaltılarak ekonomik bir üretim sağlanmış olur. Ancak, aşırı derecede takım masrafları üzerinde durarak, uçların maksimum ömürde kullanılmasını sağlamanın makinanın ömrünü azaltacağı gerçeğini de unutmamak gerekir. **Tablo 1.3'** de aynı makina, aynı kesme şartları ve aynı malzeme ile yapılan deneylerde bulunan farklı sonuçlar verilmiştir. Önceden tespit edilen aşınma değerine ulaşmaya kadar geçen dayanma süresi yüksek kesme şartlarında daha çok farklılıklar gösterecektir. Bu durumda aşınmanın büyüklüğü ucun değiştirilmesi için kriter olacaktır. Projemizin son bölümünde yapılan çalışmada da bu kriter gözönüne alınmıştır.

Tablo 1.3.Çeşitli Aşınma Değerlerine Karşılık Takım Dayanma Zamanları

Kesme kenarı	Serbest Yüzey Aşınması VB mm	Dayanma süresi(sn)
1	0.384	137
2	0.401	206
3	0.394	133
4	0.417	149
5	0.359	134
6	0.389	184
7	0.417	176
8	0.406	165
9	0.394	153
10	0.384	132
11	0.406	144
12	0.406	131

Son yıllarda, daha önceki bölümlerde de değindiğim gibi kesici uçlar ve takımlar hızlı bir gelişim göstermiştir. Dolayısıyla, talaş kaldırma işlemlerinde, kesici uç ve takımlar çok nadir olarak kesme şartlarında bir sınırlama yapılamasına neden

olur. Ancak yapılan incelemeler ve deneyler göstermiştir ki makinalar verimli kesme şartlarında çalıştırılmamakta, bunun yerine mümkün olabilecek kesme verilerinin ortalama % 25 altında sağlam verilerle çalıştırılmaktadır. İşte bu nedenlerden ötürü uygulamızda bu şartların nasıl optimize edileceği ile ilgili deneyler yapılacaktır. (Böhler Teknik Bülten No:20)

1.2.3. Kesici Takım Malzemeleri

Çağımızın teknolojisi, özellikle talaşlı üretim yöntemlerinde daha hassas, daha kaliteli ve daha seri çalışan tezgahların gelişmesine imkan vermiştir. Otomatik kumanda ile takım değiştiren NC ve CNC takım tezgahları sözü edilen bu tezgahların ve ileri tezgah teknolojisinin öncülüğünü yapmaktadır.

Bu tezgahların hızla gelişmesi doğal olarak talaşlı üretim teknolojisinde yüksek kaliteli ve daha kullanışlı kesici takım gereksinimlerini de beraberinde getirmiştir. Aynı zamanda bu günün metal endüstrisi her geçen gün artan üretim masrafları ile karşı karşıya olduğu için metali en uygun ve daha ekonomik olarak kesen kesici takımlara gereksinim duyulmaktadır.

Dolayısıyla kesici takım giderlerinde yapılması gereken maliyet azaltımı, ancak kullanım alanına göre daha uygun, daha universal ve daha ucuz olan bir kesici takım kalitesinin seçilmesi ile gerçekleştirilebilir. (Wilson, 1980)

Son zamanlarda, ileri teknolojinin öncülüğü yapan ve takım ömrü üzerinde oluşan aşınmalara karşı daha mukavemetli olan kesici takımlar geliştirilmiştir. Bu takımlar;

1. Takım ömrünü normal sinterlenmiş karbürlere nazaran iki ya da üç misli artıran, kaplama kalınlığı 0.010 mm olan TiC, TiN ve Al₂O₃ kaplanmış çok kat kaplamalı sinterlenmiş karbür kesiciler;

2. Mekanik şoklara ve kimyasal etkilere dayanıklılıkları ve yüksek sıcaklıklarda çalışma özelliklerinden dolayı % 99 saflıkta Al₂O₃ içeren ve yapısına bazen metal oksitlerle birlikte karbürlerinde eklendiği seramik kesiciler;

3. İstisnai özellikteki yüksek kesme hızlarında çalışmaya izin veren üstün performans sağlayan çok kristalli suni elmas kesiciler;

4. 45 ile 68 Rockwell C derecesindeki kesintili geometriye sahip çok sert çelik ve alaşımlarının işlenmesinde kullanılan, mekanik şoklara aşırı derecede dayanabilen kübik baron nitrit kesicilerdir.

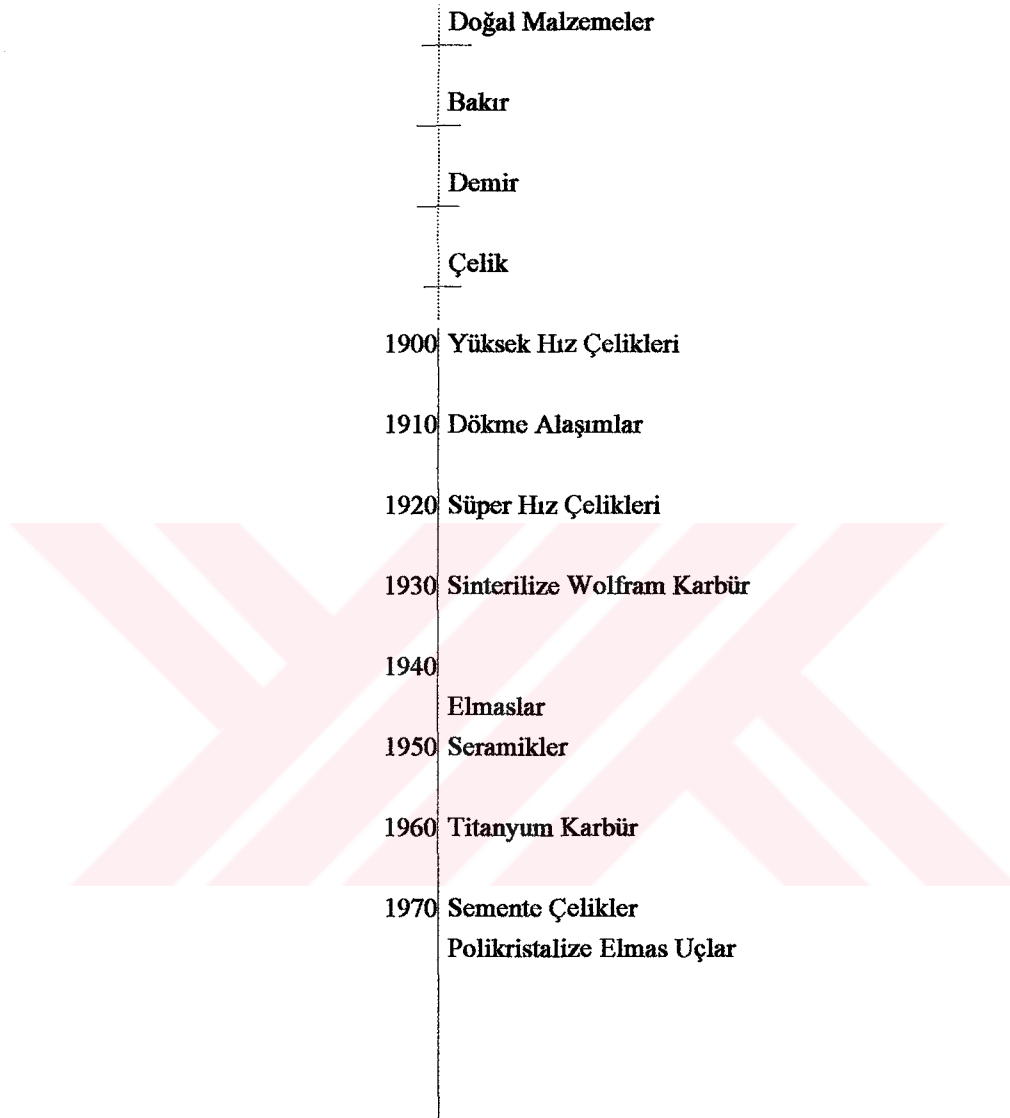
Kullanıcı açısından bakıldığında, kesici takım malzemelerindeki gelişme daha iyi görülebilir. Bu gelişme biyolojik gelişmeyle büyük paralellik gösteren bir değişimdir. Milyonlarca insan günlük yaşamında, kesici takım malzemeleriyle karşı karşıyadır. Teknolojik gelişim ve ekonomik rekabet bu gelişimin hızlanma arzusunuda artırmış ve bu yönde araştırmalara hız verilmiştir. Günümüzde kullanılan kesici takım malzemeleri, takım ömrü, talaş kaldırma oranı, bitmiş yüzey kalitesi gibi ihtiyaçlara cevap olacak şekilde geliştirilmiştir. (Trent, et al, 1987)

Tablo 1.4'de talaşlı işlemlerdeki girdi çeşitleri ve makina şartları verilmiştir. Kesici takım malzemeleri, şlemedeki en önemli elementlerden biridir. Takım malzemesi ve geometrisi, işlenecek iş parçası malzemesine bağlı olarak çok dikkatlice seçilmelidir. (Shaw, 1987) Bu bölümde kesici takım malzemelerinin özellikleri ve kullanım yerleri hakkında bilgi verilecektir

Tablo 1.4. İşleme Operasyonlarındaki Şartlar

Girdi	Takım Tezgahı	Çıktı
İş Parçası	Güç	İşleme Maliyeti
Takım	Enerji	Birim Zamanda İşlenen
Hareketler	Isı	Malzeme
Kontrol Mek.	Aşınma	Yüzey Bütünlüğü
Kesme Sıvısı	Statik Bölge	
	Titreşim.	

Şekil 1.13 'de ise kesici takım malzemelerinin tarihsel gelişimi verilmiştir..



Şekil 1.13. Kesici Takım Malzemelerinin Tarihsel Gelişimi (Wilson, et al, 1980)

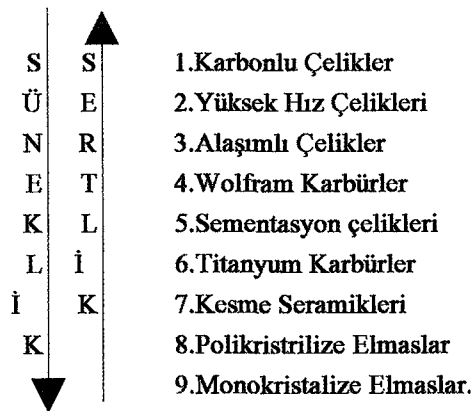
Kesici takım malzemelerindeki bu gelişmeye paralel olarak aynı zaman diliminde gelişen endüstri dalları ise **Şekil 1.14'** de verilmiştir.

Günümüz işletme şartlarında geniş bir kullanım çeşitliliği gösteren Kesici takım malzemeleri genelde iki gruptan gelmektedir. "Yüksek Hız Çelikleri ve Sement Çelikler". Kesici takım malzemelerinin diğer ana grupları ise karbon alaşımları, kobalt

bazlı alaşımlar seramik ve elmaslar olarak sınıflandırılabilir.(Malakooti,et al,1975).Şimdi bu malzemelerinin özellikleri açıklanacaktır. Ancak bunlar içerisinde araştırma konumuz olan sert maden malzemesi hakkında ayrıntılı bilgi verilecektir.Şekil 1.15' de kesici takım malzemelerindeki sertlik ve süneklik değişimleri verilmiştir.



Şekil 1.14. Çeşitli Endüstri Dallarının Tarihsel Gelişimi



Şekil 1.15.Çeşitli Kesici Takım Malzemelerin Sertlik-Süneklik Değişimi

1.2.3.1. Takım Çelikleri

Takım çelikleri kullanma yeri açısından önemli bir yer tutmaktadır. Bu gruptaki kesici takım malzemeleri karakteristik sertliklerini, ostenitleştirme sıcaklığına bağlı olarak ısıtma ve soğutma sonunda alırken, bu işlemi izleyen bir meneviş işlemi ile de yeterli bir sünekliğe yükseltilmiş olurlar.

1.2.3.1.1. Alaşımless Takım Çelikleri

Karbon miktarı % 0.6 - 1.4 arasında olan alaşımless takım çeliklerinin sertlikleri ve aşınma dayanımları martenzitik dokularının oluşumuna bağlıdır. Aşınma direnci, sertlik ile ve artan karbon miktarı ile yükselir. Ancak süneklik düşer ve takımın titreşimlere olan duyarlılığı artar. Alaşımless takım çelikleri bütün kesit boyunca sertleşmezler. Sertleşen bölge yalnızca takım yüzeyine yakın olan bölgedir. Sıcak sertliklerinin düşük olması nedeniyle bu çelikler ancak 200° C'ye kadar olan sıcaklıklarda ve 25 m/dak'ya kadar olan kesme hızlarında kullanılırlar. (Uğur, 1989)

1.2.3.1.2. Alaşımlı Takım Çelikleri

Alaşımlı takım çelikleri, oda sıcaklığında yüksek hız çelikleri kadar sert olmamalarına ve yüksek sıcaklıklarda sertliklerini devam ettirememelerine rağmen 1920'li yıllardan itibaren bazı özel takımların yapımında geniş bir kullanım alanı bulmuşlardır. (Shaw, 1987)

Kimyasal yapısı ise, kesme özelliklerin artırmak amacıyla, alaşımless takım çeliklerine az miktarda Krom (Cr), Vanadyum (V), Wolfram (W), Molibden (Mo), Magnezyum (Mg) gibi alaşım elementlerinin ilave edilmesiyle oluşturulur.

Alaşımlı takım çeliklerinin kesme özellikleri alaşımless takım çeliklerinden pek farklı değildir. Bunların çalışma sıcaklığı da 250-300 ° C'yi geçmez. Alaşımless takım çeliklerine ilave edilen elementlerin takıma kazandırdığı özellikler şöyledir.

Krom : Sertleşme derinliğini ve aşınma mukavemetini artırır.

Wolfram: Çeliklere daha ince bir iç yapı sağlar.Sertlik özelliğini artırmak suretiyle kesme mukavemetini artırır.

Molibden ve Vanadyum: Isı karşısında mukavemet özelliklerinin artmasını sağlar.Vanadyum çeliğin, ısıl işlem esnasındaki hassasiyetini azaltır ve böylece su verme çatlaklarının önlenmesini sağlar.

1.2.3.2 Hız Çelikleri

Hız çelikleri tungsten (W), Krom (Cr), vanadyum (Va), Molibden (Mo) ve kobalt elementlerinden oluşmuş karbonlu çeliklerdir. Yüksek hız çeliklerini, diğer takım çeliklerinden ayıran en önemli özellik "kırmızı sertlik" olarak bilinen, 650 °C'ye kadar sertliklerin muhafaza edebilmektedir.Yüksek hız çelikleri üç ana grupta toplanabilir.

1) 18-4-1 grubu: %18 W %4 Cr %1 Va

Bu gruptaki takımlar iyi aşınma ve sıcaklık dayanımıyla bilinen tungsten (W) temeli,

2) 6-6-4-2 grubu: %6 W %6 Mo %4 Cr %2 Va

Bu gruptaki takımlar, aşınma ve vuruş dayanımlarıyla bilinen Molibden temelli takımlardır.

3) Süper yüksek hız çelikleri

Bu çelikler ise %2 - %15 arasında kobalt eklenmesiyle oluşurlar. Böylece yüksek sıcaklık sebebi olan ağır kesme şartlarındaki kesme verimlilikleri artar. (Linberg,1987)

Yüksek hız çelikleri, en iyi uygulama alanlarını delme, işlemlerinde bulurlar. Bu takım karbidli takımlardan daha ucuz olmalarına rağmen, daha iyi performans gösterirler ve kolaylıkla bilenebilirler. Sertlik değerleri, 65 - 67 HRC sertliği arasındadır.

1.2.3.3 Sert Metaller

Sert metaller, esas itibari ile tungsten (Wolfram) karbur ve kobalt tozları karışımından sinterleme yolu ile imal edilen bileşik bir maddedir. Sertliği ve dolayısıyla aşınma dayanımını sağlayan tungsten karbür'e ilaveten titanyum ve tantal karbürlerin de, karışıma katılmaları ile yüksek sıcaklıklara dayanır özelliği artar. Bu karbürleri birbirine bağlayan kobalt'ın çeşitli oranlarda kullanımı ise, süneklik özelliğinin istenilen şekilde değiştirilmesini sağlar. Kobalt oranının artması ile süneklik artarken sertlik azalır.

Uygulamalarımızın temeli teşkil etmesi sebebiyle sert metallere ilişkin detaylı bilgi verilmesi araştırmamızda kullanılan parametrelerin anlaşılması bakımından daha yararlı olacaktır.

1.2.3.3.1 Sert Metallerin İmalatı.

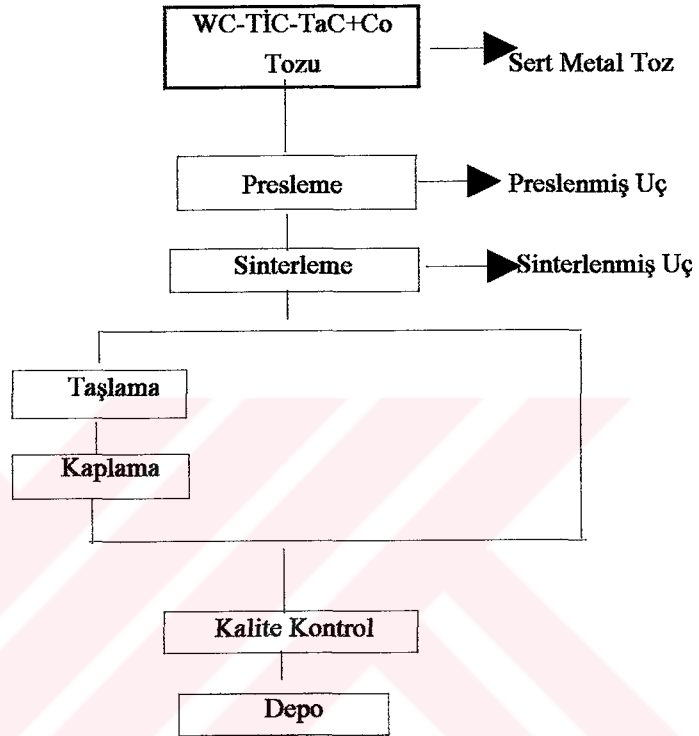
Sert metal kesici uçların önce, belirli kompozisyonlarda hazırlanmış tungsten karbür, titanyum karbür, tantal karbür ve kobalt tozları karışımları preslerde şekillendirilir. Düzgün şekilli ve yüksek sayıda parçalar preslerde uygun kalıplarda direkt olarak şekillendirilebilir. Karışık formlu veya az sayıdaki parçalar ise prizmatik veya silindirik şekilde preslenmiş bloklardan kesilerek elde edilirler.

Bu parçalar nihai özelliklerine göre özel fırınlarda 1400-1500°C sıcaklıkta sinterleme neticesinde ulaşırlar. Sinterleme sırasında kobalt ergir, karbür taneciklerinin etrafını sarar. Sinterleme neticesinde sert metal parçalarda hacimsel olarak takriben %40, boyutsal olarak takriben %20 küçülme olur. Bu nedenle sinterleme neticesinde elde edilebilecek ölçü hassasiyeti sınırlı olduğundan bu kitapçığın esas konusunu teşkil eden mekanik sıkımalı kesici uçların imalatı ilave taşlama ve lepleme işlemlerini gerektirmektedir.(Hoshi,1980)

Şekil 1.16 da sert metal uçların imalatı, basit bir şema ile anlatılmıştır. Sert metallerin özelliklerini, karışımı oluşturan metal karbürler ve kobalt oranı etkiler. Örneğin ;

1) Kobalt miktarı arttırılırsa aşınma direnci, sertlik, termal şoklara dayanıklılık ve krater oluşumuna karşı, direnç azalır. Ancak kobalt miktarının artması

sünekliği arttıracığı gibi, ucun kırılma mukavemetini de artırır. (Darbeli çalışmaya uygunluk).

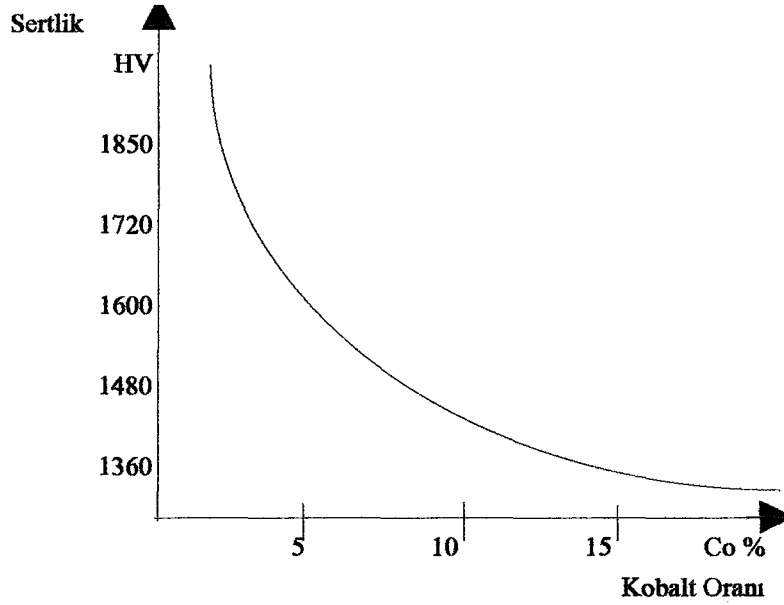


Şekil 1. 16 : Sert metal imalat şeması

2) TiC özellikle işlenmesinde, aşınma dayanımını, termal şoklara ve krater oluşumuna karşı, direnci artırır. Ancak, ucun kırılma riski (Sertlikten dolayı) da artar.

3) TaC da aynı etkileri gösterir. Sertlik artar, dolayısıyla, aşınmaya mukavemet artar, ancak ucun kırılma mukavemeti azalır.

Bütün sert metal kaliteleri, çok yüksek sertlik değerleri ile karakterize edilirler. Bundan dolayı, sert metaller HRA veya Vickers (HV) sertlik değerleri ile ölçülür. Kobalt oranının artması, bilindiği gibi, sertlik değerini azaltıcı etkendir. **Şekil 1.17'de** kobalt oranı ile sertlik değerleri arasındaki ilişki gösterilmiştir.(Böhler Talaş Kaldırma Bilgileri,1989)



Şekil 1.17 :Kobalt Oranı ve Sertlik Arasındaki İlişki

1.2.3.3.2 Kaplamalı Sert Metaller.

Ekonomik üretim, daha hızlı talaş kaldırmayı gerektirmektedir. Bu talep sert metal uçların mukavemetinin daha da arttırılmasını gerektirmiştir.

Çeşitli kimyasal madde buharlarının, yüksek sıcaklıkta sert metal uçlar üzerinde çökeltilmesi neticesinde, mikron mertebesinde sert tabakalar elde edilmektedir. Sert metalin kendi sertliğinden, takriben üç misli daha sert olabilen bu tabakalar sayesinde aşınmaya dayanıklılık artmaktadır. Böylece ömür uzaması yanında kesme hızı ve ilerleme arttırılarak yüksek üretim hızı sağlanabilmektedir.(Malakooti,et al,1975)

Kaplamalı sert metal uçlarda bulunan, başlıca kaplama katlarını şöyle sıralıyabiliriz:

1) TIC (titan karbür)

Çok sert (sert metalin 2.5-3 misli sertlikte) bir kaplamadır. Dolayısıyla mekanik sürtünmeden gelen uç aşınmalarını (serbest yüzey aşınması) geciktirir.

2) TİN (titan nitrit)

Talaş ile sert metal uç arasında bir kayganlık yaratır ve difüzyonu önler. Aynı zamanda, termo şoklara dayanıklı bir kaplamadır.

3) Ti (C,N) (titan karbo nitrür)

TiC ve TİN arasında bir karışımdır ve kaplama sırasındaki kimyasal reaksiyonlardan, orta kat olarak kaplama katlarının bağlanması için faydalıdır.

4) Al₂O₃ (alüminyum oksit) :

Al₂O₃ 'in ısı iletkenliği çok azdır. (ancak, yumuşak olan bir kattır) Bu nedenle, termik zorlamalardan gelen aşınmaları geciktiren bir ara kattır.

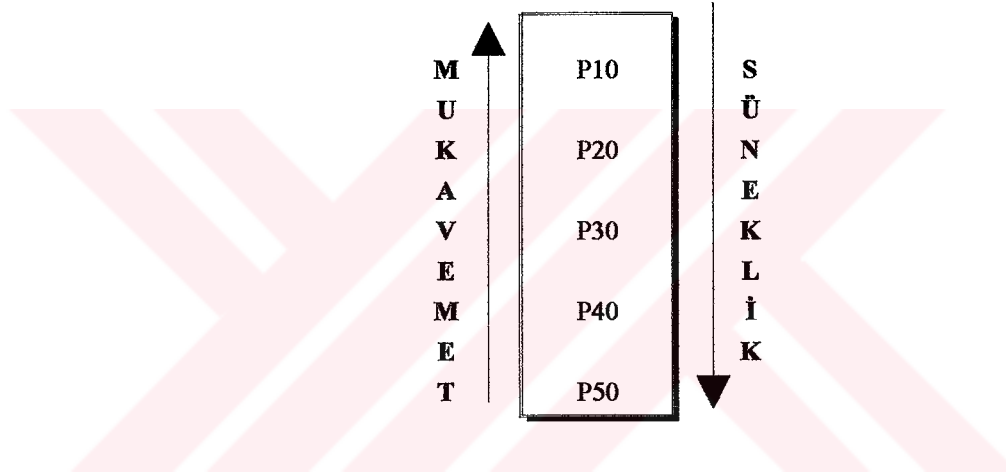
Kaplamalı sert metallerin taşıdığı özellikleri şöyle sıralayabiliriz:

- Kimyasal reaksiyonlara çok iyi dayanım gösterdiğinden, serbest yüzey aşınması, krater (talaş yüzü) aşınması ve oksidasyon aşınmasına karşı duyarlı değildir.
- Sünek yapı özellikleri ile darbeli çalışmalarda, kesintili olarak yapılan talaş kaldırma işlemlerinde üstün bir performans sağlarlar.
- Yüksek sıcaklıklarda sertliğini kaybetmez.
- Termal şoklara karşı mukavimdir.
- Kaba işlemlerden hassas işlemlere kadar geniş bir çalışma sahasına sahiptir.(Böhler Teknik Bülten No:9,1993)

1.2.3.3.3 Sert Metallerin Kullanım Alanları. (Kalite seçimi)

Talaş kaldırma sureti ile şekillendirmede kullanılan sert metaller, ISO tarafından uygulama sahalarına göre üç ana talaş kaldırma grubunda toplanmış ve bu gruplar P-M-K harfleri ile belirlenmişlerdir.

Gruplar içerisinde kalite dağılımları, en yüksek aşınma mukavemeti, dolayısı ile en düşük sünekliği gösterenin, en küçük rakamla gösterilmesi sureti ile yapılmıştır. Rakamlar büyüdükçe, aşınmaya dayanıklılık azalmakta, süneklik artmaktadır.



Şekil 1.18: ISO Talaş Kaldırma grubunda Mukavemet-Süneklik İlişkisi

P grubunun tanıtma rengi mavidir. Bu gruptaki sert metaller, wolframkarbür ve kobalt'ın haricinde titan ve tantal karbürler de ihtiva eder. Bu sebeble ısınmadan dolayı aşınmayı önleyici vasıfları yüksektir. Bu özellikleri bilhassa, çeliğin yüksek kesme hızlarında ve büyük ilerleme değerinde uzun müddet işlenebilmesini sağlar. Çeliğin haricinde, çelik döküm ve uzun talaş bırakan temper döküm, P grubu sert metalleri ile işlendiğinde iyi netice alınır. **Tablo 1.5'**de bu grubun özelliği verilmiştir.

Tablo 1. 5 : P grubu Sert Madenlerin Özellikleri

ISO TALAŞ KALDIRMA GRUBU			BÖHLER
P Çelik,çelik döküm ve Uzun talaş bırakan temper döküm	P05	Aşınma Mukavemeti   Süneklik	SB10
	P10		
	P15		SB20
	P20		
	P25		SB30
	P30		
	P35		SB40
	P40		
	P50		SB50

Tablo 1.6 : M Grubu Sert Metallerin Özellikleri

ISO TALAŞ KALDIRMA GRUBU			BÖHLER
M Çelik Döküm,ostenitik çelikler Mangan sert çeliği, otomat çeliği,alaşımli gri döküm	M10	Aşınma mukavemeti   Süneklik	EB10
	M20		EB20
	M30		EB30
	M40		EB40

M grubunun tanıma rengi sarıdır.Bu grup, wolframkarbür ve kobalt'ın dışında az bir miktar titan ve tantal karbür ihtiva eder.Bu nedenle çok yönlü bir kullanım sahası vardır.Isınmadan ve sürtünmeden dolayı aşınmaya karşı mukavimdirler.Aşınma özellikleri P ve K grupları arasındaki M grubu sert metaller,en çok mangan ,sert

çeliği, ostenitik çelikler (krom-nikelli, alaşımlı çelikler) ve yumuşak otomatlı çeliklerden talaş kaldırmak için kullanıldığında iyi netice verir. (Tablo 1.6)

K grubunun tanıma rengi kırmızıdır. Kaliteler, genellikle wolfram karbür ve kobalt'dan oluşmaktadır. Wolframkarbür çok yüksek ısılar meydana gelmedikçe, sürtünmeden dolayı aşınmaya karşı dayanıklıdır. Kobalt ve wolframkarbür arasındaki iyi bağın, kenar dayanıklılığı ve basınç mukavemetini artırdığından hem sert, hem yumuşak ve hemde sünek malzemelerin işlenmesinde iyi neticeler verir. Bu grup sert metaller, genellikle talaş bırakan, sert döküm, demir döküm ve sertleştirilmiş çelik ve demir olmayan metaller için kullanılır. (Tablo 1.7)

Tablo 1. 7 : K Grubu Sert Metallerin Özellikleri

ISO TALAŞ KALDIRMA GRUBU			BÖHLER
K Sert döküm, demir döküm kısa talaş bırakan temper döküm sertleştirilmiş çelik, demir olmayan metaller, plastik vb.	K01	Aşınma mukavemeti ▲	HB01
	K05		HB05
	K10		HB10
	K15	▼ Süneklik	HB20
	K20		HB30
	K30		HB40
	K40		

Kısaca sıralamak gerekirse sert metal ile işlenen malzemeler sırası ile şunlardır:

1. Düşük karbonlu ve alaşımlı çelikler
2. Takım çelikleri
3. Isıl işlem görmüş çelikler
4. Temper döküm

5. Paslanmaz çelikler
6. Alaşımli dökme demir
7. Manganlı çelikler
8. Otomat çelikleri
9. Dökme demir
10. Alüminyum
11. Bronz, prinç, plastik, lastik vb.

1.2.3.4. Kesme Seramikleri

Kesme seramikleri, Al_2O_3 gibi ateşe dayanıklı malzemelerden, toz metalürjisi ile imal edilmiş olan takımlardır. Yüksek sertliğe sahip, yüksek sıcaklığa ve aşınmaya karşı dayanıklı olan ve yüksek kesme hızlarında kullanılabilen bu malzemelerinde darbe ve eğilme mukavemetleri çok düşüktür. (Özgürler, 1988)

Kesme Seramikleri iki temel grupta incelenir.:

1) Soğuk Preslenmiş Seramikler: (Arı Seramikler)

Bunlar açık renkleri dolayısıyla, beyaz seramik olarak da adlandırılırlar. % 99 oranında Al_2O_3 'den oluşurlar. Toz halindeki tanecikler yüksek basınç altında preslenir ve yüksek sıcaklıkta sinterlenir. (Linberg, 1984)

Bunların en önemli özellikleri ve kullanım alanları şöyle verilebilir.

- Açık renklidirler.
- Yüksek sıcaklıklarda, yüksek aşınma dayanımı gösterirler.
- Termal şoklara karşı duyarlıdırlar.

Kullanım Alanları:

Kır Dökme Demir

Küresel Grafitli Dökme Demir (Sertlikleri 400 HB'ye kadar)

Temperlenmiş Dökme Demir

Sementasyon Çelikleri (Çekme Dayanım Değeri 1600 N/mm², 48 HRC)

Islah Çelikleri

2) Sıcak Preslenmiş Seramikler. Bunlar ise koyu renklerinden dolayı siyah seramik olarak adlandırılırlar. Alüminyum oksidin, titanyum karbid ile karıştırılmasından elde edilir. Siyah seramikler genellikle 235 Brinell sertliğinin üzerindeki ökmeye demirlerin ve 34 -66 HRC arasındaki çeliklerin işlenmesinde kullanılırlar. Bu tür kesme malzemeleri yüksek sıcaklıklarda başarı ile kullanım alanı bulabilirler. Nikel bazlı alaşımlar ise karbidlere göre 6 kat daha fazla kesme hızında kullanılırlar. (Hoshi, 1980)

Karışık seramik olarakta bilinen bu maddelerin kullanım alanları: (Özgürler, 1986)

Kır Dökme Demir

Küresel Grafitli Dökme Demir (Sertlikleri 700 HB'ye kadar)

Temperlenmiş Dökme Demir

Sert Dökümler

Hız çelikleri

Islah Çelikleri (Çekme Dayanımı 2400 N/mm², 64 HRC' ye kadar)

Yüksek alaşımlı Çelikler

Seramik kesicilerin taşıdığı özellikleri şu şekilde sıralayabiliriz:

1. Kimyasal reaksiyonlara karşı çok iyi bir dayanım gösterdiğinden aşınma ve oksidasyona karşı duyarlı değildir.

2.Yüksek sertliği ve aşınmaya dayanıklılığı yüzünden özellikle yüksek kesme hızlarında dökme demir ve sertleştirilmiş çeliğin işlenmesinde üstün bir performans sağlarlar.

3.Düşük gerilim dirençleri nedeni ile darbeli çalışmalarda kırılabilirler.Bu nedenle yüksek kesme hızları ile çalışabilen yüksek devirli tezgahlarda kullanılabilirler.

4.Alüminyum malzemeye karşı çok duyarlıdır.Seramik ve alüminyum arasındaki reaksiyon ve bağ nedeni ile seramik kesiciler,alüminyum alaşımların işlenmesi için uygun değildir.

5.Kaba talaş kaldırma işlemlerinde kolaylıkla kırılabilirler. Bu nedenle son yüzey bitirme işlenmesinde tavsiye edilmezler.(Böhler Sert Maden Teknik Bülten No:9)

1.2.3.5.Elmaslar

Elmas kesici takım malzemesi olarak talaş kaldırma tekniğinde çok geniş bir alanda kullanılmaktadır.Elmasla son işlemleri yapılacak olan iş parçalarının hız çeliği veya sert maden kesici takımlarla ön işlemleri yapılarak hazırlanmış olmaları gerekmektedir.

Elmas malzeme,doğal halde bulunan malzemeler arasında en sert olanıdır. Sıcaklığa ve aşınmaya karşı çok dayanıklı olması rağmen oldukça kırılgan ve pahalı bir malzemedir. Parlatma, lepleme,taşlama, kesme, tornalama ve delme işlemlerinde kullanılır.(Özgürler,1986)

Elmas kesici takımların taşıdığı özellikleri kısaca şu şekilde sıralayabiliriz:

1.Aşınmaya karşı çok mukavimdir.

2.Yalnızca demir olmayan ve aşındırıcı metalik olmayan malzemelerin işlenmesinde kullanılabilirler.Bu malzemeler; Alüminyum, pirinç, bakır, kurşun alaşımları vb.

3.Özelikle alüminyum alaşımların işlenmesinde 1800 m/dk.değerine kadar çok yüksek kesme hızlarında çalışabilirler.

4.Takım ömürleri çok uzundur.(Schneider,1989)

Bu bölümde açıklandığı gibi kesici takım malzemelerin seçimi karmaşık bir konudur. Özel bir seçim için iyi bir bilgi birikimi ve deneyim gerektirir.Böyle bir seçim için farklı kesici takım malzemelerinin sunmuş olduğu avantajlar ve optimizasyonlar konusunda bir çalışma yapılmalıdır.

1.2.4. İşlenen Malzemenin Özellikleri (İşlenebilirlik) :

Bir malzemenin kesici takım tesir ettirilerek şeklinin ve yüzey yapısının değiştirilme kabiliyetine, malzemenin talaş kaldırma suretiyle işlenebilme kabiliyeti denir.Diğer bir deyişle, işlenebilirlik, takım ömrünün bitmiş yüzey kalitesinin ve tüketilen tezgah gücünün gözönüne alınarak bir metalin işlenmesidir.(Shaw, 1987).

Malzemelerin işlenebilirliği;

1.Kimyasal yapısına,

2.Atomik yapısına,

3.Takım malzemesi ile uyuşmasına bağlıdır.

Demir, alüminyum, titanyum, nikel, kobalt, bakır ve bunların alaşımlarının işlenebilirlik özellikleri, ana metalin kimyasal ve fiziksel özelliklerine bağlı olarak farklılıklar gösterir.Ayrıca kullanılan kesici takım malzemesine bağlı olarakta, farklı işlenebilirlik oranlarına bağlı olarakta farklı işlenebilirlik oranlarına sahiptir.İşlenen tüm malzemeler üç grupta toplanabilir.

1) Kolay işlenebilir malzemeler (alüminyum ve bakır alaşımları)

2) Çelik ve dökme demir

3) Zor işlenebilir metaller

Bunun yanısıra talaş kaldırmak suretiyle işlenecek malzemelerde bulunması gereken özellikleri de şu şekilde gruplandırabiliriz.

- Kullanılacak kesici takım ömrünün uzun olması
- Kesici takımın sabit bir dayanma zamanına karşılık, yüksek kesme hızlarında çalışılmasına olanak sağlaması,
- Talaşlı işlem için gerekli tezgah gücünün minimum değerde olması,
- Küçük yapıda talaş çıkartarak, işlenen yüzeylerin kontrolünü kolaylaştırması,
- Makro ve mikrogeometrik yüzey ölçü ve hassasiyet derecesinin yüksek olabilmesi.(Gökçen,1988)

Tüm bu özellikleri sağlayan malzemelerin, tam işlenebilir özellikte olduğunu söylemek mümkündür.Örneğin; A malzemesinin B malzemesinden daha iyi işlenebilirliğe sahip olduğu söyleniyorsa, buradan A malzemesinin daha düşük takım aşınmasına yol açtığı, daha iyi yüzey kalitesine sahip olduğu ve daha az tezgah gücü gerektirdiği anlamı çıkartılabilir. Son işlemde, takım aşınması ve yüzey kalitesi en önemli faktördür.Kaba işlemlerde dahi takım aşınması, hatta gerekli tezgah gücü önemlidir.

Şunu da hemen belirtmek gerekir ki, işlenebilirlik olarak belirlediğimiz herhangi bir durumun uygulanabilirliği, ancak bir takım şartların sağlanmasıyla oluşan olaylar kümesine bağlıdır. Örneğin; A malzemesi belirli şartlar altında B malzemesine göre daha iyi bir yüzey kalitesi verirken, sözgelimi farklı takım malzemesi kullanılarak oluşturulan diğer bir ortam şartında durum tam tersine dönebilir yani B malzemesi ile daha iyi bir yüzey kalitesi elde etmek mümkün olabilir.Benzer durum işlenebilirliğin diğer bir kısıtı içinde söz konusu olabilir.Bu da takım aşınma oranı ve tüketilen tezgah gücüdür. Durumu biraz daha karmaşık bir hale getirirsek şöyle bir örnek verebiliriz. Farzedelim ki takım aşınma oranı baz alınarak seçilen belirli malzeme gubu tezgaha işlenmek üzere yerleştirilmiş olsun, eğer bitmiş yüzey kalitesi ve gerekli tezgah gücü kısıtları da gözönüne alınırsa bu malzeme grubunun farklı sıralarda yerleştirilmesi gerekir.(Boothroyd,1965)

Malzemelerin işlenebilirliklerini karşılaştırmak için, yıllardan beri çok çeşitli çalışmalar yapılmış ve işlenebilirlik indeksi denilen bir oran bulunmuştur. Ürünlerin işlenebilirlik oranlarını kontrol etmek için çeşitli testler uygulamak zorunda olan çelik üreticileri için, bu tür bir indeksin kullanılması sonuçların daha anlamlı olmasını sağlamıştır. Yüksek verimliliğe ulaşmak zorunluluğu dolayısıyla metal kullanıcıları, işlenen malzemelerin işlenebilirlik karakteristikleri ile oldukça ilgilenir hale gelmişlerdir.(Williams,1991)

Bu açıklamalardan sonra işlenebilirliğin aşağıda verilen kriterlerin bir kombinasyonu olduğu söylenebilir.Ancak sadece bunlarla da sınırlı olmadığını eklemek gerekir:

1. Takım ömrü
2. Kesme kuvvetleri ve güç
3. Yüzey kalitesi
4. Talaş yapısı ve şekli
5. Kesilen malzeme oranındaki sınırlama

Malzemelerin talaş kaldırmak suretiyle işlenme özelliklerinin belirlenmesinde bazı kriterler gözönüne alınır. Bu kriterleri kısaca açıklamak gerekirse;

- **V 60** :Sabit takım malzemesi, takım yapısı ve talaş kesidi için kesici takımın bir saatlik dayanma zamanına karşılık gelen en yüksek kesme hızı değeridir.

- **Kesme Kuvvetleri**: Sabit takım yapısı, talaş kesiti ve kesme hızı için kesici takım ağızına tesir eden kuvvetler,

- **Kesme Sıcaklıkları**: Sabit takım yapısı, talaş kesiti ve kesme hızı için, malzemenin işlenmesi esnasında kesici takım ağızında meydana gelen sıcaklıklar.Bu sıcaklıklar malzemenin malzemenin işlenme özelliklerin belirlenmesinde esas teşkil eder.Çünkü, kesici takımın kesme özelliklerini koruyabilmesi, kesme hızı, soğutma ve yağlama sıvıları gibi faktörlerin tesbiti için önemlidir.(Gökçen,1988)

1.2.5.Takım Tezgahı

Talaş kaldırma işlemlerine tesir eden en önemli faktörlerden biri de kullanılan takım tezgahıdır. Tezgahın durumu işlenen yüzey kalitesini malzemenin işlenebilirliğini önemli ölçüde etkiler.Ayrıca işlenebilirlik ekonomisi yada ekonomik kesme şartlarının sağlanmasında en önemli faktörlerden biridir.Tezgahın tahrik mekanizmaları, devir sayıları, iş milleri, kesme-soğutma sıvısı donanımları, yüksek kesme hızlarında çalışmaya uygun olmalıdır.Bitmiş yüzey kalitesinde istenilen hassasiyetin elde edilmesi , oldukça rijit, ağır ve titreşimsiz tezgah gövdelerini zorunlu kılar.

Talaş kaldırma işlemlerinde olabildiğince titreşime neden olmamak, hatta titreşimin oluşmasını engelleyici önlemler almak gerekmektedir.Bu da takım tezgahlarında rijitlik sorununu beraberinde getirir. Aksi taktirde takımın kendisinde kırılmalar olabileceği gibi,iş parçasında da yüzey ölçü, şekil bozukluğu gibi istenmeyen durumlar ortaya çıkabilir.Titreşimin nedenleri iki ana grupta toplanabilir:

- Dışardan gelen zorlamalarla oluşan titreşimler: Zemin bozuklukları, arızalı motorlar, tezgah motorları vb.

- Talaş kaldırma sırasında kesme koşullarının hatalı seçimiyle oluşan titreşimler:Bunlara örnek vermek gerekirse işlenecek parçanın çok ince ve uzun olması, takım boyutlarının gereğinden küçük seçilmesi, uçlardaki köşe radyuslarının büyük olması, yüksek ilerleme değerleri, iş parçası ve takımın rijit bir şekilde bağlanmaması vb.(Böhler Teknik Bülten,No:15)

Bu nedenlerden dolayı takım tezgahının rijitliğinin bozulması tehlikesi vardır.Bu da ancak en doğru kesme koşullarının seçilmesi ile giderilebilir.

Talaş kaldırma işleminde, işlenen malzemelerin ve kesici takım malzemelerinin geçirmiş olduğu ilerlemeye ve yüksek kesme hızlarında çalışmanın zorunlu olması sebebiyle tezgah güçlerinin de artırılması gerekmiştir.

Gerek kesici takım malzemelerinde ki gelişme, gerekse yüksek verimde, optimal kalite de çalışma zorunluluğu takım tezgahlarında da devrim

yaratmıştır.Nümerik kontrollu takım tezgahlarının devreye girmesi ile verimlilik ve hassasiyette optimallik sağlanmıştır.

1.2.6 Sıcaklıklar

Metallerin işlenmesinde,takımın temas ettiği noktada yüksek sıcaklıklar oluşur.Bu sıcaklıklar, kesici takımın aşınmasının kontrolünde ve talaş ile takım arasındaki sürtünme olayında önemli etkiye sahiptir.Bu nedenle takım, talaş ve iş parçasındaki sıcaklıklarının tespitine büyük bir önem verilmektedir.(Zorev,1975)

Talaş kaldırma işleminde harcanan güç, büyük oranda takımın kesici takımın ağzında ısıya dönüşür ve ısınmadan dolayı ekonomik ve teknik pekçok problem doğrudan ya da dolaylı olarak kendini gösterir. İşleme maliyeti daha öncede değinildiği gibi, kaldıran talaş oranına bağlıdır.İşleme maliyetini düşürme için, kesici takım hızının artırılması ya da ilerleme değerinin artırılması düşünülebilir.Ancak burada da, hem kesme hızı, hemde ilerleme değerinin artırılmasının kesici takım ömrünü kısıltacağı gerçeği gözardı edilemez.İşlenen malzeme alüminyum yada magnezyum gibi kolay işlenen bir malzeme ise, bu durum temel bir kısıt olmaktan çıkar. Kesme işlemindeki problemler özellikle, çelik, dökme demir ve nikel alaşımlı elementlerin işlenmesinde kendisini gösterir. Bu metallerin ve alaşımların yüksek erime noktaları sebebiyle, takımlar talaş kaldırma oranı artıkça yüksek sıcaklıklara kadar ısınır ve kritik hızın üzerine çıkıldığında, takım bu basınç ve sıcaklık dolayısıyla kısa bir süre sonra bozulma eğilimine girer.Sıcaklığın kesme işleminde oynadığı rol ilk olarak F.W.TAYLOR'un " Metal İşleme Sanatı" adlı makalesinde konu edilmiş ve bu makale yüksek hız çeliklerinin geliştirilmesinde ilk adım olmuştur.(E.M.Trent,1987).

1.2.7.Kesme ve Soğutma Sıvıları

Talaş kaldırma işlemini etkileyen en önemli faktörlerden birinin, kesme işlemi esnasında meydana gelen yüksek sıcaklıklar olduğunu daha önceki bölümlerde açıklamıştık İşte bu sıcaklıklarını en kısa zamanda ve en uygun şekilde bu bölgelerden uzaklaştırılması gerekir. Aksi taktirde bu sıcaklıklar gittikçe artarak takım ömrünün azalmasına, iş parçasının bozulmasına ve boyutlarının bozulmasına yol açar. Bu gibi olumsuz etkilerinin minimum düzeyde tutulması ya da ortadan kaldırılması için en etkin yol kesme ve soğutma sıvılarının kullanılmasıdır.Bu sıvıların çoğu mineral ya da bitkisel

bazıdır. Bunlar içerisinde en çok kullanılanları mineral bazlı olanlardır. Bu yağlardan bir kısmı su ile emülsiyon oluşturularak kullanılırlar. Genel olarak su ve yağ emülsiyonu soğutma olayının ilk amaç olduğu işler için kullanılır, çünkü bu tür emülsiyonların soğutma kabiliyeti saf yağlardan daha fazladır. Takım tezgahlarının % 90'ında bu emülsiyonlardan faydalanılır. Saf yağlar ise, yağlamanın önemli olduğu, düşük hızlarda yapılan vida açma işlemlerinde ve broşlamada kullanılır. (Production Equipment Series;1985)

Bu bilgilerden kısaca şu sonucu çıkarmak mümkündür.

1.Yüksek kesme hızlarının gerekli olduğu işleme operasyonlarında "soğutma" en önemli faktördür. Bu nedenle su bazlı sıvıların kullanılması gerekmektedir.

2. Düşük kesme hızlarında çalışılacak kesme operasyonlarında ise ilk amaç yağlamadır. Dolayısıyla burada kesme sıvılarının yağlama fonksiyonu öne çıkar. (Shaw,1987)

Kesme sıvılarının uygun bir şekilde seçilmesi ve uygulanması bu avantajların yanında, talaşlı imalat maliyetini de olumlu yönde etkiler. Kesme sıvılarının üretime olan katkılarını şu şekilde açıklayabiliriz:

1.Takım maliyeti düşer; Kesme sıvılarının metal işleme operasyonlarında kullanılması, takım aşınmasını pozitif yönde etkilemekte, kesici takım ömrünü artırmaktadır. Dolayısıyla kesici takım daha uzun sürelerde kullanılmakta, gerek lehimli takımlarda yeniden bileme, gerekse değiştirilebilir uçlu takımlarda uç değiştirme zamanları uzamaktadır.

2.Üretim hızı artar: Kesme sıvısı sürtünmeden dolayı ortaya çıkan ısının kontrolünü sağlamaktadır. Bu da çok yüksek kesme hızlarında çalışmaya imkan vererek üretim hızını artırır.

3.İşçilik maliyeti düşer: Kesme sıvılarının kullanılması ile takım maliyetinin düşüğünü ve üretimin artması parça başına düşen işçilik maliyetini artırır.

4.Güç sarfiyatı azalır: Kesme sıvısı soğutma ve yağlama özelliği ile ısı oluşumunu kontrol ederken sürtünmeyi ortadan kaldırır ve kolay talaş kaldırılmasını sağlar.Dolayısıyla, işlem sırasında makina daha az güç sarfeder.(Böhler Teknik Bülten No:12) . Kesme Sıvılarının seçiminde, şu özelliklerin bulunması gerekmektedir:

1.Yüksek soğutma ve yağlama kabiliyeti yanında düşük viskoziteye sahip olmalıdırlar.Bu sayede sıvıların, iş parçası, takım ve talaş arasında kolay nüfuz etmeleri sağlanır.

2.Kullanım esnasında katılaşmamalı ve iç yapılarını değiştirmemelidirler.

3.İyi ıslatabilme ve ısı iletim özelliğine sahip olmalıdır.

4.Pas tutmamalıdırlar.Yan kesici takım ve iş parçası üzerinde korozyona neden olmamalıdırlar.

5.Çalışma esnasında insan sağlığına zararlı köpük, koku vs. oluşturmamalıdırlar.(Gökçen,1988).

Sonuç olarak, kesme hızlarının kullanılmasındaki esas amacın, birim parça başına düşen maliyeti azaltmak ve birim zamanda üretilen parça sayısını artırmak olduğu söylenebilir.

Soğutma ve yağlama olarak iki temel fonksiyonu olduğunu belirttiğimiz, kesme sıvılarını dört grupta inceleyebiliriz:

1.Yağlar

2.Çözünebilir yağlar

3.Yarı-sentetik yağlar

4.Sentetik yağlar

Her grupta kendine özgü avantajlara sahiptir.Örneğin mineral bazlı yağlar,mükemmel bir yağlama ve korozyon kontrolü sağlar ancak soğutma özellikleri çok azdır.

Çözünebilir yağlar ya da emülsiyonlar % 30'dan fazla yağ içeren işleme sıvılarıdır.Su ile seyreltilerek oluşturulurlar.Korozyon önleyici, katkıları içerirler fakat aşırı basınç katkıları yoktur. Su ile oluşturulan bu emülsiyonlar yağlama ile soğutucu görevini de görür. Ancak emülsiyondaki suyun varlığı, korozyon önleyici katkıların konulmasını zorunlu kılar.(Williams,1991)

Yarı-sentetik kesme sıvıları genellikle % 5-30 arasında mineral yağ içerir.Bu tür ürünler genellikle çözünebilir yağlardan daha temizdir ve dayanma ömrü daha fazladır.

Sentetik işleme sıvıları ise, yağ katkısız emülsiyon tipi olduklarından daha kompleks bir yapıya sahiptir. Emülsiyon, petrol bazlı olmayan sentetik yağlar ile oluşturulurlar.Bu tür sıvılar, geleneksel yağlardan daha iyi yağ katkılarına sahiptirler.(Wedder,et.al,1991) Bunlar iyi bir soğutma özelliğine ve paslanma kontrolüne sahiptir.

1.3.Ekonomik Kesme Şartlarının Belirlenmesi:

Takım tezgahlarındaki otomatikleşme düzeyi yükseldikçe, kesici malzeme ile iş parçası malzemesinin gelişen özelliklerine bağlı olarak zaman zaman talaş kaldırma parametrelerinde düzeltilmeler yapmak gerekir.1040'lı yıllarda 4-8 saatlik ömür süreleri hedef alınırken, 1960' lı yıllardan başlayarak yükselen tezgah ve tesis maliyetlerine bağlı olarak bu görüş değişmiş ve 60 dakikalık ömür süreleri daha ekonomik duruma geçmiştir.Günümüzde ise kuruluş ve işçilik maliyetleri daha da yükselmiş olduğundan, buna karşılık kesici takım maliyetleri sürekli düştüğünden optimum ömür süreleri 10-20 dakika arasında bulunmaktadır.Sermaye yoğun takım tezgahlarında ömür sürelerinin kısaltılması gereği ancak maliyet ilişkileri gözönüne alındığında açıklanabilir.Düşük kesme koşulları ve yüksek ömür süreleri, az sayıda takım değişimi ve düşük takım maliyetine neden olurlar.Diğer yönden işlem süreleri çok uzun olurlar.Dolayısıyla yüksek işçilik ve tezgah maliyetleri oldukça yükselirken, takım ve takım değiştirme maliyetleri çok düşük bir hızla artmaktadır.

Talaş kaldırma işlemlerinde, kesme koşulları (kesme hızı, ilerleme derinliği değerleri), kaldırılan talaş miktarı değerini direkt olarak belirler.Bu nedenle kesme koşullarının yapılan işlemin verimliliğine ve maliyetine olan etkileri çok büyüktür.

Kaldırılan talaş miktarının artırılması ile parça başına düşen işleme zamanı da aynı oranda azalacaktır ve neticede daha az zamanda daha çok parça üretilerek, parça başına düşen maliyet azaltılmış olacaktır.Örneğin; kaldırılan talaş miktarının iki misli artırılması, işleme maliyetini de yaklaşık % 50 azaltır.Ancak kaldırılan talaş miktarının fazla artırılması, takım ömrünü düşürücü etki yapacağından kesici takım ve takım değiştirme maliyetini de artıracaktır.Bu nedenle hem maksimum üretimi yakalamk, hem de işletme maliyetlerini minimumda tutmak için, kaldırılan talaş miktarı ile takım ömrü arasındaki bağlantı optimize edilmeli ve uygun bir çözüme varılmalıdır.

Günümüz rekabet koşullarının bir gereği olarak kesme şartlarının potimizasyonu çok önemlidir.Bu bölümde optimizasyonun anlamı açıklanacak ve son bölümde yapılacak uygulama ile bu konu pekiştirilecektir.

1.3.1.Kesme Değerinin ve Kesme Şartlarının Talaş Kaldırma işlemlerindeki Önemi:

Talaş kaldırma işlemlerinde, talaş kaldırma miktarını ve takım ömrünü genellikle kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliği değerlerinin değişkenliği ayarlamaktadır.Bu konuda etkili olan diğer faktörleri de, iş parçası ve malzemesi, kesici uç veya takım malzemesi, kesici takım geometrisi, makina gücü ve rijitliği olarak sıralamak mümkündür.Bu değişkenlerden, kesme hızı normal olarak takım ömrünü etkileyen en büyük etmendir.Çünkü kesme hızı daha önce açıkladığımız, kesme sıcaklıklarının oluşmasında birincil önem taşır.Çok yüksek kesme hızlarında çok yüksek talaş kaldırma değerlerine ulaşıldığı bir gerçektir.Ancak bunun yanı sıra erken oluşacak kesme kenar aşınmalarının neden olduğu, uç değiştirme ve ayarlamalar için harcanan zamanın (makina durma zamanı) artacağı gözönünde tutulmalıdır.(Böhler Teknik Bülten No:17)

Kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliği değerlerinin yükselmesi, kaldırılan talaş miktarını artırır, aynı şekilde bu değerlerden birinin düşmesi, diğer sabitlere bağlı olarak kaldırılan talaş miktarını azatmaktadır.Kesme koşullarından birisinin, diğer iki parametre aynı kalmak üzere eşit oranlarda artırılması, kaldırılan talaş miktarını da eşit oranda artırır.Bir başka deyişle, kesme hızının % 25 artırılarak, ilerleme

ve kesme hızı değerlerinin sabit bırakılması kaldırılan talaş miktarını % 25 artıracaktır.(Böhler Teknik Bülten No:26). Tüm bu açıklananlardan şu sonucu çıkarmak mümkündür:Kesme koşullarının (kesme hızı,ilerleme ve kesme derinliği) kaldırılan talaş miktarı ile orantılı olması gerekmektedir.

Uygulanan değerlerin gerekli üretimi sağlamadığı ve kesme kenar dayanımının artırılmasının gerekli olduğu hallerde, kesme değerlerinin düzenlenmesinin yanısıra diğer şartlarında gözönünde tutulması ve ona göre önlemler alınması gerekmektedir.

1.3.2.İşleme Ekonomikliği

Ekonomiklik teriminden genellikle maliyetlerden bir tasarruf ya da düşüş sağlama anlamı çıkartılır.Aslında burada yanlış anlaşılan bir noktaya dikkat çekmek gerekmektedir.Aslında, üretim ekonomisinden anlaşılması gereken, kaynaklardan en iyi şekilde faydalanmanın yolunu araştırmaktır. Bu kaynaklar, malzeme, işçilik, takım olarak düşünülebilir.

Günümüz endüstrisi ve rakabet şartları gözönüne alındığında, işleme amaçları şu şekilde sıralanabilir:

- Yüksek ürün kalitesi
- Kısa üretim zamanı
- Düşük üretim maliyeti

Toplam üretim maliyeti içinde takımın çok az bir yer tutmasına rağmen,en büyük etkiye sahip olduğunu söylemek mümkündür.Bu nedenle maliyetler içerisinde takım kontrolü ve takım ömrü konularına geniş yer verilecektir.Üretim maliyetleri içerisinde takımın etkisini somutlaştırmak istersek doğru takım seçimi ve kullanımı toplam üretim maliyetini %20 azaltacağını söyleyebiliriz..(Sandwik, Turning Guide, 1985) Günümüzde oldukça gelişen takım malzemelerinin kullanımı, üretim maliyetleri üzerinde diğer bütün değişkenlerden daha büyük bir etkiye sahiptir. Modern kesici takımların optimum kullanımı ve seimi üretim maliyetlerinin azaltılmasında anahtar rolü oynar.İşleme maliyetlerini oluşturan faktörler şunlardır:

Takım Tezgahları: Takım ve teçhizatın optimize edilmesiyle takım tezgahlarından elde edilen ürünlerin geliştirilmesi, tezgahlardan faydalanma düzeyini artırmıştır. Böylece yatırım maliyetlerinin azaltılması, tezgah kapasitelerinin maksimum kullanımı, yatırımların geri dönüş zamanlarının kısaltılması gibi avantajları beraberinde getirmiştir. Yeni bir tezgah yatırımına girişmeden önce, mevcut tezgah verimliliğini modern takımların kullanılmasıyla artırma yolu da araştırılmalıdır.

Malzeme: Takımların en önemli faktör olduğu üretim şartlarında, malzemeye daha az para bağlama eğilimi vardır. Grup olarak kullanılan kesici takımlar gibi yeni kesici takımların kullanılmaya başlanması ile malzeme akışı hızlandırılmış, birim zamanda üretilen parça sayısı artırılarak toplam üretim zamanında bir düşüş sağlanmıştır. İşleme maliyetlerini düşürmenin en çabuk ve ucuz yolu, iyi işlenebilirlik özelliğine sahip iş parçası malzemelerinden dizayn edilen ürünlerin standart takımlara adapte olacak şekilde işlenmesidir.

İşçilik: İşleme maliyetini oluşturan diğer bir faktör ise işçiliktir. Ancak, modern takımların ve ekipmanların kullanılması ile parça başına düşen işçilik maliyetinde de bir azalma sağlanacaktır.

Genel Giderler: Genel giderler içerisinde en büyük payı bina ve arazi masrafları tutar. Makinaların en verimli şekilde yerleştirilmesi ile, takım tezgahlarının sayısı, ihtiyaç duyulan alan ve bunlara bağlı olarakta genel gider masrafları azaltılabilir. (Sandvik, Turning Guide, 1985)

1.3.3. Kesme Değerlerinin Saptanması ve Optimizasyonu.

Değerlerin saptanmasında iki tür seçim söz konusudur.

•Pratik yöntem

•Hesaplama yöntemi

Kesme değerlerinin pratik olarak saptanmasında ve optimize edilmesinden değişik kaynaklardan ve çalışmalardan elde edilmiş değerlerin kullanılması anlaşılmalıdır. Bunlar; değişik normlardaki öneriler, kataloglar, kesici

malzeme üreten kuruluşların el kitapları, deney sonuçları, değişik firmalarının öneriler vb..

Çoğunlukla talaş kesitine, dayanma zamanına ve tezgaha en uygun kesme zamanına ve en uygun kesme hızı bölgesine bağlı olmaksızın iş parçası malzemelerini kabaca gruplandırarak verilen kesme değerleri, genelde ekonomik olmayan yüksek dayanma zamanlarının ortaya çıkmasına neden olurlar. Gerçeğe daha yakın deneylerin elde edilmesi ise deneysel çalışma raporlarından alınabilir.

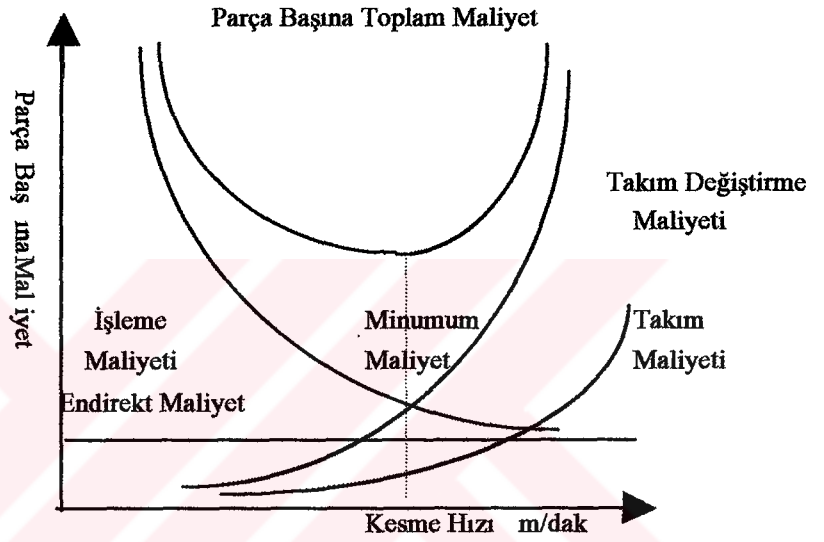
Pratik yolla kesme değerlerinin elde edilmesinde yeni bir yol ise MDC (Machining Data Center) ulusal kesme değerleri merkezidir. Bu merkez, üretim proseslerinden ve laboratuvar deneylerinden elde edilen talaşlı işleme değerlerini toplarlar ve gerektiğinde isteyen firmalara onlara uygun hazırlanmış bilgi paketi olarak geri verirler. Söz konusu bilgi bankaları elektronik bilgi işlemler yardımıyla çok geniş taramalar yapabildikleri gibi, talaşlı işlemler tekniğine etki eden bir çok parametreyi değerlendirebildiklerinden, bu güne kadar başaramamış pek çok kesme değerini kullanıcıya sunabilmektedirler.

Kesme değerlerinin saptanması ve optimizasyonunda aşağıdaki sıranın izlenmesi önerilmektedir:

- Optimum dayanma zamanı değerinin saptanması,
- Kesme derinliği a' ya bağlı olarak uygun talaş formları için ilerleme aralığı değerinin S_{min} ve S_{max} ' un saptanması,
- Optimum kesme hızı değerinin saptanması,
- Kesme kuvveti ile gerekli talaş gücünün saptanması,
- Takım tezgahının ve çevrilebilir kesici plaketi yükseksebilme sınırının saptanması. (Linberg, 1987)

1.3.3.1. Ekonomik Takım Ömrünün Bulunması

Talaşlı şekillendirme işlemlerinin maliyet hesaplamalarında kesme hızının tesiri çok önemlidir. Malzemelerin çoğu kesme hızlarının seçimi ile başarılı bir şekilde işlenebilir. Bu yüzden kesme hızları, üretim hızını maksimuma çıkartacak veya parça başına maliyeti minimuma indirecek şekilde seçilmelidir. Şekil 1.19'da kesme hızındaki değişikliklerin, parça başına toplam maliyeti nasıl etkilediği gösterilmiştir.



Şekil 1.19. Parça Başına Minimum Maliyet İçin Gerekli Kesme Hızı

Kesme hızının doğal olarak endirekt maliyet üzerinde etkisi yoktur. İlerlemeyi sabit tutarak kesme hızını artırmak, işleme zamanının azaltacak böylece işleme maliyeti azalmış olacaktır. Buna karşın kesme hızında yapılan artış takım ömrünü azaltacak ve böylece kesici takım ve takım değiştirme maliyeti artacaktır. Şekil 1.19'da görüldüğü gibi düşük kesme hızlarında çok az parça üretildiğinden işleme maliyeti çok yüksektir. Bu da parça başına toplam maliyeti artırır. Çok yüksek kesme hızlarında, sık takım değiştirmeleri gerektiğinden takım değiştirme maliyeti çok yüksektir. Parça başına toplam maliyet; işleme, kesici takım ve takım değiştirme maliyetinin minimuma indirildiği, en düşük maliyet için kesme hızının talaş kaldırma miktarını ve takım ömrünü en iyi şekilde dengelediği noktada en düşük değerine ulaşır.

Bir işletmede üretimi tanımlayan üretim oranı şu şekilde formüle edilmiştir:

$$R = \frac{60}{T} \quad (1.2)$$

$$T = T_1 + T_2 + T_3 \quad (1.3)$$

$$T_3 = \frac{T_2}{Le} \quad (1.4)$$

R = Üretim oranı (parça /saat)

T = Toplam zaman(dakika/parça)

T_1 = Endirekt zaman

T_2 = İşleme zamanı (dakika /parça)

T_3 = Takım değiştirme zamanı

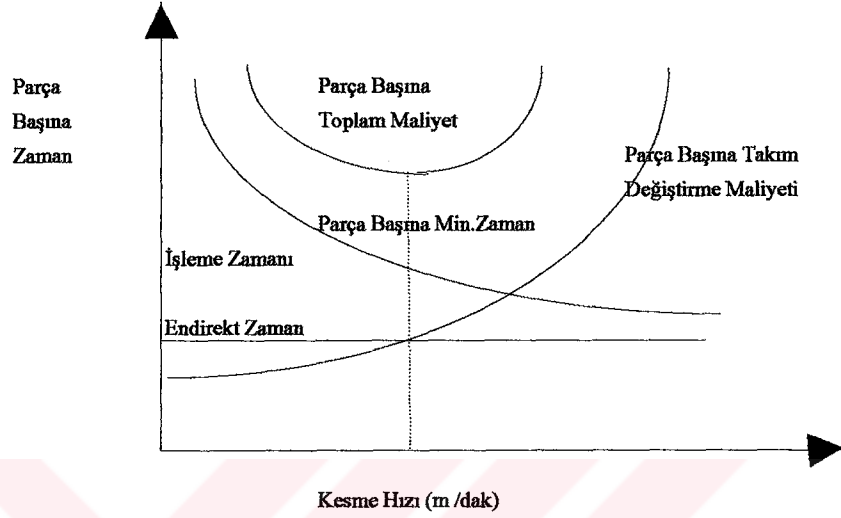
T_z = Kesici plaketter için indeksleme süresi (dakika/ kesici kenar)

Le = Plaketin kesici kenar ömrü (parça/ kesici kenar)

Bu formül metal kesme işlemi için üretim oranının nasıl tespit edileceğini göstermektedir. Parça başına takım değiştirme süresi, kesici takımı indeksleme için gerekli zamanın, indeksleme aralarında üretilen parçaların sayısına bölünmesiyle elde edilir. Bu sayı, takım değiştirme süresini her parça arasında eşit dağıtmak amacıyla amacıyla hesaplanır.Şekil 1.20' de parça başına geçen toplam sürenin, kesme hızındaki değişmelerden nasıl etkilendiği görülmektedir. Bu şekilden de görüldüğü gibi kesme hızı artırıldığında işleme zamanı azalır ve takım değiştirme süresi artar.Kesme hızı düşük olduğunda, işleme süresinin daha yüksek olmasından dolayı parça başına toplam zaman yükselir.Kesme hızı çok yüksekken, takım ömrü çok düşük olduğu için parça başına toplam süre yine yükselecektir.Çünkü takım değiştirme zamanı arttığından vakit kaybı çok olur.Parça başına toplam zamanın maksimum olduğu noktada, üretim oranının minumum olduğu görülmektedir.

Maksimum üretim oranı, işlem ve takım değiştirme süreleri toplamının minumum olduğu ve en yüksek imalat için kesme hızının talaş kaldırma miktarı ve

takım ömrünü en iyi şekilde dengelediği anda elde edilir.Şekil 1.21'de ise kesme hızı karşısında, üretim eğriler ve parça başına maliyet eğrilerinin değişimi görülmektedir



Şekil 1.20 : Kesme Hızının Üretilen Parça Başına Düşen Zamana

Etkisi

Şekil 1.21 'deki grafiktende görüldüğü gibi maksimum üretim oranı için gerekli kesme hızı, her zaman minumum maliyet için gerekli olan kesme hızından yüksektir.

En düşük parça maliyeti için gerekli olan en uygun takım ömrü şu şekilde formülize edilebilir:

$$T_e = (1/\alpha - 1) \cdot (C_t / C_m) \quad (1.5)$$

En yüksek üretim için gerekli olan en uygun takım ömrünün formülasyonu ise;

$$T_p = (1/\alpha - 1) \cdot t_T \quad (1.6)$$

Burada kullanılan terimler;

T_e : Minumum parça maliyeti için en ekonomik takım ömrü

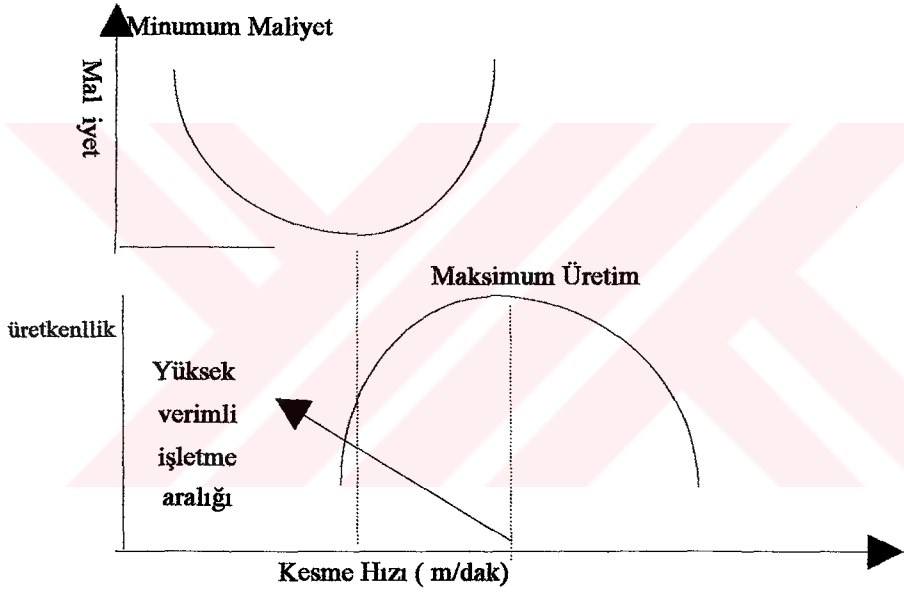
T_p : Maksimum üretim için en verimli takım ömrü

α : Taylor Sabiti

C_t : Takım masrafı /Kesme kenarı (takım değiştirme ve ayar masrafı dahil)

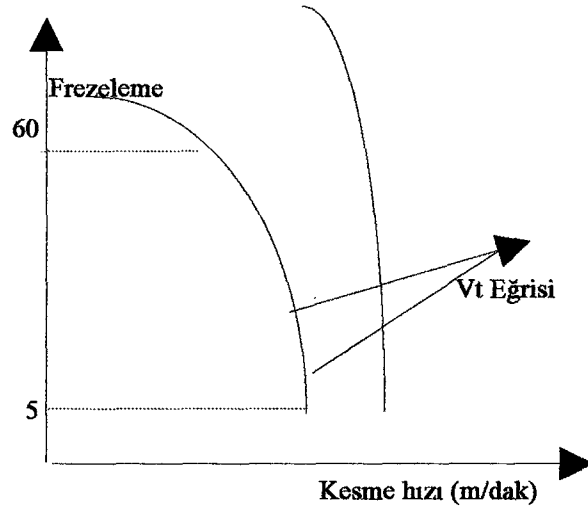
C_m : Tezgah ve ücret masrafı /dak.

T_t : Takım değiştirme zamanı



Şekil 1.21: Kesme Hızının, üretim oranı ve parça başına düşen maliyete etkisi

α Taylor denklem sabiti, kesme hızı ile takım ömrü arasındaki bağıntıdan elde edilir. Şekil 1.22'de kesme hızı ile takım ömrü arasındaki ilişkinin tornalama ve frezeleme işlemlerindeki durumu gösterilmektedir. Buradaki v_t eğrisi, kesme hızı değerine karşılık gelen takım ömrü değerlerinin logaritmik koordinat sisteminde grafiği çizilerek elde edilmiştir. Eğer kesme hızı - takım ömrü grafiği bir doğruyu gösteriyorsa α sabiti bu doğrunun eğimini temsil eder.



Şekil 1.22. Kesme hızı ile takım ömrü arasındaki ilişki.

$$\alpha = X/Y$$

(1.8)

Aslında takım ömrü ile kesme hızı arasındaki bağıntı bir doğru şeklinde değildir. Ancak pek çok durumda, önemsiz bir hata payı ile ve özellikle takım ömrünün 5-60 dakika arasında tutulabildiği durumlarda yaklaşık doğru olarak kabul edilebilir. Kesici takım malzemesine göre değişen α değerleri Tablo 1.8’de, işlenen malzemelerin tip ve sertliklerine göre değişen α Taylor sabitine ilişkin değerler Tablo 1.9’da, verilmiştir.

Tablo1.8. Plaket Malzemesinin tipine göre Taylor Sabiti değerleri

Plaket Malzemesinin Tipi	Taylor Sabiti
Kaplanmamış Sert Metal	0.25
Kaplanmış Sert Metal (titanyum)	0.30
Kaplanmış Sert Metal (Seramik)	0.40

Tablo 1.9. İşlenen malzemelerin tip ve sertliklerine göre Taylor sabiti değerleri

İşlenen malzeme	Sertlik HB	Taylor Sabiti
Alaşımız Çelik	90-130	0.20
Alaşımız Çelik	125-180	0.20
Alaşımız Çelik	180-250	0.20
Alaşımız Çelik(menevişlenmiş)	250-350	0.20
Düşük Alaşımız Çelik (normalize)	125-225	0.25
Düşük Alaşımız Çelik (Sertleştirilmiş)	220-450	0.25
Yüksek Alaşımız Çelik (Normalize)	150-250	0.30
Yüksek Alaşımız Çelik (sertleştirilmiş)	250-350	0.30
Yüksek Alaşımız Çelik (sertleştirilmiş)	250-500	0.40
HSS	HRC50-60	0.30
Paslanmaz Çelik	150-270	0.20
Çelik Döküm	100-225	0.20
Çelik Döküm	150-250	0.30
Çelik Döküm (paslanmaz)	150-250	0.25
Çelik Döküm (mangan çeliği)	200-300	0.20
Temper Döküm (Feritik)	110-145	0.20
Temper Döküm (perlitik)	150-270	0.20
Pik Döküm (Feritik)	150-220	0.20
Pik Döküm (Perlitik)	200-330	0.25

1.4.Talaş Kaldırma Hesapları

Projemin uygulama safhasında yararlanacağımız talaş kaldırma şartlarının belirlenmesiyle ilgili hesaplara başlamadan önce,bu işlemlerde kullanacağımız çeşitli amprik tarif ve formüllere göz atmak yerinde olacaktır.

1.4.1.Kesme Hızı:

Kesme hızı iş parçasının çevresel hızıdır.Birim zamanda kesici takım tezgahından geçen malzemenin aldığı yol olarakta tanımlanabilir.

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (\text{m / dak}) \quad \text{formülü ile ifade edilir.} \quad (1.9)$$

n: Ayna Devri (dev / dak)

d: İş Parçası Çapı (mm)

1.4.2 Talaş Boyutları

Talaş boyutları olarak adlandırdığımız parametreler aşağıda sıralanmıştır.

a: Kesme derinliği (mm)

s: İlerleme (mm/devir)

b: Talaş genişliği (mm)

h: Talaş Kalınlığı (mm)

Kesme derinliği (a): Takımla iş parçası arasındaki talaş derinliği olarak bilinir. Bu talaş derinliği ayarını sağlayacak olan hareket ise kesme derinliği hareketidir

İlerleme (s): Takım veya iş parçasını kesme yönüne dik olark ilerletme hareketidir. Amacı, kesme hareketini, iş parçasının diğer bölgelerine iletmektir.

Talaş genişliği (b): Uç kenarının iş parçası ile temasta bulunduğu uzunluktur.

$$b = \frac{a}{\sin \chi} \quad (\text{mm}) \quad \text{ile formüle edilir.} \quad (1.10)$$

Talaş Kalınlığı (h): Ucun kendi kenarına dik bir yönde bir devirde aldığı mesafedir.

$$h = s \cdot \sin \chi \quad (\text{mm}) \quad (1.11)$$

Bu boyutlardan gidilerek talaş kesiti;

$$A = b.h \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$= \frac{a}{\sin \chi} \cdot s \cdot \sin \chi$$

$$= a \cdot s \text{ olarak bulunur.} \quad (1.12)$$

Genelde pratik hesaplamalarda a ve s değerleri kullanılmaktadır. a ve s değerleri sabit kalmak üzere b ve h değerleri ayar açısına bağlı olarak değişir. χ küçüldükçe, b değeri büyür, h değeri küçülür. $\chi = 90^\circ$ olduğunda $a=b$ ve $h=s$ olur.

Buradan ;

a : Kesme Derinliği (mm)

b : Talaş Genişliği (mm)

h : Talaş Kalınlığı (mm)

s : İlerleme (mm / devir)

F_d :Reaktif Kuvvet (N)

χ : Ayar açısı alınarak Talaş Hacmi ve talaş ağırlığı şöyle hesaplanabilir.

$$\text{Talaş Hacmi: } V \text{ (mm}^3\text{/dak)} = A.v. \quad (1.13)$$

A : Talaş Kesiti (mm²)

v : Kesme hızı (m/dak)

$$\text{Talaş Ağırlığı: } G \text{ (Kg/mm)} = V / 1000 \quad (1.14)$$

V : Talaş Hacmi (cm³/mm)

ρ : Yoğunluk (g/cm³)

1.4.3.Kesme Kuvvetleri

Tornalama işlemi sırasında, ortaya üç tane asal kuvvet çıkar. Burada tornalama işlemindeki kuvvetlerden ve hesaplamalardan bahsedilmesinin nedeni uygulamanın tornalama işlemi için gerçekleştirilmesindendir.Tornalama işlemindeki bu üç kuvvet (N) ;

a) Kesme Kuvveti (Tanjantal Kuvvet) F_s

b) İlerleme Kuvveti F_v

c) Pasif Kuvvet (Radyal Kuvvet) F_p

Bu kuvvetler Şekil 1.23 'de gösterilmiştir.

F_z : İşleme kuvveti

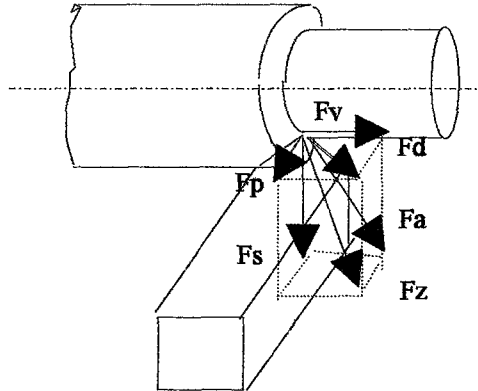
F_s : Kesme Kuvveti

F_v : İlerleme Kuvveti

F_a : Aktif Kuvvet

F_p : Pasif Kuvvet

F_d : Reaktif Kuvvet



Şekil 1.23. Kesme Kuvvetleri

Buradaki işleme kuvveti, kesme kuvveti, ilerleme kuvveti ve pasif kuvvetin bileşkesidir. Buna göre F_z aşağıdaki gibi formüle edilir.

$$F_z = \sqrt{F_s^2 + F_v^2 + F_p^2} \quad (N) \quad (1.15)$$

Reaktif kuvvet ise pasif kuvvet ve ilerleme kuvvetinin bileşkesidir.

$$F_d = \sqrt{F_v^2 + F_p^2} \quad (N) \quad (1.16)$$

Aktif kuvvet ,kesme ve ilerleme kuvvetinin bileşkesidir.

$$F_a = \sqrt{F_v^2 + F_s^2} \quad (N) \quad (1.17)$$

İşleme performansını ayarlayan esas kuvvet F_s kesme kuvvetidir.Kesme kuvveti talaş kesiti (A) ve özgül kesme kuvvetine bağlı olarak aşağıdaki gibi formüle edilir:

$$F_s = A. k_s = b.h.k_s (N) \quad (1.18)$$

k_s : Özgül kesme kuvveti

b : Talaş genişliği

h : Talaş Kalınlığıdır.

k_s katsayısı sabit bir sayı değildir. Talaş kalınlığına bağlı olarak değişir.Çeşitli kalınlıklar için hazırlanmış tablo değerleri mevcuttur.Kesme kuvveti F_s aşağıda gösterildiği şekilde de hesaplanabilir.

$$F_s = b.h^{1-z}.k_{s11}$$

$$k_s = h. k_{s11} (N/mm^2) \quad (1.19)$$

Yüzey tornalamasında, k_s katsayısını doğru bulabilmek için bu formülün önüne 1,18 faktörü konulmalıdır.

$$k_s = 1.18. h. k_{s11} (N/mm^2) \quad (1.20)$$

k_s , k_{s11} ,1-z değerleri **Tablo 1.10** 'da verilmiştir.

Kesme kuvvetleri aşağıdaki faktörlere bağlı olarak değişir:

1. Kesme Derinliği (a) : Kesme derinliği arttıkça, kesme kuvvetleri de buna bağlı olarak artar.

2. İlerleme (s):İlerleme artırıldığında kesme kuvvetleri artar

3.Takım geometrisi: Negatif açılı uçlar, pozitif açılı olanlara göre daha fazla kuvvet gerektirirler.

4.Kesme Hızı : Düzgün bir talaş akışı sağlamak ve düzgün bir yüzey elde edebilmek için optimum kesme hızlarında çalışmak gereklidir.İşte bu optimum kesme hızı değerinde çalışıldığında kesme kuvvetleri artacaktır.

5.Ayar açısı: Ayar açısı büyüdükçe, kesme kuvveti küçülür.Çünkü; paso aynı kaldığı halde, b değeri küçülmekte ve uç kenarının işe gelen kısmı azalmaktadır.(Böhler Teknik Bülten,No:17)

1.4.4.Makina Gücü Hesaplanması

Uygulamamızın torna tezgahında gerçekleştirilmesinden dolayı,bu bölümde torna tezgahları için gerekli olan güç hesaplanacaktır.Tornalama işleminde,gerekli tezgah gücü şu şekilde formüle edilebilir :

$$P = \frac{F_s \cdot v}{60 \times 1000 \times n} \quad (\text{kw}) \quad (1.21)$$

$$P = \frac{k_s \times b \times h}{60 \times 1000 \times n} \quad (\text{kw}) \quad (1.22)$$

v:Kesme hızı (m/ dak)

n: Tezgah verimi

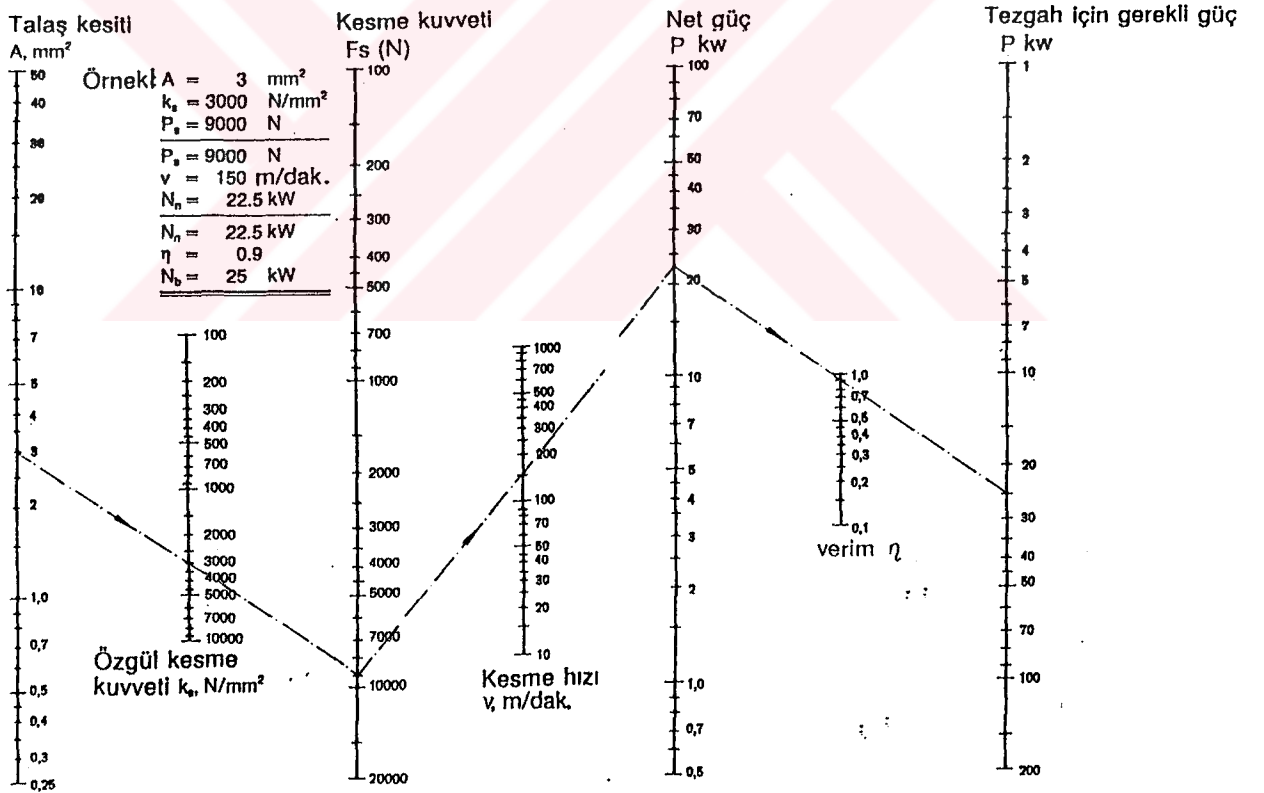
P: Tezgah için gerekli güç (kw)

Tornalama operasyonunda tezgah için gerekli olan gücü bulmak için, pratik olarak hazırlanmış olan diyagramlarda kullanılabilir.

Tablo 1.10.Çeşitli Malzemelere göre $k_s, k_{s1}, 1-z$ Değerleri

Malzeme	Çekme Dayanım N/mm ² Shore Sertliği	Kesme Kuvveti Katsayısı 1-Z	Spesifik Kesme kuvveti	h talaş kalınlığı için ks değerleri								
				0.06	0.10	0.16	0.25	0.40	0.63	1.00	1.60	2.50
St 50-2	550	0.74	1952	4120	3541	3129	2766	2453	2197	1952	1746	1550
St 60-2	650	0.83	2070	3247	3021	2776	2570	2394	2227	2070	1923	1785
St 70-2	750	0.70	2217	5023	4415	3846	3345	2933	2551	2217	1942	1707
Ck 45	700	0.86	2178	3178	2982	2786	2609	2453	2296	2178	2050	1923
Ck 60	850	0.82	2090	3365	3090	2865	2649	2443	2256	2090	1923	1776
16 MnCr 5	950	0.74	2060	4267	3757	3335	2963	2609	2315	2060	1844	1638
15 CrNi 6	1050	0.70	2217	5042	4424	3846	3345	2943	2541	2217	1942	1717
42 CrMo 4	1000	0.74	2450	4905	4415	3924	3483	3090	2747	2453	2197	1962
34 CrMo 4	950	0.79	2197	3924	3541	3227	2943	2698	2413	2197	2011	1834
50 CrV 4	1050	0.74	2175	4532	4022	3541	3129	2766	2453	2178	1952	1746
55 NiCrMoV 6												
Sertleştirilmiş,	750	0.76	1707	3404	3012	2668	2345	2129	1893	1707	1511	1324
temperlenmiş	1400	0.76	1884	3600	3247	2894	2609	2335	2060	1884	1687	1501
GH 65	65 Sh	0.81	2021	3335	3129	2884	2629	2403	2197	2021	1864	1707
GG 35	35 Sh	0.74	1246	2531	2256	2011	1805	1609	1413	1246	1109	991
GG 25	25 Sh	0.74	1140	2315	2070	1834	1628	1442	1275	1138	1010	912

Tablo 1.11.Tornalama İşlemlerinde Tezgah İçin Gereken Gücün Hesaplanmasında Kullanılan Diyagram



II. BÖLÜM

2.1. Çok Amaçlı Karar Verme.

Karar verme insan yaşamının her safhasında karşılaşılan, insan doğasının ve yaşam koşullarının gereği yadsınamıyacak bir olgusudur. İnsan yaşamı boyunca gerek kişisel ihtiyaçlar, istekleri gerekse toplum içindeki konumu dolayısıyla daima çeşitli alternatiflerle karşı karşıya kalır. Bu alternatifler arasından en uygununu seçmek en basit tanımıyla karar vermedir.

Bir karar, karar vericinin o andaki psikolojik durumuna kişisel istekleri ve statüsüne, çevrenin etkilerine, eldeki olanaklara, özellikle işletme kararları söz konusu olduğunda ekonomik duruma, teknolojiye, finansal kaynaklara bağlıdır.(Zeleny,1982)

Hızla gelişen, yoğun rekabet ortamı, sosyal yaşamda meydana gelen gelişmeler, teknolojiye sınırsız ilerlemelerle karar vericinin bilimsel olarak değişmesi, karar verme olayının birden fazla amaç, birden fazla kişiyle verilmesini zorunlu kılmıştır ki bu da belirli bir örgütsel yapı gerektirir. Bu örgütsel yapı içinde, karar verme problemine etkileşimli ve sağlıklı bir çözüm bulunması, sıkı işbirliğini, düzenli bir bilgi alışverişini gerektirir.

2.2. Çok Amaçlı Karar Verme Gereksinimi

Teknoloji ilerledikçe karar prosesleri daha karmaşık bir yapı göstermektedir. Gerçek yaşamda zamanla çeşitli unsurların ortaya çıkması ve insan yaşamındaki etkinliğin artması karar durumlarındaki olanaklı davranış biçimlerinin birden çok amaca göre değerlendirilmesini zorunlu kılmıştır. Örneğin ; insanlar önceleri sadece yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmek, temel birtakım ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla alışveriş yaparken, sonraları bu temel gereksinimlerinin yanı sıra aradıkları birtakım özelliklerde ortaya çıkmıştır. Önceleri yalnızca örtünmek amacıyla giysi alan bir kişi, sonraları aldığı elbisenin kumaşına, dayanıklılığına, estetik açıdan

görünümüne, ekonomikliğine de önem verir olmuştur. Bu basit örnekte bile, insan yaşamında çok ölçütlü karar vermenin zorunluluğu kolayca anlaşılabilir.

Gerçek hayatta çok ölçütlü karar vermenin ne kadar önemli olduğunu anlamak için, hepimiz en son nezaman tek bir kritere dayanarak karar verdiğimizizi hatırlamaya çalışalım. İster profesyonel, isterse kişisel bir karar olsun, seyrek olarak tek bir kritere göre karar veririz. Kararlarımız her zaman birden fazla amacın gözönünde bulundurulması şeklindedir. Nadir olarak tek bir kritere dayanarak karar verdiğimizde de sonuç oldukça maliyetli olabilir.

Tüm ekonomik politika belirlenmesine ilişkin modellerin temelinde, birbirleri ile genelde uzlaşmazlık halinde bulunan çeşitli ekonomik amaçların uyumlu bir şekilde gerçekleştirilmesi amacı yatar. Önceleri genellikle yöneticilerin deneyimleri ve sağduyuları ile çözümlenmeye çalışılan uzlaşma sorunu, son yıllarda karar verme modelleri ile ele almaya başlanmıştır.

Ekonomik amaçların etkileşimli ve çatışmalı yapısı nedeni ile, alışılmış tek amaçlı yöntemlerden yararlanılarak karar vermek oldukça güçtür. Simülasyon yöntemleri ise ancak verilen bir ekonometrik modelde, politika değişkenleri için seçilmiş bazı değerlere bağlı olarak, çeşitli alternatif politikaların benzetimini yapıp, amaç fonksiyonlarının değerlerini saptayabilirler. Oysa böyle bir yaklaşımla az sayıda alternatif değerlendirilebilir; ayrıca optimal politikanın seçileceğine dair de bir güvence yoktur. Bu tür modellerin çözümüne ilişkin başka bir yaklaşım ise, ortak bir fayda fonksiyonu bulup bunun optimize edilmesidir. Ancak tüm amaçları içerecek ortak bir fayda fonksiyonunun bulunmasının hemen hemen imkansız olması son yıllarda çok ölçütlü karar verme yaklaşımlarına verilen önemini artırmıştır. (Ülengin, 1991)

Günümüzde ise, işletmelerde " Çok Amaçlı Karar Verme" probleminin önemi günden güne artmaktadır. Eskiden işletmeler, ortaya çıkan tüm problemleri karın maksimizasyonunu sağlayacak şekilde çözmeye çalışıldılar. Fakat zamanla işletmelerin faaliyet alanlarının genişlemesi, işletme boyutlarının büyümesi, teknikte ilerlemeler, hepsinden önemlisi, yönetsel faaliyetlerin ve çalışma ortamına ilişkin prosedür ve şartların bilimsel temellere oturtulması işletmenin karını en büyükleme amacının yanı sıra, çalışanların ve yöneticilerin kişisel tahminleri, sağlık, çevre kirliliği, yaşam düzeyi, estetik değer, pazar payı, borç / özsermaye oranı, yapım kalitesi, işçi - işveren ilişkileri işgüvenliği gibi konularda işletmenin erişmek istediği hedefler arasında yer almıştır. Bu durumda olay yalnızca pazar talebi olan belirli bir

malı yapıp satarak kar etmek değil, kar amacıyla birlikte işletmenin yapısında varolan sorunların da ilişkin amaçlarında birlikte sağlanmasıdır. İşte bu da işletme bazında **Çok Amaçlı Karar Verme** problemini tanımlar.(Drucker,1969)

Özellikle rekabetin oldukça yoğun olduğu ve kalite kavramının artık herşeyden önemli duruma geldiği günümüz piyasa şartları değerlendirildiğinde, işletmelerdeki her kademe için, özellikle de yöneticiler için pek çok kriterin gözönünde bulundurularak karar verilmesi zorunlu hale gelmiştir.Bu da son yıllarda Çok Amaçlı Karar Verme biliminin neden bu kadar önem kazandığını açıklamaktadır.Bu nedenle geleneksel olarak tek bir amacın optimizasyonuna dayananan tek ölçütlü karar verme yöntemleri ilk olarak amaç sayının ikiye daha sonra geliştirilen yöntemlerle ikiden de fazla amacının tatmin edilmesine yönelik yöntemlere yerlerini bırakmışlardır. Günümüz yöneticileri ve çalışanları için artık bu tür yöntemlerin kullanılması zorunlu hale gelmiştir. Amaç aynı ortam şartları ve kısıtlarından daha fazla faydalanabilecek imkanların yaratılmasıdır.

2.3 . Karar Verme Prosesinin Mekanığı

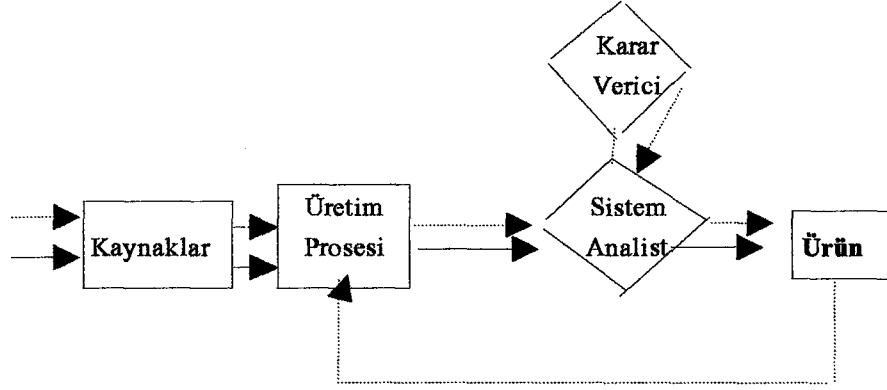
Üretime dönük bir sistemde en genel halde karar verme değerli kaynakların daha değerli olan ürünlere dönüştürülmesi şeklini belirleme sürecidir. Bu sürecin ikisi insan, diğeri araçlar olmak üzere üç temel bileşeninden söz edilir.

- Karar Sürecinin Mekanığı
- Araştırmacı ya da Sistem Analisti
- Karar Verici

Karar verme sürecinin bu şekilde tanımlanan yapısı, bileşenleri arasındaki ilişkiyi de gösterecek şekilde **Şekil 2.1'** deki gibi şematize edilebilir.

Şekilde noktalı hatlarla gösterilen akış, sistem analistinin karar verici ile etkileşimli olarak, mekanik prosesi yönetme biçimini göstermektedir. Normal hatlarla gösterilen akış ise, karar vermenin mekanığını gösterir. Sistem analisti kaynaklardan optimal ürünü elde etmeyi sağlayacak sistem tasarımını yapan, dolayısıyla karar verme sürecinin mekanığını işleten karar vericinin tercihleri doğrultusunda yöneten, dolayısıyla gerekli bilimsel yöntemleri kullanan kimsedir.Tek amaçlı karar verme problemlerinde, karar vericinin tercihlerinin bu süreçte yer

almamasına rağmen çok amaçlı karar verme problemlerinde bu oldukça önem kazanmaktadır.(Evren,1992)



Şekil 2.1. Karar Sürecinin Bileşenleri

2.4. Temel Kabuller ve Terminoloji

2.4.1. Temel Kabuller

Çok Amaçlı Karar Verme ile ilgili literatürde çok sık geçen, değişik kişiler tarafından değişik anlamlarda kullanılan dört temel kavram vardır. Birçok kaynakta belirtildiği gibi üniversal olmayan bu kavramlar:

- Bileşenler
- Amaçlar
- Hedefler
- Kriterler şeklinde sıralanabilir.(Fidan,1989)

Bileşenler: Bileşenler, karakteristikler, kaliteler ya da alternatiflerin performans parametreleri olarak tanımlanabilir.

Bileşenler bize dış dünyayı tanıtır. Bileşen kavramını yalnız realiteyle sınırlı görmemek gerekir. Bu, karar vericinin değer yargılarına bağlı olarak tanımlanıp ölçülebilir. Yani, bileşen hem objektif ve hem de subjektif olabilir. Konuyu daha iyi açıklamak için aşağıdaki örneği gözönüne alalım:

Şehrin gelecekteki genişlemesinin yönünü tayin eden bir şehir komitesi problemini düşünelim. Arazinin jeolojik yapısı yönünden planlamacılar, şehrin büyüme yönünü Doğu, Güney-Doğu ve Batı yönlerinden biri olarak seçsinler. Burada karar vericilere üç alternatif sunulur ve onlar şehir için en iyi olacak birini seçmek zorundadırlar. Alternatifler, komisyon tarafından verilen bilgilerle karşılaştırılır. Bileşenler, servis genişleme maliyeti, şehir merkezini etkileyen hayati durum, sel meydana gelme ihtimali, dinlenme yerlerine yakınlık v.b. gibi şeyler olabilir.

Kısaca tanımlamak gerekirse, bileşenler karar vericinin gerek kendi tercihlerine göre belirlediği, gerekse ortam şartlarını değerlendirerek ortaya koyulan, amaçların tanımlanma pariterileridir.(Levis,1991)

Amaçlar: Amaçlar başarılı olmanın, performansın bir ölçüsüdür. Seçenekleri değerlendirmede kullanılır ya da kısaca karar verici tarafından belirlenen " Daha İyiyi Yapma Yöntemleridir" denilebilir. Yani, amaçlar karar vericinin arzularının bir yansımasıdır ve karar vericinin işi organize etmek istediği yönü gösterir. (Demir,1985). Amaçlar iki şekilde olabilir:

- En büyükmeye yönelik amaçlar,
- En küçükmeye yönelik amaçlar,

Buradan şöyle bir tanım çıkartılabilir: **Çok Amaçlı Karar Verme** problemleri karar vericinin amaçlarını en iyileyen ya da en iyi olan alternatiflerin düzenlenmesidir.

Burada önemli olan husus amaçların da bir hiyerarşi içinde sıralanmasıdır. Böylece oluşturulan piramitte, herhangi bir düzeyde, amaçlar bir üst düzey için bileşeninin gördüğü işlevi yerini getirirler. Amaçların daha iyi anlaşılması için gelişmekte olan bir ülkenin kalkınma planı yapma problemini ele alalım.

Böyle bir problemdeki amaçlar çok çeşitli olabilir, ancak bunlardan öncelikli olanlar; ulusal gelirin maksimizasyonu, dış yardımlara bağımlılığın ve işsizliğin azaltılması olabilir.

Hedefler: Hedefler, amaçların daha da somutlaşarak belli değerlere dönüşmüş şekli olarak tanımlanabilir. Karar verici, herbir amaç için erişilmesini arzu ettiği birer değer belirlediğinde, bunlar hedefleri olacaktır. Örneğin; parça başına kalite kontrol maliyetini M_1 TL'ye, bozuk çıkan parça sayısını % K_1 'e düşürülmesi amaçlansın. Bu değerler problemin çözülmesinde erişilmesine çalışılacak hedeflerdir.

Örneğin; bir dağcının hedefi Ağrı Dağının tam tepesine çıkmak olabileceği gibi, amacı çıkabileceği kadar tırmanmak olabilir.

Ölçütler: Kabul edilebilirliği test edilmek üzere konan kural ya da standartlardır. Çok Amaçlı Karar Verme literatüründe bu terim nitelikleri ve/veya amaçları gösterir. Amaçların gerçekleşme düzeyleri olarakta tanımlanabilirler.

Kısaca belirtmek gerekirse bir karar probleminin elemanları şu şekilde sıralanabilir.

- Mümkün çözümler veya seçenekler kümesi
- Amaçlar kümesi
- Sonuçlar kümesi
- Karar vericinin tercihleri

2.4.2. Terminoloji

Bu tanımlar altında **Çok Amaçlı Karar Verme** en genel halde şu şekilde formüle edilebilir: (Levis, et.al, 1991)

$$\text{Max } [f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x)]$$

$$g_i(x), \quad i = 1, \dots, p$$

$$x \geq 0$$

(2.1)

Burada $g_1(x)$, p boyutlu karar değişkenleri vektörüdür. Problem, en büyüklenecek m tane amaç, p tane de kısıt olduğunu göstermektedir. Kısıtlar setinin belirlediği bölgeye olurlu bölge denilmektedir. Çok Amaçlı Karar Verme Problemlerinde olurlu bölge şu şekilde tanımlanmakta ve gösterilmektedir:

2.4.2.1. Olurlu Bölge

Kısıtlar setini tatmin eden karar değişkenleri setidir. X ile gösterilir ve matematiksel olarak şöyle ifade edilir.

$$X = \{x \mid g_i(x) \leq 0, i = 1, 2, \dots, p\} \quad (2.2)$$

Karar değişkenleri uzayında X olarak belirlenen olurlu bölgeye karşı amaçlar uzayında S ile gösterilen bir olurlu bölge oluşacaktır.

$$S = \{y \mid y = f(x), x \in X\}$$

$$f(x) = [f_1(x), f_2(x), \dots, f_p(x)] \quad (2.3)$$

Çok Amaçlı Karar Verme problemlerinde ve bunlar için geliştirilen çözümlerde sık sık kullanılan birkaç terimin daha açıklanması gerekmektedir. Bunlar (Sawik, 1987):

- Optimum Çözüm
- En İyi Uzlaşık Çözüm
- Baskın Çözüm
- Tercih Edilen Çözüm

2.4.2.2 Optimum Çözüm

Herbir amaç fonksiyonunu birlikte, simültane olarak en büyükleyen çözümdür. Matematiksel olarak şöyle ifade edilir.

Yalnız ve yalnız:

$$a) x^* \in X$$

b) $f_j(x^*) \geq f_j(x)$, $i=1,...,m$ ve $x \in X$ tüm x' ler için x^* optimum çözümdür.

Yani, optimum çözüm $x^* = (X_1^*, X_2^*, ..., X_n^*)$ öyle bir çözümdür ki yalnız ve yalnız, olurlu bölge içinde ve amaç fonksiyonlarında yerine kondugunda diğer tüm çözümlerin konmasıyla elde edilen değerlerden daha büyük değerler vermesi gerekir.(Szidarovszky,1985)

2.4.2.3. Baskın Çözüm

Problemin, amaç fonksiyonları arasında en az birinde gerilemeye sebep olmaksızın, diğer bir amaç fonksiyonunda gelişme sağlayamayan çözümlere baskın çözüm denir.(Szidarovszky,1985). Matematiksel olarak;

$$a) x \in X, f_j(x^*) \leq f_j(x) \text{ bütün } i\text{'ler için};$$

b) $f_j(x^*) < f_j(x)$ en az bir j için şartlarını sağlayan herhangi bir diğer çözüm $(X = X_1, X_2, ..., X_n)$ yoksa $(X = X_1^*, X_2^*, ..., X_n^*)$ çözümü baskındır.

2.4.2.4. Tercih Edilen Çözüm

Çok Amaçlı Karar Verme problemlerinde çözümler kümesindeki çözümlerin sayısı oldukça çoktur. Bu nedenle karar verici diğer bazı kriterleri gözönünde bulundurarak en tatmin edici çözümü seçmek zorundadır. İşte bu çözüm, "en iyi çözüm", "tercih edilen çözüm" ya da "en iyi uzlaşık çözüm" olarak adlandırılır.(Alp,vb.1991)

Buraya kadar verdiğimiz tanımların daha iyi anlaşılması için aşağıdaki örneği gözönüne alalım:

Örnek1. $\text{Max } f_1(x) = -X_1 + 2X_2$

$\text{Max } f_2(x) = 2X_2$

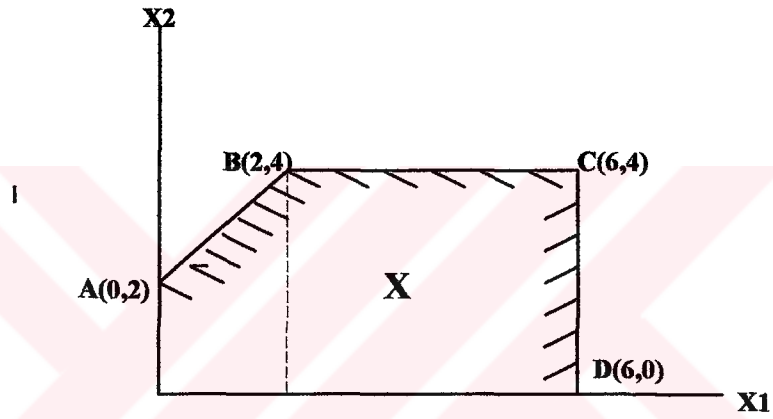
$$-X_1 + X_2 \leq 2$$

$$-X_1 \leq 6$$

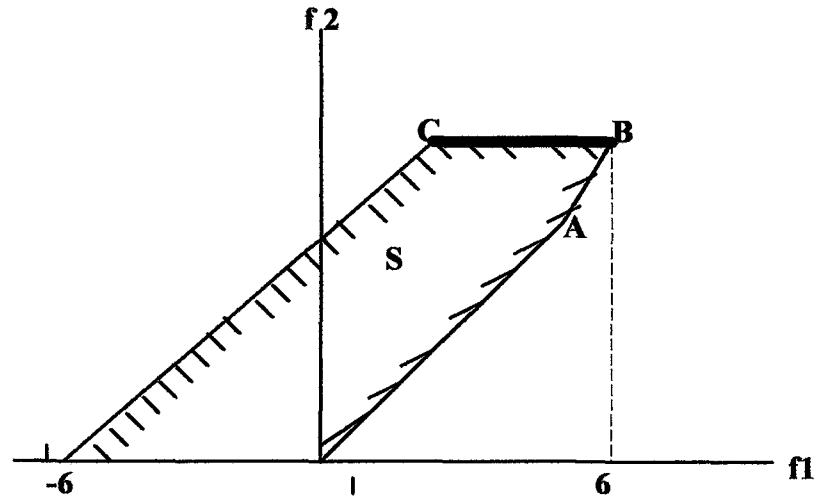
$$X_2 \leq 4$$

$$X_1, X_2 \geq 0$$

Bu denklem grafik üzerine taşınırsa **Şekil 2.2** ve **Şekil 2.3** elde edilir.



Şekil 2.2.Örnek 1'e ait karar değişkenleri uzayı



Şekil 2.3.Örnek 1'e ait amaç fonksiyonları uzayı

Yukarıdaki şekillerden de görüldüğü gibi, Optimum Çözüm daha önce verdiğimiz tanımları hatırlarsak; yalnız ve yalnız, olurlu bölge içinde olması gereken ve amaç fonksiyonunda yerine konduğunda, olurlu bölge içinde olan diğer bütün çözümlerden daha büyük değerler vermesi gereken çözüm olduğuna göre örneğimizde bu nokta B noktasıdır.

$$X(B) = X^* = (2,4)$$

Baskın çözüm; daha önce verdiğimiz tanımları hatırlarsak, diğer amaç fonksiyonlarından en az birinde gerilemeye sebep olmaksızın, diğerinde ilerleme sağlayamayan çözümdür. Bu tanımları örneğimize uygularsak BC hattı üzerindeki tüm çözümlerin baskın çözüm niteliğinde olduğunu görürüz.

2.5. Karar Verme Problemlerine İki Temel Yaklaşım

İnsan kararlarının modellenmesinde iki temel yaklaşım esastır:

- Çıktı-Oryantasyonlu Yaklaşım
- Proses-Oryantasyonlu Yaklaşım

Çıktı-Oryantasyonlu Yaklaşım; Karar prosesinin sonucunun ne olacağının kesin olarak bilinmesi halinde, bu sonuca ulaşılacak prosesin oluşturulmasına dayanır. Sonuç ve sonucun doğru olarak tahmin edilmesi yaklaşımın en önemli noktasıdır. Bu yaklaşıma örnek olarak tek ve çok ölçütlü yararlılık fonksiyonları verilebilir.

Proses-Oryantasyonlu Yaklaşım; Bu yaklaşımda ise önce karar prosesi oluşturulur, daha sonra bu prosesten elde edilecek sonuçlar tahmin edilir. Esasında oldukça açık olan bu yaklaşım kurallara bağlı birtakım kısımlarla da çalışmaktadır. Kararın nasıl verileceğini anlatan adımlarla çalışır, ancak bu adımların her zaman takip edilmesi kolay değildir. (Zeleny, 1982)

Karar verme dinamik bir prosestir. Bilgilerin karmaşıklığı, toplanması, ayırte edilmesi, geri besleme, belirsizliklerin aşılması gibi birtakım zorlukların çözülmesini gerektirir. Karar verme prosesi birbirleriyle etkileşimli olarak hareket

eden **önkarar, karar ve karar sonrası** adımlarına ayrılabilir. Karar-sonrası kısmı genellikle bir sonraki kısmın ilk adımı olan **ön karar** kısmı ile aynı anda meydana gelir. Her karar adımı kendi **ön karar ve karar sonrası** adımları ile karakterize edilmiş, kısmi kararlar serisinin bileşimidir. Şimdi bu adımların açıklanması karar verme prosesinin dinamiği hakkında bilgi sahibi olmamızı kolaylaştıracaktır. Verilen kararın doğruluğunun sağlanması, diğer bir deyişle sonucunun tatmin olması bu safhaların tek ele alınarak değerlendirilmesiyle mümkündür. Çünkü her safha kendi içinde kararı sorgulayarak sonucun tatmin edici olmaması halinde diğer safhalara geçilmesine izin vermez. Sonuç olarak verilen kararın doğruluğundan şüphe edilmemesi ancak **önkarar, karar ve karar sonrası** denilen safhalardaki çelişkilerin ortadan kaldırılıp, bir sonraki adımda çelişkilerin tamamıyla çözümlenmiş olması ile mümkündür. Her safha kendi içinde değerlendirilmeli ve tam anlamıyla amaçların neler olduğu belirlenmelidir. (Sawik, 1987)

2.6. Karar Verme Prosesinin Dinamiği

2.6.1. Ön - Karar Safhası

Bu safhada bir çelişkiden söz etmek mümkündür. Buradaki çelişki ya da uyumsuzluk diyebileceğimiz durum karar prosesi ve tatminsizlik arasında oluşur. **Ön-Karar çelişkilerinin altını çizmek gerekirse bunlar; uygun alternatiflerin mevcut olmaması ve ideal alternatiflerin infizibil olması gibi durumlardır.** Kısıtlar belirlenir belirlenmez bunlar karar vericiye sunulur ve karar verici bunları analiz ederek çeşitli alternatifler oluşturur, ancak prosesin daha sonraki adımlarlarında bu alternatiflerin fizibil olmadığı görülür. Böyle bir durumun ortaya çıkması halinde karar verici, yeni alternatiflerin aranması ve yaklaşımın ideal olması için çalışmaya başlar. İdeal alternatiflerin stabil hale gelmesi ve açıkça tanımlanmasından sonra karar verici bunlarında infizibil olduğunu görürse mevcut karar setleri arasında yeni bir çelişki oluşur. Allternatiflerin oluşturulması çalışmaları, ideal alternatifler bulununcaya kadar devam eder. (Po Lung Yu, 1985)

Alternatiflerin oluşturulması, karar vericinin yeni alternatifler oluşturmaktansa, o ana kadar oluşturulmuş alternatifler arasından bir seçim yapmanın prosesi daha çelişkili sonuçlara götürdüğünü görmesiyle daha sistematik bir hal alır. Eğer ideal alternatifler fizibil tercihler haline getirilirse karar prosesindeki çelişkiler tamamıyla ortadan kaldırılmış olur. Ancak bu çok az rastlanılan bir durumdur, bunu

yerine çelişkilerin azaltılması amaçlanır. Bu amaca ulaşmak için karar vericinin cevaplaması gereken soru, hangi alternatifin çelişkileri azaltılacaktır. Bu adım stabil hale geldiğinde diğer adımlara geçilebilir.(Zeleny,1982)

2.6.2. Kısmi Kararlar Safhası

Kısmi kararlar karar anındaki kesin değişiklikleri içerir.Bu değişiklikler, bazı alternatiflerin elenmesi, birtakım kısıtların silinmesi ya da eklenmesi olabilir.

Burada kısmi kararların çok önemli etkilerinden de söz etmek gerekir. Öncelikle, bir alternatifin elenmesi ile, ulaşılacak maksimum seviye birdenbire en düşük fizibil nokta haline gelebilir.Bu nedenle, fizibil sonuca çok yakın alternatiflerin değiştirilmemesine dikkat edilmelidir. Böyle bir değiştirme, kalan alternatiflerin yeniden değerlendirilmesi, sıralanması gibi büyük değişiklikleri de beraberinde getirir.

Kısmi kararların diğer önemli bir sonucu da, karar verildikten sonra, herhangi bir kararın olaylarla uyumsuzluk içinde olduğunun görülmesi halinde ortaya çıkar.Uzun ve zorlu bir ön,karar safhası, daha büyük uyumsuzluklar ortaya çıkartabilir. Bu nedenle kısmi kararların bu uyumsuzlukları azaltacak şekilde verilmesi gerekmektedir. Karar verici, bileşenlerin subjektif olarak değerlendirilmesine önem vermelidir.Bu değerlendirme, bazı alternatiflerin çekiciliğini ortaya çıkartmak için gereklidir. Her kısmi karardan sonra hala biraz çelişki kalmış olabilir.Değiştirilen alternatif fizibil değilse, yeni bir ön-karar adımı için başa dönlür. (Festinger,1964)

2.6.3. Karar Safhası

Şimdiye kadar ki safhalarda, ideal alternatifin fizibil olmamasından kaynaklanan ön-karar dediğimiz karar öncesi safhasındaki çelişkiler ve uyumsuzluklar karar safhasını harekete geçirir. Karar safhasına geçmek için öncelikle kısmi kararlar safhasında çelişkilerin ortadan kaldırılması ve uygun alternatiflerin belirlenerek amaç denkleminin oluşturulması gerekir.Ayrıca bu amaçların optimize edilmesinin bağımlı olduğu kısıtlar seti de oluşturulmuş olmalıdır. Karar verme olayını bir proses olarak ele aldığımızda, bu prosesin doğru çözüme oluşabilmesindeki en etkin faktörün, prosesi etkileyecek en önemli kısıtların göz önüne alınması olduğu ortaya çıkar. Çoğu zaman tek bir kısıta dayanarak karar verdiğimizde hata yapma olasılığımız artacaktır.

Karar Safhası ileriki bölümlerde açıklacağımız yöntemlerin kullanılması ve amaçların optimize edilmesi ile sona erer. Bazı metodlarda tatmin edici sonuca ulaşılması karar verici ve analistin karşılıklı bilgi alışverişi içinde olması ile yürütülürken, bazılarında ise karar vericinin bulunan çözümü tatminkar bulacağı varsayımından hareket edilerek çözüme ulaşılır.(Zeleny,1982)

2.6.4. Karar-Sonrası

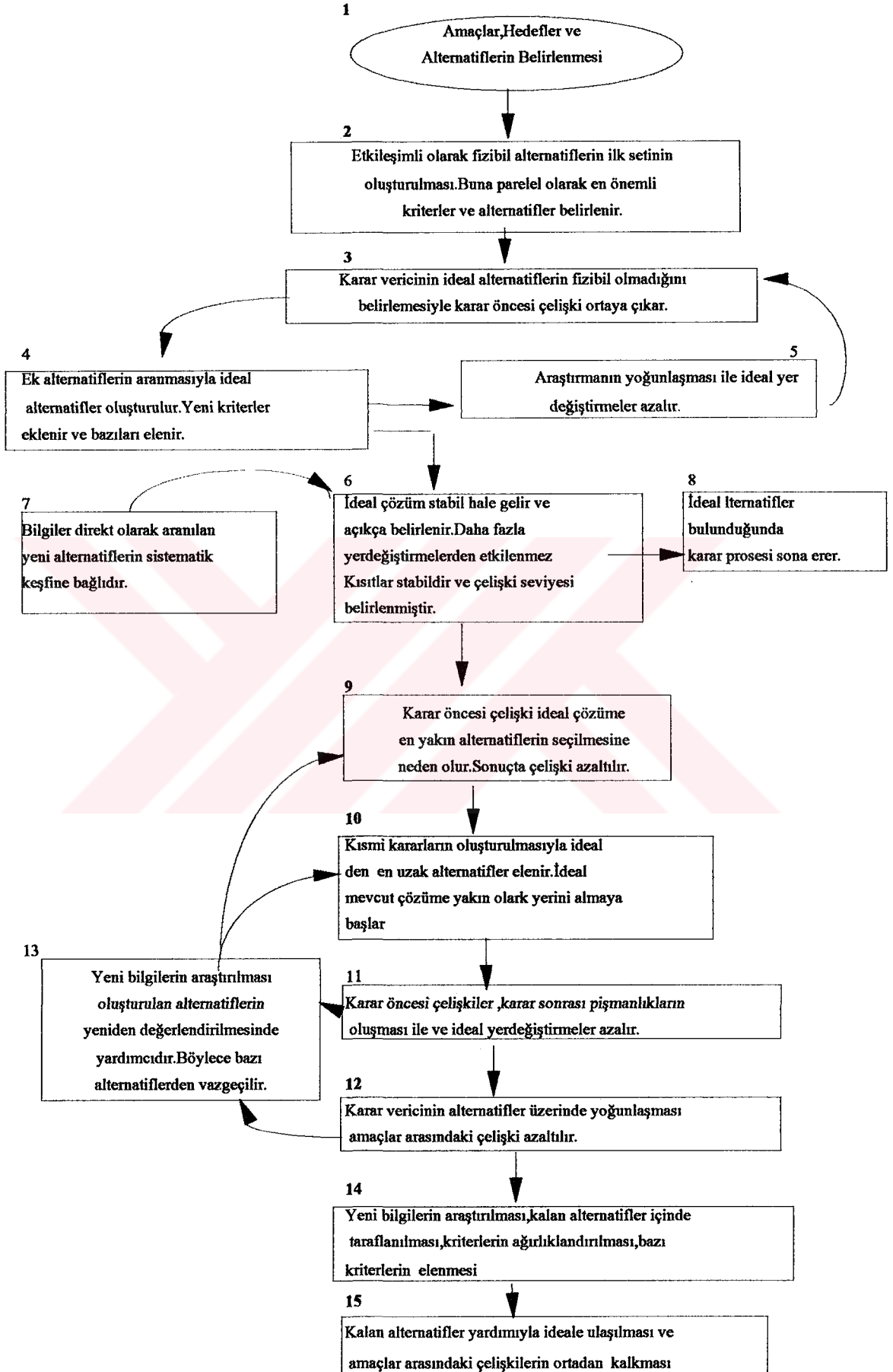
Bu safha, karar vericinin ya da herhangi birinin görüşlerini değiştirmesi olarak anlaşılmamalıdır. Bu proses, yeniden değerlendirme, yeniden elde etme ve uyarılama safhası olarak düşünülmelidir. Karar verici çekiliciliğini artırır ve istenmeyen alternatifleri eler. Objektif bir karar öncesi safhası, yerini karar sonrası bilgi toplamaya bırakır.Örneğin; yeni bir araba aldıktan sonra, bunu destekleyen bir reklam gördüğümüzde tercihimizin doğruluğu hakkındaki fikrimiz kuvvetlenir.

Bu bölümde karar öncesi, karar sonrası safhalarının birbirleriyle olan ilişkileri ve karar verme olayının, bu iki safhanın etkileşimi ile nasıl meydana geldiği nihai kararın pekçok kısmi kararın birleşiminden oluştuğu anlatılmıştır.Karar verildiği andan itibaren karar verici için reddedilen alternatiflerin pozitif etkileri ve tercih edilen alternatiflerin negatif etkileri karar verici için en önemli faktör konumuna geçer. Tüm bu safhalar ve birbirleriyle olan ilişkileri Şekil 2.4'te gösterilmektedir.

2.7.Çok Amaçlı Karar Verme Modellerinin Sınıflandırılması

Çok amaçlı karar verme yöntemlerinin sınıflandırılmasında çok sayıda boyut düşünülebilir.Karar vericinin bir kişi veya grup olması, karar verme probleminin stokastik veya deterministik yapıda olması, problemin seçeneklerinin sonlu ya da sonsuz elemanlı kümeler oluşturmaları, karar verici ile yöntem arasında etkileşim olması veya olmaması, problemin kısıt ve amaç fonksiyonlarının lineer veya nonlineer olması, sınıflandırmada esas teşkil eder.

Star ve Zeleny, çok amaçlı karar verme problemlerini iki gruba ayırmışlardır.Birinci gruba karara yönelik yaklaşımlar,ikinci gruba karar verme prosesine yönelik yaklaşımlar adı verilmektedir.Birinci grubun en temel özelliği probleme en uygun yararlılık fonksiyonunun belirlenerek seçeneklerin değerlendirilmesidir.En iyi yararlılık derecesine sahip seçenek, optimal seçenek olarak



Şekil 2.4 Karar Verme Prosesinin Dinamiği

belirlenir. İkinci grup yaklaşımlarda ise , hangi seçeneklerin baskın seçenek olduğu, baskın seçeneklerden hangi amaç ağırlıkları kullanılmasıyla optimal seçenek oldukları, amaçların zamana göre ya da problem incelenirken önemlerin değişmesi gibi karar verme prosesinin yapısını anlamaya ve modellemeye yönelik yaklaşımlar yer almaktadır.(Burcu,1988)

Bir diğer sınıflandırma Zionts (1982) tarafından yapılmıştır.Tablo 2.1'de görüldüğü gibi, çok amaçlı karar verme yöntemleri modelin deterministlik veya stokastik olmasına ve modelin kısıt ve çözümlerinin özelliklerine göre dört farklı gruba ayrılmıştır. Tablo 2.1'de yer alan B grubu sonlu seçenekler kümesini ve deterministlik modelleri, C grubu sonsuz seçenekler kümesini ve deterministlik modelleri, A grubu sonlu seçenekler kümesini ve stokastik modelleri, D grubu sonsuz seçenekler kümesini ve stokastik modelleri temsil etmektedir.

Tablo2.1.Çok Ölçütlü Karar Verme Modellerinin Sınıflandırılması

ÇOK AMAÇLI KARAR VERME PROBLEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI		
	Kapalı Kısıtlar (Açık Çözümler)	Açık Kısıtlar (Kapalı Çözümler)
Deterministlik Sonuçlar	A Deterministlik ayrı seçenekler arasında seçim veya deterministlik karar	C Deterministlik matematik programlama
Stokastik sonuçlar	B Stokastik karar analizi	D Stokastik matematik programlama

Bu sınıflandırmanın dışında bu bölümde gerek diğer yöntemlerin gerekse, I.bölümde açıklanan tornalama operasyonundaki işleme şartlarının

optimizasyonunda kullanılacak yöntemin açıklanmasında 3 ana yaklaşım tarzı izlenecektir.

- Karar vericiden tercih bilgisinin istenmediği yöntemler
- Karar vericiden prosesin başında bilgi talep eden yöntemler
- Karar vericiden karar prosesi sırasında ardışık olarak bilgi talep eden yöntemler

Bu 3 ana yaklaşım tarzının avantajları ve dezavantajlı olan tarafları mevcuttur. Ancak karar verici kısıtlarına ve amaçlarına en uygun metodu belirlemek durumundadır. Karar verme olayının analist ile birlikte etkileşimli olarak yürütüldüğü etkileşimli metodlardan birini kullanarak karar verme durumunda ise sonuçlara anında müdahale edebilme ve sonucun tatminkarlık düzeyini tamamıyla karar vericinin belirliyor olması dolayısıyla daha fazla fayda sağlanacağını söylemek mümkündür. (Saylan, 1985)

2.7.1. Karar Vericiden Açıkça Bilgi İstenmeyen Yöntemler

Bu yöntemlerde, problem ile ilgili kısıtlar ve amaçlar tanımlandıktan sonra karar vericiden kişisel tercihleriyle ilgili bilgi istenmez. Yani karar verici çözüme müdahale etmez ve sonuç olarak bulunan çözümü doğru kabul eder.

Yöntemin avantajı, karar vericinin analist tarafından rahatsız edilmemesidir. Ancak analistin karar vericiyle ilgili pek çok kabulü yapmak zorunda olması yöntemin dezavantajlı tarafını oluşturur. Analistin karar verici ile ilgili olarak pek çok kabul yapması gerekmektedir. Bunu yapmak analistin oldukça tecrübeli olmasını gerektirir. (Evren, 1989)

2.7.1.1. Toplu Kriter Yöntemi

Bu yönteme " uzlaşık programlama yöntemi" adı da verilebilir. belirli bir şekilde biraraya getirilen kriterlerden oluşan toplu kriteri en küçükleyen vektör, optimal vektördür. Örneğin, amaç fonksiyonlarının değerlerinin kendi olurlu ideal değerlerinden relatif sapmalarının karelerinin toplamını en küçükleyen çözüm optimal kabul edilir.

Bu yöntemin formülasyonu şu şekildedir.

$i = 1, 2, \dots, m$ olmak üzere m tane problemin ayrı ayrı çözülmesiyle bulunan çözümler ideal çözüm olarak adlandırılır. Ve $f_i(X^*)$ ile gösterilir.

$$\max f_i(x)$$

$$g_k(x) \leq 0 \quad k = 1, 2, \dots, p, \quad x \geq 0 \quad (2.4)$$

Daha sonra aşağıda verilen problem çözülür :

$$\min \sum_{i=1}^m [f_i(x^*) - f_i(x)]$$

$$f_i(x^*)$$

$$g_k(x) \leq 0$$

$$k=1, 2, \dots, p, \quad x \geq 0 \quad (2.5)$$

Formüldeki a parametresi için literatürde farklı değerler belirtilmiştir. Öklid bağıntısı kullanıldığında a için 1,2 değerleri kullanılabilir.

Bu yöntem uygulamamızda "Talaş Kaldırma Şartlarının Belirlenmesinde de kullanılacaktır. Ancak daha önce yöntemin daha iyi anlaşılması için şu örneği gözönüne alalım. (Evren, 1992)

Örnek: Bir civata fabrikasında iki tip civata yapılmaktadır. Daha düşük kaliteli birinci tip civatalar ortalama olarak diğer tip civatalardan dört misli karlıdır. Fakat ileriye dönük amaçlar nedeniyle 1. tip civatalardan mümkün olduğu kadar çok üretilmek istenmektedir. İkinci tip civatadan bir birim üretilmesi birinci tip civatadan iki misli zaman gerektirir. Sadece 1. tip civata yapılırsa günde 800 adet üretilir. Her iki civatadan da günde en fazla 600 adet civata yapılabilecek hammadde vardır. 2. tip civatadan en fazla 300 adet yapılması istenmektedir. Yönetimin amaçları;

1. Yüksek Kalite 1. tip civata üretiminin maksimizasyonu
2. Karın maksimizasyonu

Modelin Kurulması:

X_1 : 1.tip civatadan üretilecek miktar

X_2 : 2.tip civatadan üretilecek miktar

f_1 : 1.tip civata üretiminin maksimizasyonu

f_2 : Karın maksimizasyonu

$$\text{Max } f_1(x) = X_1$$

$$\text{Max } f_2(x) = X_1 + 4X_2$$

$$g_1(x) = X_1 + 2X_2 \leq 800$$

$$g_2(x) = X_1 + X_2 \leq 600$$

$$g_3(x) = X_2 \leq 300$$

$$X_1, X_2 \geq 0$$

Algoritma: Yöntem üç adımdan oluşmaktadır.:

Adım 1: İdeal çözümün bulunması

Adım2: Çözüm alternatifleri tablosunun oluşturulması

Adım3: Uzlaşık çözümün bulunması

Adım 1: İdeal çözümlerin bulunması her iki amaç fonksiyonunun verilen kısıtlara göre çözümlenmesiyle bulunur.

$$\text{Max } f_1(x) = X_1$$

$$X_1 + 2X_2 + X_3 = 800$$

$$X_1 + X_2 + X_4 = 600$$

$$X_2 + X_5 = 300$$

$$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 \geq 0$$

Çözüm:

$$X_1 = 600 \quad X_2 = 0 \quad X^* = (600, 0) \quad f_1(X^*) = 600$$

İkinci amaç denklemi için aynı yöntem kullanılarak;

$$\text{Max } f_2(x) = X_1 + 4X_2$$

$$X_1 + 2X_2 + X_3 = 800$$

$$X_1 + X_2 + X_4 = 600$$

$$X_2 + X_5 = 300$$

$$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 \geq 0$$

Buna göre;

$$X_1 = 200 \quad X_2 = 300 \quad X^* = (200, 300) \quad f_2(X^*) = 1400$$

Adım 2'ye geçilir.

Adım 2: Çözüm Alternatifleri Tablosunun Oluşturulması:

Tablo 2.2: Örnek 2.1' e ait Çözüm Alternatifleri Tablosu

	f_1	f_2	X_1	X_2
f_1	600	200	600	0
f_2	600	1400	200	300

Adım 3: Uzlaşık Çözümün Bulunması

$a = 1$ için uzlaşık çözüm aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned} \text{Min } f(x) &= \frac{600 - X_1}{600} + \frac{1400 - (X_1 + X_2)}{1400} \\ &= 2 - 0.00238 X_1 - 0.002857 X_2 \end{aligned}$$

Kısıtlar;

$$g_1(x) = x_1 + 2x_2 \leq 800$$

$$g_2(x) = x_1 + x_2 \leq 600$$

$$g_3(x) = x_2 \leq 300$$

$$x_1, x_2 \geq 0$$

Yeni oluşturulan denklem yine Simplex Metod ile çözüldüğünde her iki amacı da aynı anda tatmin eden aşağıdaki değerler bulunur.

$$x_1 = 400 \quad x_2 = 200 \quad x^* = (400, 200)$$

$$f_1 = 400 \quad f_2 = 1400 \quad f^* = (400, 1200)$$

2.7.2. Karar Vericiden Tercihlerle İlgili Kişisel Bilginin Problemin Başında Talep Edildiği Yöntemler

Bu yöntemlerde, problem sahibinin amaçlarla ilgili tercihleri, problemin çözümünden sorumlu olan kişiye baştan verilir. Problem sahibi karar verici, tercihleriyle ilgili bilgiyi problemin matematiksel formülasyonundan önce ve sonra olmak üzere iki şekilde yapabilir.

1. Karar verici amaçlarıyla ilgili bilgiyi sayısal olarak verebilir. Yani hedeflerini sabit sayısal değerler olarak belirler ve buna ulaşılmasını ister. Burada bir alt ve üst sınır vererek max. ve min. noktalarla ilgili de tercih yapabilir. Ya da bir amaçta yapabileceği fedakarlık miktarına karşı diğer amaçta veya amaçlarda ne kadarlık bir iyileşme istediğini belirtir. Bu tercihlerin çeşidine göre ayrı çözüm metodları geliştirilmiştir.

2. Karar verici tercihleri ile bilgiyi yarı sözlü yarı sayısal olarak verebilir. Örneğin; amaçlarını önem değerlerine göre sıralayarak bazıları için alt ve üst değerler belirleyebilir. (Szidarovszky, et al, 1985)

2.7.2.1 Hedef Programlama

Hedef programlaması ilk defa, lineer hedef programlaması şeklinde Charles ve Cooper tarafından önerilmiştir. Daha sonra birçok araştırmacı tarafından da geliştirilmiş ve nonlinear modeller için kullanılmıştır.

Yöntemin temel özelliği şudur: Karar vericiden her bir amaç fonksiyonu için ulaşılmasını arzu ettiği değerleri belirtmesi istenir. Bu yönüme göre 'tercih edilen çözüm bu amaç değerlerden sapmaları en küçükleyen çözümdür. Diğer bir deyişle bir probleme ait, birden fazla hedefi mümkün olduğu ölçüde karşılayan seçeneğin belirlenmesi ilkesine dayanır. Tipik bir hedef programlaması modeli aşağıdaki gibi formüle edilebilir: (Zeleny, 1982)

$$\text{Min}Z = [h_1(d^-, d^+), h_2(d^-, d^+) \dots h_j(d^-, d^+)] \quad (2.6)$$

Hedef Denklemleri:

$$g_k(x) + d_k^- - d_k^+ = b_k, \quad k=1,2,\dots,p \quad (2.7)$$

$$f_i(x) + d_{k+i}^- - d_{k+i}^+ = b_i, \quad i=1,2,\dots,m \quad (2.8)$$

$$d_j^-, d_j^+ = 0 \quad \forall j$$

$$d_j^-, d_j^+ \geq 0 \quad \forall j$$

Burada b_i , $i=1,2,\dots,m$ karar verici tarafından amaçlar için belirtilmiş hedef değerlerdir. d^- ve d^+ 'ler hedeften + ve - sapmaları göstermektedir. a 'nın değeri karar vericinin fonksiyonuna $D(x)$ 'e bağlıdır. $h_j(d^-, d^+)$, $j = 1,2,\dots,l$ başarıma fonksiyonu olarak tanımlanmıştır. Amaç fonksiyonu bu başarıma fonksiyonlarından oluşmakta ($h_j(d^-, d^+)$, $j=1,2,\dots,l$) orjinal hedef denklemleri haline dönüşmüş olmaktadır. Böylece model m tane orjinal amaç fonksiyonundan ve p tane kısıttan oluşan vektör maksimizasyonu probleminden $(p+m)$ tane hedef denklemlili lineer programlama problemine dönüşmüş olacaktır. Hedef programlamanın grafik yöntem ve iterasyon olmak üzere iki temel çözümü vardır. Her iki yönteminde açıklanması için kullanılacak olan örnek aşağıda verilmiştir. (Evren, vb. 1989)

$$\text{Min}Z = \{(d_1 + d_2 + d_3), (d_4)\}$$

$$X_1 + 2X_2 + d_1^- - d_1^+ = 800$$

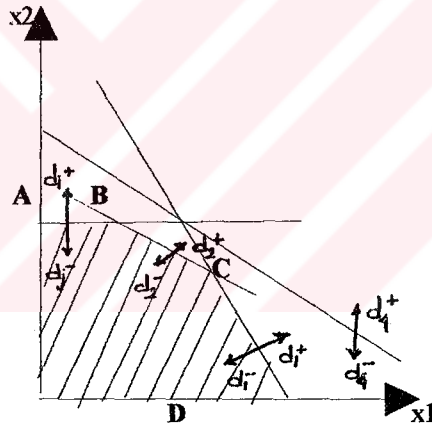
$$X_1 + X_2 + d_2^- - d_2^+ = 600$$

$$X_2 + d_3^- - d_3^+ = 300$$

$$X_1 + 4X_2 + d_4^- - d_4^+ = 1600$$

2.7.2.1.1 Lineer Hedef Programlamanın Grafik Yöntemle Çözümü

Problemle ilgili kısıtlar bir grafik üzerine taşınırsa , Şekil 2.5 elde edilir.



Şekil 2.5: Örnek 2.2 'in kısıtlarının grafik üzerinde gösterilmesi

Taralı alanlar, hedef denklemlerinin arzu edilen sapmalarını gösteren olurlu bölgelerdir. Dört hedef denklemini tatmin eden bir olurlu bölge olmamasına rağmen, hedef programlamasında önem dereceleri kavramı kullanılarak bu olurlu bölgeyi oluşturmak mümkündür. Buna göre birinci derecede önemli sayılan, en küçükleyecek sapmalar P1, ikinci derecede önemli sayılan en küçükleyecek sapmalar P2 gölge ağırlıkları verilsin. Bu mantıkla amaç fonksiyonu aşağıda hale gelir.

$$\text{Min } Z = P_1 (d_1 + d_2 + d_3) + P_2 (d_4) \quad (2.9)$$

Birinci derecede önemli hedef denklemlerini tatmin eden olurlu bölge Şekil 2.1'deki taralı alanla gösterilen bölgedir. İkinci derecede önemli bölge d_4 , 300 değerini alıncaya kadar en küçüklenir. Böylece:

$$X_1 = 200$$

$$X_2 = 300$$

$$f_1 = 1400$$

$$d_1 = d_2 = d_3 = 0, \quad d_4 = 200 \text{ değerleri elde edilir.}$$

2.7.2.1.2 Lineer Hedef Programlaması Probleminin İterasyonla Çözümü

Lineer hedef programlaması problemlerinin iterasyonla çözüm mantığı grafik çözümle olduğu gibidir. Önce birinci derecede önemli başarıma fonksiyonu ($h_1(d, \bar{d})$) en küçüklenir. Onu h_2 ve h_3 izler. Yani önem sırasına göre ardışık 1 tane alt klasik problemine ayrılır. (Evren, 1992)

Bu konuyu açıklamak için aşağıdaki problemimizi gözönüne alalım.

$$\text{Min } Z = P_1(d_1 + d_2 + d_3) + P_2(d_4) + P_3(d_5)$$

$$X_1 + 2X_2 + d_1 - \bar{d}_1 = 800$$

$$X_1 + X_2 + d_2 - \bar{d}_2 = 600$$

$$X_2 + d_3 - \bar{d}_3 = 300$$

$$X_1 + d_4 - \bar{d}_4 = 650$$

$$X_1 + 4X_2 + d_5 - \bar{d}_5 = 1600$$

$$X, d, \bar{d} \geq 0$$

Buradan alt problemler oluşturulur.

Alt problem1:

$$\text{Min } h_1 = (d_1 + d_2 + d_3)$$

$$X_1 + 2X_2 + d_1 - d_1^+ = 800$$

$$X_1 + X_2 + d_2 - d_2^+ = 600$$

$$X_2 + d_3 - d_3^+ = 300$$

$$X, d, d^+ \geq 0 \quad h_1^* = 0 \text{ olduğu için 2.alt problem}$$

Alt problem 2:

$$\text{Min } h_2 = d_4^-$$

$$X_1 + 2X_2 + d_1 = 600$$

$$X_2 + d_3 = 300$$

$$X_1 + d_4^- - d_4^+ = 650$$

$$X, d, d^+ \geq 0$$

Buradan $X_1 = 600, X_2 = 0, d_4 = 50$ olarak bulunur.

Alt problem 3:

$$\text{Min } h_3 = d_5^-$$

$$X_1 + 2X_2 + d_1 - d_1^+ = 800$$

$$X_1 + X_2 + d_2 - d_2^+ = 600$$

$$X_2 + d_3 - d_3^+ = 300$$

$$X_1 + d_4^- - d_4^+ = 650$$

$$d_4^- \leq 50$$

$$X_1 + 4X_2 + d_5 - d_5^+ = 1600$$

$$X, d^-, d^+ \geq 0$$

Çözüm: $X_1=600, X_2=0, d_3=1000, h^*=(0,50,1000)$

Bu örnekte de görüldüğü gibi Problem1'in optimum çözümü $h1^* = h1(d, d)$ kullanılan hedef denklemleri tatmin etmesi zorunlu kısıtlardan oluştuğu için $h^* = 0$ dır. $h^* \neq 0$ ise çözüm yoktur. (Burcu, 1988)

2.7.3. Karar Vericiden Karar Prosesi Sırasında Ardışık Olarak Bilgi Talep Eden Yöntemler (Etkileşimli Yöntemler)

Genel olarak etkileşimli yöntemler olarak bilinen bu yöntemler, amaçlar uzayında karar vericinin tercihlerinin ardışık olarak belirtilmesi esasına dayanır. Karar verici ile analist arasında sürekli olarak devam eden bir bilgi alışverişi ile gerçekleştirilir. Karar verme prosesinin her aşamasında karar vericiden bulunan sonucu değerlendirmesi istenir. Böylece karar vericiye, bir amaçın lehine diğer bir amaçtan yapacağı fedakarlık miktarını belirlemesi imkanı sağlanır. Bu bilginin karar vericiye sunulmuş şekli etkileşimli yöntemlerin çeşidine göre değişir. (Lee, 1986)

Karar verme proseslerinin karmaşıklığı nedeniyle etkileşimli yöntemler başlangıçta karar vericinin tercihleriyle ilgili bilgi veremeyeceğini fakat, bulunan bir çözüme dayanarak kısmi bir tercih bilgisi verebileceğini kabul ederler. Çözüm prosesi ilerledikçe karar verici sadece tercihleriyle ilgili bilgiyi vermekle kalmaz, ayrıca problem hakkında da bilgi sahibi olur. (Öztürk, 1986)

Bu yöntemin avantajlı tarafları şöyle sıralanabilir:

- Bir ön tercih bilgisi gerektirmezler.
- Yalnızca kısmi tercih bilgisi gerektirirler.
- Karar vericinin sistemin davranışı ile ilgili bilgi sahibi olmasına izin verir.
- Karar verici bulunan çözümün bir parçası olduğundan sonucun uygulanabilirliği daha kolaydır.

Etkileşimli metodların bu yararlarına karşılık dezavantajlı taraflı da vardır.

- Çözümler karar vericinin ifade edilebildiği bölgesel tercihin doğruluğuna bağlıdır.

- Sınırlı sayıda iterasyonla sonuca ulaşılabileceğine dair hiçbir garanti yoktur.

- Karar vericiyle devamlı temas halinde bulunmak zor olabilir.

Şimdi bu metodlardan en çok kullanılanlarını açıklamaya çalışalım:

2.7.3.1 Stem Yöntemi

Bu yöntem Beayoun, Larichev, De Montgolfier ve Tergny tarafından geliştirmiştir. STEP metodu adıyla da bilinmektedir. Yöntem iteratif bir çözüm süreci ile hareket eder ve bu süreç sonucunda karar verici en iyi uzlaşık çözüme ulaşır. İterasyonlar esnasında karar vericinin, en iyi çözümleri ve amaçların relatif önemini tanıması ve öğrenmesi sağlanır. Her çevrimde bir hesaplama birde karar aşaması vardır. Bu da karar verici ile analist arasındaki diyalog ile gerçekleşir. (Golson, et.al, 1989)

Stem yönteminin algoritması şu şekildedir.

Adım 1: Alternatif çözümler tablosunun oluşturulması.

Herbir amaç fonksiyonu Simplex Metod ile çözmek suretiyle, ideal çözümler bulunur ve ($f_1, f_2, \dots, f_m$) ile gösterilir.

Adım 2 : Hesaplama safhası

Π_j , optimuma olan uzaklığın önem derecesidir.

$$\Pi_j = \frac{\alpha_j}{\sum_j \alpha_j} \quad (2.10)$$

α_j aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\alpha_j = \frac{f_j^* - f_{j \min}}{f_j^*} \left[1/\sqrt{\sum(c_{ji})} \right] \quad f_j^* > 0 \quad (2.11)$$

$$\alpha_j = \frac{f_{j \min} - f_j^*}{f_{j \min}} \left[1/\sqrt{\sum(c_{ji})} \right] \quad f_j^* \leq 0 \quad (2.12)$$

Burada c_{ji} j.amacın katsayısıdır.

Bu hesaplamalar yapıldıktan sonra aşağıdaki LP problemi çözülür.

Min λ

$$\lambda \geq \{f_j^* - f_j(x)\} \cdot \Pi_j \quad j=1,2,...,k \quad (2.13)$$

m

$$X \in X$$

$$\lambda \geq 0$$

Adım 3: Karar Aşaması

Uzlaşık çözüm X_m f_m ve f_i^* karşılaştırılmak üzere karar vericiye sorulur. İterasyonun gereği olarak eğer bazı amaçlar tatminkar değilse, karar verici tatmin olunan amaç f_{jm} 'den, tatmin olunmayan amaç lehine fedakarlık yapmak zorundadır. Böylece çevrim için uygun bölge aşağıdaki gibi oluşur.

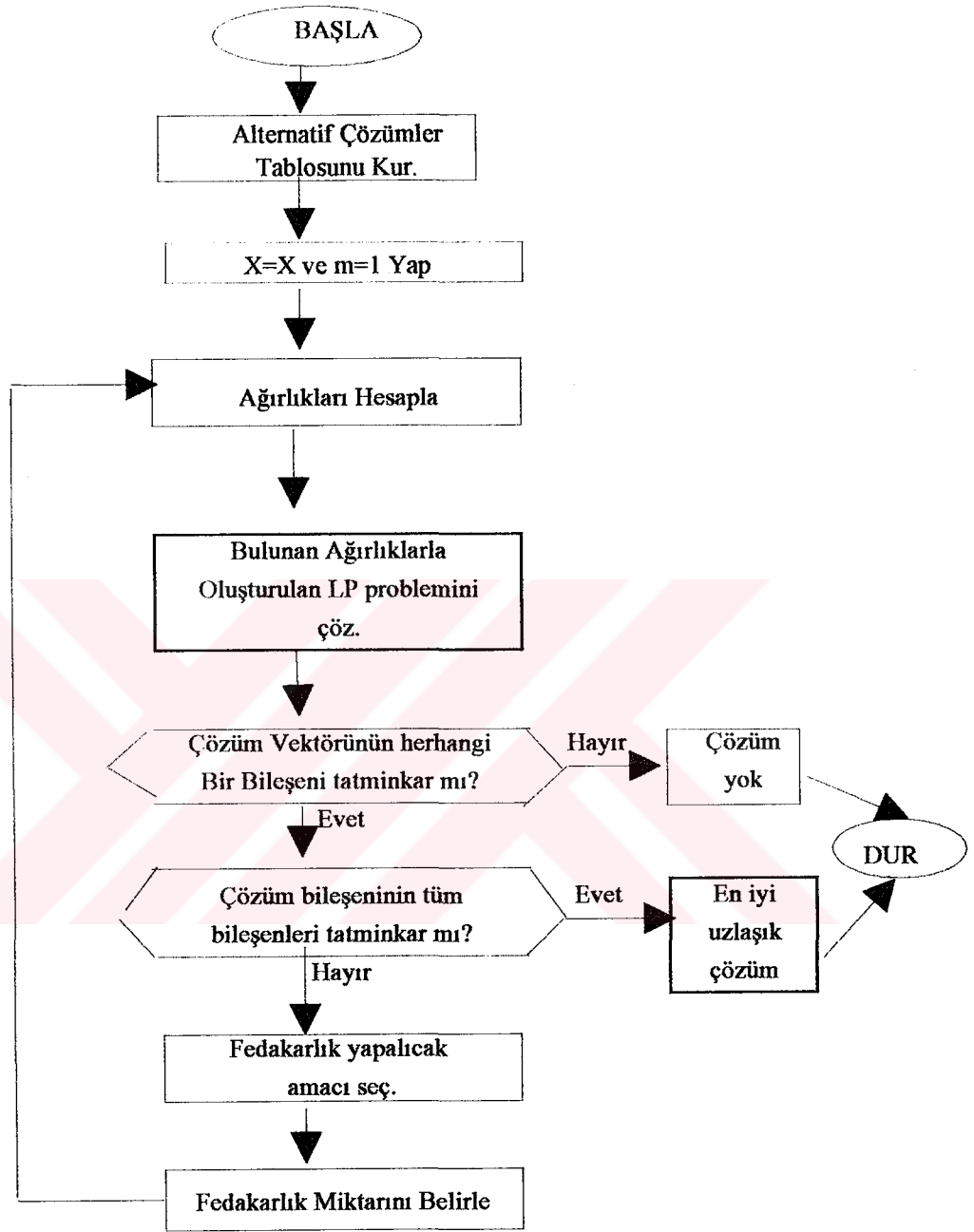
X_m

$$f_j(x) \geq f_j(X_m) - \Delta f_i \quad (2.14)$$

$$f_j(x) \geq f_j(X_m), i \neq j, i=1,2,... \quad (2.15)$$

Tatmin olan amaca ait $\Pi_{ij} = 0$ alınır. (m+1) aşaması başlar. benzer işlemler tatmin edici çözüme ulaşıncaya kadar devam eder. (Po Lung Yu, 1985)

Stem yönteminin adımları Şekil 2. 7 ' de özetlenmiştir.



Şekil 2.6.STEM Yönteminin Akış Şeması

Bu yöntemin açıklanması için ,diğer yöntemlerin açıklanmasında da kullandığımız civata üretimi problemini tekrar ele alalım:

Amaç Fonksiyonu

$$\text{Max } (f_1, f_2) = [(X_1), (X_1 + 4X_2)]$$

Kısıtlar

$$X_1 + 2X_2 \leq 800$$

$$X_1 + X_2 \leq 600$$

$$X_2 \leq 300$$

$$X_1, X_2 \geq 0$$

Adım 1: Alternatif Çözümler tablosunun oluşturulması

Her iki amaç denklemini de Simplex Metodu ile çözülerek aşağıdaki tablo oluşturulur.

Tablo 2.3: Alternatif Çözümler Tablosu

	f1	f2	X1	X2
f1	600	600	600	0
f2	200	1400	200	300

Adım 2: Ağırlıkların hesaplanması

$$\alpha_1 = \frac{f_1^* - f_1 \min}{f_1^*} \left[\frac{1}{\sqrt{(c_{11}^2 + c_{12}^2)}} \right]$$

$$\alpha_1 = \frac{600 - 200}{600} \left[\frac{1}{\sqrt{(1^2 + 0^2)}} \right]$$

$$\alpha_1 = 0.667$$

$$\alpha_2 = \frac{f_2^* - f_{2 \min}}{f_2^*} \left[\frac{1}{\sqrt{(c_{21}^2 + c_{22}^2)}} \right]$$

$$\alpha_2 = \frac{1400 - 600}{1400} \left[\frac{1}{\sqrt{(1^2 + 4^2)}} \right]$$

$$\alpha_2 = 0.1386$$

$$\Pi_1 = \alpha_1 / (\alpha_1 + \alpha_2) = 0.667 / (0.667 + 0.1386) = 0.828$$

$$\Pi_2 = \alpha_2 / (\alpha_1 + \alpha_2) = 0.1386 / (0.667 + 0.1386) = 0.172$$

Min λ

$$\lambda \geq (600 - X_1) \cdot 0.828$$

$$\lambda \geq (1400 - 4X_2 - X_1) \cdot 0.172 \quad (\text{kısıtlar aynı kalmak şartıyla})$$

$$X' = (X_1', X_2') = (495.4, 104.6)$$

$$f' = (f_1', f_2') = (495.4, 913.8)$$

Adım 3: Karar Aşaması

Elde edilen veriler karar vericiye gösterilir, karar verici verilerden f_1' tatmin edici bulur, fakat f_2' tatmin edici bulmazsa f_1' den f_2' lehine yapabileceği max. fedakarlık miktarını belirtmesi istenir. Bu miktar $\Delta f_1 = 15$ olsun. Buna göre ;

X

$$X \quad f_1(X) \geq f_1(X') - \Delta f_1 = 495.4 - 15 = 480.4$$

$$f_2(X) \geq f_2(X') = 913.4$$

İterasyon 2:**Adım 1:Yeni ağırlıklar hesaplanır.**

$\Pi_1 = 0 \quad \Pi_2 = 1$ bulunur.

Bu ağırlıklara göre yeni lineer programlama modeli aşağıda verildiği gibidir.

$$\lambda_1 \geq (600 - X_1) \cdot 0$$

$$\lambda_2 \geq (1400 - 4X_2 - X_1).$$

$$x \in X$$

$$X \quad x_1 \geq 482.57$$

$$x_1 + 4x_2 \geq 907.28$$

Buradan yeni elde edilen çözüm şöyle olur.

$$X'' = (X_1'', X_2'') = (480.4, 119.6)$$

$$f'' = (f_1'', f_2'') = (480.4, 958.8)$$

Karar verici sonuçları tekrar değerlendirir ve sonuç tatmin edici değilse işlem devam eder. Tüm bulunan sonuçlar bir tablo haline getirilse **Tablo 2.4** elde edilir.

Tablo 2.4: Stem Metodundan elde edilen tüm sonuçlar.

	f_1	f_2	x_1	x_2
f_1	497.57	907.28	497.57	102.42
f_1	492.57	922.28	492.57	107.42
f_1	487.57	937.28	487.57	112.42
f_1	482.57	952.28	482.57	117.42
f_1	477.57	967.28	477.57	122.42
	$f_1^* = 600$	$f_2^* = 1400$	$x_1^* = 600$	$x_2^* = 300$

2.7.3.2 Ziont ve Wallenius Yöntemi

Bu yöntem Ziont ve Wallenius tarafından önerilmiştir. Yöntemin ilk adımı herbir amaç fonksiyonu için keyfi olarak bir ağırlıklar kümesi seçmek (λ_i) ve bunları kullanarak birleşik amaç fonksiyonu ya da diğer bir deyişle modelin yararlılık fonksiyonunu oluşturmaktır. Daha sonra bu birleşik amaç fonksiyonu, problemin bir baskın çözümü bulmak için optimize edilir. Temel olmayan değişkenler kümesinden, bir etkin değişkenler alt kümesi seçilir. Bir etkin değişken, temel çözüme dahil edildiği zaman amaçlardan en az birinde azalma olmadan, diğer bir amaçta yükselme sağlayamayan değişkendir. (Golson, 1989)

Herbir etkin değişken için bazı amaçlarda yükselme olurken, diğerlerinde azalma sağlayan bir takaslar kümesi tanımlanarak, karar vericiye sunulur. Karar vericiden benimsediği, benimsemediği, çekimser olduğu alternatifleri belirtmesi istenir. Karar vericiden alınan bilgilere göre, yeni ağırlıklar oluşturulur.

Yöntem başlangıçta Simplex algoritmaya uygun olarak formüle edilir.

$$\begin{aligned} \text{Max } U &= \sum_{i=1}^p \lambda_i . u_i \\ Ax &\leq b \\ X &\geq 0 \end{aligned} \quad (2.16)$$

Burada:

A: Kısıt denklemleri katsayı matrisi

X: Karar değişkenleri vektörü

b: Kısıt değerleri vektörü

p: Amaç sayısı

Eğer amaç denklemleri (u_i) lineer değilse, uygun bir şekilde lineer hale getirilir. (a) modelinin çözümü sonucu baskın bir eksterm çözüm noktası belirlenmektedir. Bundan sonra simplex tablodaki temel çözüme girmeyen değişkenler değerlendirilmektedir. Temel olmayan değişkenler iki gruptan oluşmaktadır. Birinci

grupta, temel çözüme girdiğinde ardışık verimli (baskın) ekstrem çözüm noktaları veren değişkenler, ikinci grupta sözkonusu çözüm noktalarını vermeyen değişkenler yer almaktadır.

Birinci gruptakilere verimli, ikinci gruptakilere verimsiz değişkenler denilmektedir. Yöntem verimli değişkenleri belirlemek için aşağıdaki LP problemini çözmektedir.

$$\text{Amaç:} \quad \text{Min } Z = \sum W_{ik} \cdot \lambda_i \quad (2.17)$$

$$\text{Kısıtlar:} \quad \sum w_{ij} \cdot \lambda_i \geq 0 \quad j \in N \quad j \neq k$$

$$\sum w_{ij} \cdot \lambda_j \geq 0 \quad j \in N \quad j \neq k$$

$$\sum \lambda_i = 1, \lambda_i \geq 0, i = 1, \dots, p$$

$$\sum \lambda_j = 1, \lambda_j \geq 0, j = 1, \dots, p \quad (2.18)$$

Burada;

N : Temel olmayan değişkenler kümesi

W_{ij}: Bir birim temel olmayan X_j değişkeninin temel çözüme girmesiyle amaç değerlerindeki kazanç-kayıp değerler

k : Verimli olup olmadığı araştırılan ve temel olmayan değişkene ait indis,

P : Amaç denklemi katsayısı

λ_i : i amacına verilen ağırlık

Burada ; $\forall k$ için bir adet LP modeli çözülerek temel olmayan değişkenler değerlendirilmektedir. Eğer min amaç değeri negatif ise X_k verimli, aksi takdirde verimsizdir. Yöntem daha sonra her verimli, temel olmayan değişkene ait kazanç-kayıp değerlerini karar vericiye sunarak bazı tercihler yapmasını istemektedir. Örneğin; X_j temel olmayan değişkeni için, karar vericiden amaç değerlerinde W_{ij} ($i=1, \dots, p$) 'lik artış ve azalışları kabul edip etmediği sorulur.

Cevap evet ise;

$$\sum W_{ij}.\lambda_i \leq \epsilon \quad (2.19)$$

Cevap hayır ise;

$$\sum W_{ij}.\lambda_i \geq \epsilon \quad (2.20)$$

Kararsız;

$$\sum W_{ij}.\lambda_i = 0 \quad (2.21)$$

Kısıtlar LP modeline ilave edilerek simplex algoritma ile optimal değerler belirlenmektedir.Yöntem tekrar temel olmayan değişkenlerini değerlendirmekte ve bu problem hiçbir verimli temel olmayan değişken kalıncaya kadar sürmektedir.Son bulunan ekstrem çözüm noktası problemin optimal çözüm noktasıdır.

2.7.3.3. Geoffrion,Dyer ve Feinberg (GDF) Yöntemi

Etkileşimli karar verme yöntemlerinden GDF yöntemi 1972 yılında bulunmuştur.Bu etkileşimli programlama yönteminde herhangi bir X seçeneğine ilişkin ölçütler vektörü ile başlayarak yarar işlevini en çok artıracak bir yön bulmakta ve bu yönde ne kadar ilerlenmesi gerektiği saptanmaktadır.Bu işlem tekrarlanmak suretiyle en iyi seçeneğe doğru yaklaşılmaktadır.Gerek U'yu en çok artıracak yönün bulunması ve gerekse bu yönde ne kadar ilerlenmesi gerektiği konusunda karar verici ile devamlı bir etkileşim içindedir.Ancak sözü edilen yönün belirlenmesi, ölçütler arasındaki ikame oranını gerektirdiğinden karar verici bunları kesin sayılar olarak belirlemek gibi bir güçlüklerle karşılaşmaktadır.

Etkileşimli yöntemlerde, amaç sayısı ikiden fazla olduğu zaman değiş tokuş oranlarını elde etmek zordur.Fakat, karar verici iki amaç olduğu zaman bu amaç fonksiyonlarının erişilen değerleri kendisine sunulduğunda bunlar arasındaki değiş tokuş oranlarını tespit etmek daha kolaylaşır.Böylece verimli değişkenlerin optimizasyon tekniği kullanılarak ardışık değiş tokuş miktarıyla bir bütün değer fonksiyonu teşkil edilebilir.(Evren,1989)

2.7.3.4.Yedek Değer Yöntemi

Yedek değer yöntemi Haimes,Hall,Freedman tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntem erişilmesi arzu edilen amaç seviyeleri verildiğinde,bunların kesin değerlerinden ziyade, Karar vericinin iki amaç arasındaki görelî marjinal ikame değerlerindeki azalma ve artışı daha kolay belirleyebileceği gerçeğine dayanır.

Yöntem iki adımdan oluşur.

1.Amaç uzayında, ikame fonksiyonlarını oluşturan baskın çözümlerin belirlenmesi

2. Baskın çözümlerarasından en iyi uzlaşık çözümün araştırılması.

Verimli kümede çok az sayıda seçenek bulunması halinde bu kümenin belirlenmesi karar problemini önemli ölçüde kolaylaştıracaktır. Ancak, bazı problemlerde bu kümenin büyük sayıda seçenekleri içerebileceği ve bu kümede tek bir seçenekte karar kılınmasının zorlaşacağı açıktır.Bunun yanı sıra, tüm iyi seçeneklerin mutlaka bu kümede olacağı koşuluda karar vericiyi belki de gereksizce bağlamak anlamına gelebilir.Verimli küme kavramının temelinde yatan "monoton artan yarar işlevi varsayımı geçerli olabileceğinden, seçenekler verimli olmasalar bile karar verici yönünden iyi seçenekler olabilir.Verimlilik koşulu altında bulunan olanak kalmamakta, bir başka deyişle karar sürecine gereken ilgi gösterilmemiş olmaktadır.(Ghiassi,et al,1984).

2.7.3.5.Vektör Eniyilemesi

Çok amaçlı karar vermeye teorik bir yaklaşımda yararlılık fonksiyonunun kurulmasıdır.Karar vericiden amaçlarını tek bir fonksiyona, yararlılık fonksiyonuna dönüştürmesi istenir. En iyi çözümü elde etmek üzere maksimize edilecek olan fonksiyon bu fonksiyondur.Bu yararlılık fonksiyonu amaç fonksiyonlarının toplamı veya ağırlıklı toplamı, çarpımı veya çarpımlarının toplamı olarak ifade edilmektedir.Bunlardan en çok kullanılan ağırlıklı toplam formülüdür.Bu formül;

$x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ karar değişkeni vektörünü;

$f_i(x)$: i 'inci amaç fonksiyonu

λ_i : i' inci amaca karşı gelen ağırlığı göstermek üzere:

$$f(x): \sum \lambda_i \cdot f_i(x)$$

$\lambda_i \geq 0$ ve $\sum \lambda_i = 1$ koşullarını sağlamaktadır.

λ_i ağırlıkları karar vericinin sezgi ve yargısına dayanarak saptanmaktadır. Toplam veya ağırlıklı toplam formülünü kullanılablmesinin en önemli koşullarından biri $f_i(x)$ 'lerin aralarında bağımsız olmasıdır.

Pratikte bu yaklaşımın pek çok aksaklıkları vardır. Amaçlar arası değiş-tokuşu problem çözülmeden belirlemek genellikle olanaksızdır.

Vektör eniyilemesi çok amaçlı karar vermedeki durumlar için alternatif bir yaklaşımdır.

Bu yöntemin en çok kullanılanı "kompozit amaç fonksiyonları" ile çözümdür.

Kompozit amaç fonksiyonlarının oluşturulmasında ilk olarak, 1975 yılında Cohon ve Marks, 1976 yılında Hwang ve Masud, 1983 yılında Ghiassi, De vour, Desouky, Kijowski çalışmıştır.

Küçük boyutlu problemlerin çözülmesinde daha önce açıkladığımız grafik metod ya da diğer geleneksel yöntemler yeterli olabilir, fakat problemin boyutu artıçça bu teknikler yetersiz hale gelir. Bunun nedeni ise, çok fazla baskın olmayan çözümün oluşmasından dolayı yerdeğıştirmelerin zorlaşmasıdır. Bu gibi durumlarda amaç fonksiyonunun bütünleşik değeri en etkin yaklaşım tarzıdır. Burada en önemli konu amaçların ağırlıklandırılmasıdır. Ağırlıkların, kriterlerin göreceli öneminin yansımasıdır. Yaygın ölçütleri belirlemek için iki yöntem vardır: Boyutsal Ağırlıklandırma, Boyutsuz Ağırlıklandırma.

Boyutsal ağırlıklandırmada her kriter ve yaygın olarak kullanılan boyutlar arasındaki değışimi geliştirmek gerekecektir. Yaygın olarak kullanılan bu boyutlara örnek vermek gerekirse, para birimi ile ifade edilen değeri olduğunu söylemek mümkündür. Boyutlar arasındaki bu değışimin gerçekleştirilmesi her ağırlıklandırma safhasından sonra, elde edilen sonuçların karar verici tarafından

değerlendirilerek önem derecelerinin azaltılması yada artırılmasına dayanır ki bu yöntemin en güç tarafıdır.

Boyutsal ağırlıklandırmada ise, değiş-tokuş ön geliştirmesi gerektirmez. Fakat kriterlerin boyutsuz ünitelere transformasyonu gerekir. Bu işlem ağırlıkların artırılması ek yarar sağlanabilmesi için gereklidir.

Boyutsuz ağırlıklandırmanın avantajları şunlardır:

1. Karar vericiye arzu edilebilirlik değeri için bilgi sağlar.
2. Arzu edilebilirlik seviyesi, tatmin alanının tam olarak bilinmesi nedeniyle seçilebilir. Bu da daha gerçekçi bir çözümdür.
3. Karar verici tarafından belirlenen performans değişkenleri için ve optimum çözümle bulunan ulaşılabilirlik seviyesi arasında duyarlı bir analizin yürütülmesine yardımcı olur.
4. Tüm ağırlık pozitif ise, amaçların ağırlıklandırılmasından oluşan bütünleşik amaç fonksiyonu, bulunan sonucun baskın olamayan çözümler kümesinde olacağını garanti eder. (Hwang, et al, 1980)

Sembolik olarak gösterilmek gerekirse, kompozit amaç fonksiyonu şu şekilde gösterilir:

$$U = \sum a_k \cdot y_k(x) \quad (2.22)$$

$$a_k = \frac{A_k - n_k}{m_k - n_k} \quad (2.23)$$

$$y_k(x) = \frac{z_k(x) - n_k}{m_k - n_k} \quad (2.24)$$

Burada;

U:Kompozit amaç fonksiyonu;

X:Bağımsız değişkenler vektörü

yk: zk amaçlarının boyutsuz hali

ak: zk amacı ile ilgili boyutsuz ağırlık

mk,nk:Sırasıyla basılgin olmayan bölge içinde ele alınabilen K.amacın max. ve min. değerleri

Ak:k.ncı amacın arzu edilen hedef değeri

2.7.4.Çok Amaçlı Lineer Regrasyon Yöntemi

Talaş Kaldırma Şartlarının belirlenmesinde kullanılacak yöntemlerimizden biri de çok amaçlı lineer regrasyon yöntemidir.Regresyon yöntemi uygulandığında, birden çok bağımsız değişkene ihtiyaç olduğu görülmektedir.

Önemli sorunların belirlenmesinde, diğer bir çok yöntemde olduğu gibi düzenli ve sıra ile belirsizlikleri ortadan kaldırarak çözüm yapmak zor olduğundan çok amaçlı lineer regresyon yöntemine ihtiyaç vardır.

Genel olarak problemin formülasyonu şu şekildedir:

$$(\mu y | X_1, X_2, \dots, X_k) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_k X_k \quad (2.25)$$

Genelleştirilmiş sonuç olarak denklem şu hali alır;

$$y = b_0 + b_1 . x_1 +, \dots, + b_k. \quad (2.26)$$

$$\{ (x_{1i} , x_{2i}, \dots, x_{ki}); i=1,2,\dots,n \text{ ve } n>k \}$$

Veriler kullanım kolaylığı sağlamak için şu şekilde düzenlenmiştir.

$$\begin{aligned} y_i &= \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \dots + \beta_k X_{ki} + \varepsilon_i \\ &= b_0 + b_1 . x_{1i} +, \dots, + b_k x_{ki} + \varepsilon_i \end{aligned} \quad (2.27)$$

Her gözlem sonunda tahminler aşağıdaki şekilde denklem haline getirilir. Oluşturulan normal eşitlikler $Ab = g$ matris formunda yerleştirilir.

$$nb_0 + b_1 \sum x_{1i} + b_2 \sum x_{2i} + \dots + b_k \sum x_{ki} = \sum y_i$$

$$b_0 \sum x_{1i} + b_1 \sum x_{1i}^2 + b_2 \sum x_{1i}x_{2i} + \dots + b_k \sum x_{1i}x_{ki} = \sum x_{1i}y_i$$

$$A = \begin{bmatrix} n & \sum x_{1i} & \sum x_{2i} & \dots & \sum x_{ki} \\ \sum x_{1i} & \sum x_{1i}^2 & \sum x_{1i}x_{2i} & \dots & \sum x_{1i}x_{ki} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \sum x_{ki} & \sum x_{ki}x_{1i} & \sum x_{ki}x_{2i} & \dots & \sum x_{ki}^2 \end{bmatrix}$$

$$b_0 \sum x_{ki} + b_1 \sum x_{ki}x_{1i} + b_2 \sum x_{ki}x_{2i} + \dots + b_k \sum x_{ki}^2 = \sum x_{ki}y_i \quad (2.28)$$

$$A = \begin{bmatrix} n & \sum x_{1i} & \sum x_{2i} & \dots & \sum x_{ki} \\ \sum x_{1i} & \sum x_{1i}^2 & \sum x_{1i}x_{2i} & \dots & \sum x_{1i}x_{ki} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \sum x_{ki} & \sum x_{ki}x_{1i} & \sum x_{ki}x_{2i} & \dots & \sum x_{ki}^2 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ \cdot \\ b_k \end{bmatrix}$$

$$g = \begin{bmatrix} g_0 = \sum y_i \\ g_1 = \sum x_{1i}y_i \\ \cdot \\ g_k = \sum x_{ki}y_i \end{bmatrix} \quad (2.29)$$

Burada eğer matris nonsingular ise, matrisin inversi alınarak ($b = A^{-1}.g$) çözüme gidilir.

Çok Amaçlı Karar Verme yöntemleri, karmaşık yapıları çok sayıda kısıt ve amaç denkleminin sahip bir çok problemin kolaylıkla çözümüne yönelik bilgisayar uygulamaları olarakta günümüzde kullanılmaktadırlar. Gerçek işletme şartları ele alındığında kısıtların ve amaçların oldukça fazla değişkene bağlı olduğu ve bunların gerek çok ölçütlü lineer regresyon analizi gerekse burada anlatılan diğer yöntemlerden faydalanılarak çözümü kolay olmayacaktır. Ancak yine de problemin modellenmesi aşamasında çok ölçütlü lineer regresyon yöntemi sıkça kullanılan metodlardan biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Projemizin son bölümünde yapılan uygulama safhasında, modelin kurulması çok ölçütlü lineer regresyon yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Modelin kurulması esnasında I. bölümde açıklanan talaş kaldırma hesapları yardımıyla elde edilen sonuçlar kullanılmıştır. Sonuçlar Çok Ölçütlü Simplex Metod , Kompozit Amaç Fonksiyonları ve Toplu Kriter yöntemi ile bulunmuştur.

Problemdeki veriler 2.28 numaralı denklemde verilen forma uygun olarak düzenlendikten sonra, 2.29 numaralı denklem ile verilen A, B, g matrislerine ayrılır. Eğer matris nonsingular ise A matrisinin inversi alınır, $b = A^{-1}.g$ matris çarpımı yapılarak sonuç bulunur.

III. BÖLÜM

I. ve II. bölümlerde, talaş kaldırma şartları dediğimiz parametrelerin ve talaş kaldırma olayını etkileyen en önemli faktörlerin ve hesap aşamasının, çok ölçütlü karar verme biliminin ve metodlarının açıklanmasına çalışılmıştır. Bu bölümde ise, imalat sanayinde oldukça önemli bir yer tutan talaşlı şekillendirme işlemlerinin (tornalama operasyonlarında), gelişen teknolojiye ve bilimsel araştırmalara dayanılarak nasıl iyileştirilebileceği ve bunun getirileri üzerinde durulacaktır.

3.1. Deneyin Amacı

Uygulamamızda CK60 alaşımsız takım çeliğinden oluşmuş bir iş parçası malzemesinin operasyon karakteristiklerini araştırmak üzere bir deney yapılmıştır. Bu deneyimizdeki amaç, işleme şartlarını meydana getiren operasyon isteklerinin optimizasyonudur. Optimizasyonu istenen amaçlar şu şekilde saptanmıştır:

- Yüzey pürüzlülüğünün minimizasyonu,
- Takım dayanma zamanının maksimizasyonu,
- Kaldırılan talaş hacminin maksimizasyonu,

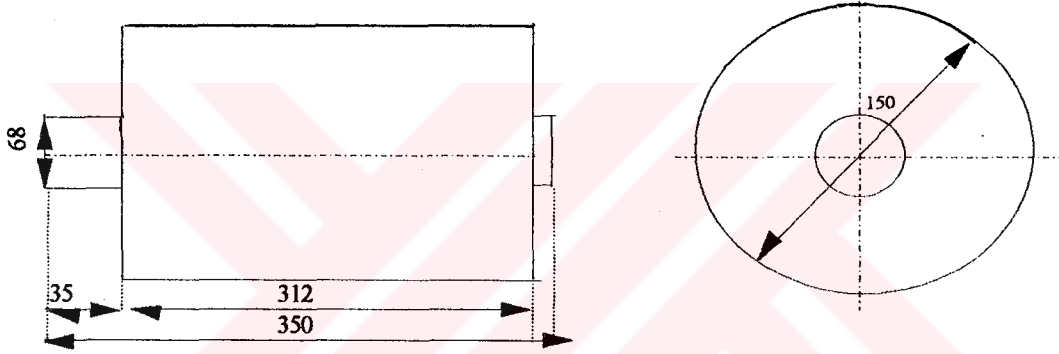
Bu amaçların seçilmesindeki temel neden makina performansını belirleyen en önemli ve en temel esaslar olmalarından kaynaklanmaktadır. Makina performansının, yüzey pürüzlülüğü, işlenen iş parçasının yüzey bütünlüğünü sağlanması, kesici takımındaki aşınma ve güç gereksinimi gibi pek çok performansın birleşimi olduğunu söyleyebiliriz.

Belirlenen amaçlara dikkat edilirse, hemen göze çarpan bir çelişki ortaya çıkar. Örneğin; amaçlarımızdan birisi talaş kaldırma oranının maksimizasyonudur. Buna bağlı olarak her kesici kenar için toplam talaş kaldırma artacaktır. Ancak takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü de artacaktır. Oysa bir diğer amaç bu faktörlerinde minimize edilmesidir. İşte amaçlar arasındaki bu çelişkinin ortadan kaldırılarak, hepsini tatmin edecek sonuçlara ulaşılması klasik optimizasyon metodları ile mümkün

değildir. Bu nedenle çok ölçütlü karar verme yöntemleri yardımıyla bir çözüm kümesi oluşturulacaktır.

3.2. Deneyde Kullanılan Malzemeler, Tezgah ve Cihazlar

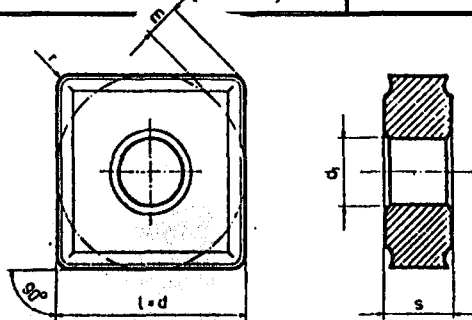
Deney Malzemesi; Deneylerimizde işlenen malzeme olarak CK60 çeliğinden oluşmuş, farklı çaplardaki kütükler kullanılmıştır. Bu kütükler A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L şeklinde harflendirilmiştir. Sütünlü matkap tezgahında, 10 mm çapında punta matkabıyla punta delikleri açıldıktan sonra, torna tezgahına dört ayaklı ayna-punta arasına bağlanmış ve sertlik ölçülerinde kullanılmak üzere daima yan yüzeylerden halkalar çıkarılarak parçalar Şekil 3.1 'de ki boyutlara getirilmiştir.



Şekil 3.1. Deney Malzemesinin Boyutları

Kesici Takım; Deneylerimizde Böhler yapımı SNMG 12 04 08-150 sert metal kater ucu kullanılmıştır. Bu ucun özellikleri ve boyutları Şekil 3.2' de verilmiştir:

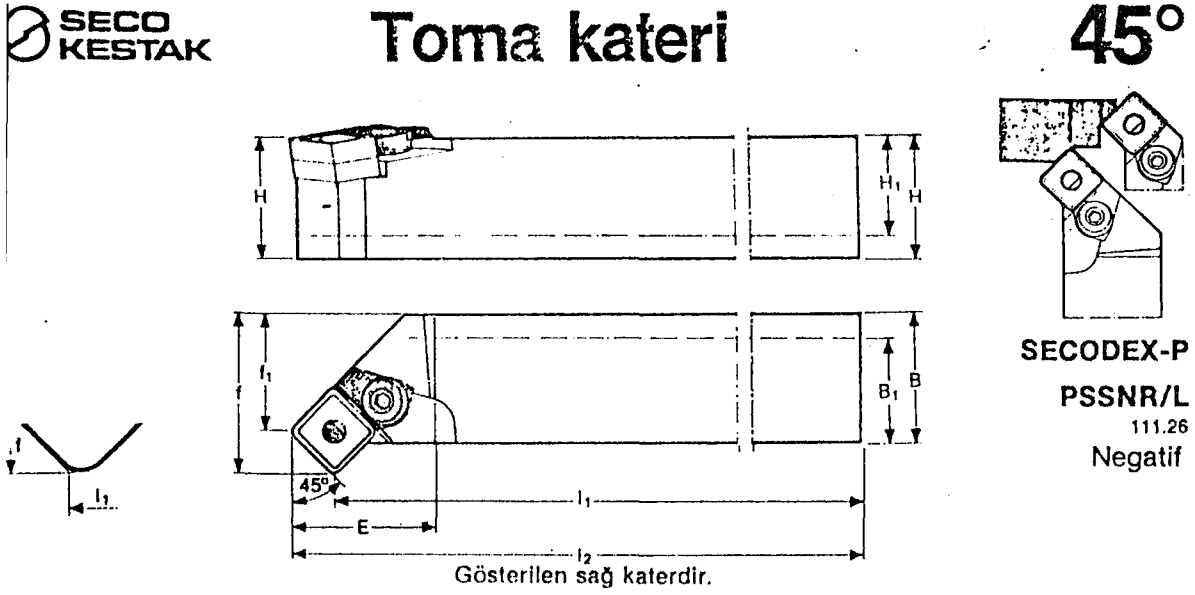
ISO	l(mm)	d1(mm)	s(mm)	r (mm)
SNMG 12 04 08 -150	12,7	5.16	4.76	0.8



Şekil 3.2 Plaket Boyutları.



Toma kateri



Şekil 3.3. Kullanılan Kesici Takım

Ömür deneyine sokulacak olan bu kesici takımlar yapılacak her deney için bir tane kullanılmak üzere 1'den 12'ye kadar numaralandırılırlar.

Takım Tutucu; Deneylerimizde kullanılan takım tutucu Seco Kestak yapımı PSSNR/ L 32 25-12 'dir. Şekil 3.3'de takım tutucunun şekli ve boyutları gösterilmiştir.

H(mm)	B(mm)	l1(mm)	l2(mm)	f(mm)	f1(mm)	E(mm)	B1(mm)	H1(mm)
32	25	170	179	32	23.4	29	20	20

Takım Geometrisi; Deneylerimizde kullanılan SNMG 12 04 08-150 sert metal ucun takım geometrisi şu şekilde açıklanabilir:

κ	α	β	δ
45°	8°	90°	-8°

κ ayar açısı 45° 'dir.Daha öncede değinildiği gibi, kesici kenar düzlemi ile kabul edilen çalışma düzlemi arasındaki açıdır.Ayar açısının küçük seçilmesinin nedeni talaş kaldırma genişliğini artırmaktır.

α serbest açısı serbest yüzey ile kesici ağız düzlemi arasındaki sürtünmeyi azaltmak amacıyla düzenlenen ve serbest yüzeyle işlenen yüzey arasındaki sürtünmeyi azaltan açıdır.Deneylerimizde kullanılan CK60 çeliği için bu açı 8° olarak belirlenmiştir.

β kama açısı ise kesici takım dayanma zamanına etki eden açıdır.Bu nedenle uygun kama açısının seçilmesi çok önemlidir.Bu deney için 90° olarak belirlenmiştir.

δ talaş açısı, talaş yüzeyi ile takım referans düzlemi arasında ölçülen açıdır.Bu açının negatif seçilmesinin nedeni, sert bir malzeme olan Ck60 çeliğinin işlenmesi esnasında kesici ucun kırılma riskini ortadan kaldırmaktır.

Takım Tezgahı; Deneylerimizde aşağıda temel özellikleri verilen üniversal torna tezgahı kullanılmıştır.

Gövde üzerinde parça çapı :	450 mm
Suport üzerinden parça çapı :	270 mm
Köprü boşluğunda parça çapı:	650 mm
Gövde Üzerinden punta yüksekliği:	225 mm
Punta açıklığı	1560 mm
Tornalama boyu	1500 mm
Devir sayıları aralığı	45-2000 mm/dev
Kademe sayısı	24
Boyuna ilerleme aralığı	0.05-6.4 mm/dev
Motor Gücü	5.5 kw

Sertlik Ölçüm Cihazı ;Deneylerimizde, deney parçalarının sertliklerinin bulunmasında Rockwell sertlik cihazı kullanılmıştır.

Ölçme Mikroskobu; Kesici takımın serbest yüzey aşınma büyüklüklerinin ölçülmesinde kullanılmıştır. Bu cihazın özellikleri şunlardır:

Objektif büyütme: 5x, 10x, 100x

Oküler Büyütmesi: 5x, 10x, 20x

Yüzey Pürüzlülük Cihazı; Deney parçalarından alınan ilk pasodan sonra ve takım ömrü sona erdiği zamanki pürüzlülük değerleri ölçülerek aradaki farkla yüzey pürüzlülük değerleri bulunmuştur. Bu cihazın özellikleri şu şekildedir:

Tahrik Birimi

Dedektör Birimi

Hız : 2-6 mm/s

Tarama Ucu : Elmas

Ölçme Aralığı: 2-50 mm

Uç radyusu : 12.5 μ m

Gerilim : 100, 117, 220 V

Uç Açısı : 60°

Boyutlar : 97x200x120 mm

Boyutlar : 22x50

Ağırlık : 3 kg

Ağırlık : 100 gr

3.3. Deneyin Yapılışı

3.3.1. Kesme Koşullarının Belirlenmesi

Sıkmalı kesici plaketi kullanan torna takımları için dayanma zamanı 5-30 ° arasındadır. Deneylerimizde kullanılan en yüksek kesme hızı T=15 dak.'lık dayanma zamanlarına göre hazırlanmış tablolardan Ck60 iş parçası malzemesi ve PIO kesici takım malzemesine göre saptanmıştır. Bu değerler Tablo 3.1'de özetlenmiştir.

V=125-235 m/dak

s=0.11-0.28 mm/dev.

a=1-2 mm

Malzeme: Ck60 (220 BSD)

Kesici Takım:SNMG 12 04 08 - 150

r = 0.8 mm

Deneylerimizde 12 adet ölçüm yapılmıştır.Bu ölçümler için Tablo 3.1 baz alınarak saptanan kesme koşulları ise Tablo 3.2' de gösterilmiştir.

Tablo 3.1.Tornalama Operasyonları için Kesme Değerleri

Malzemeler Alaşımız Çelikler	Sertlik HB	Kesme Derinliği	İlerleme	Kesme Hızı		
		a(mm)	s(mm/dev.)	Ti220	Ti120	Ti20
C22,Ck10,Ck22,St42 C45,St50,St60,C45, CK60	<150	0.5-2	0.1-0.3	430-450	400-310	350-300
		2-4	0.2-0.4	400-320	350-265	310-185
		4-8	0.3-0.6	320-210	270-190	
		>8	0.5-1.2	210-150	190-135	
	150-200	0.5-2	0.1-0.3	390-300	340-265	320-240
		2-4	0.2-0.4	370-285	270-210	
		4-8	0.3-0.6	280-185	240-160	
		>8	0.5-1.2	190-135	170-120	
	200-300	0.5-2	0.1-0.3	340-270	300-220	250-200
		2-4	0.2-0.4	260-200	250-180	
		4-8	0.3-0.6	210-140	180-130	
		>8	0.5-1.2	150-125	130-80	

Tablo 3.2.Deneylerimizde Kullanılan Kesme Şartları

Test No.	v m/dak	a mm	s mm/dev.	q mm2	V mm3/dak.	T dak.	Rq µm
1	125	1.5	0.18	0.27	33750	24,06	2.4
2	125	1.5	0.22	0.33	41250	18.5	3
3	125	2	0.28	0.56	70000	29.53	8
4	160	2	0,18	0,36	57600	17,48	2,8
5	160	1,5	0,22	0,33	52800	18,3	3
6	175	1	0.11	0.11	19250	16.33	3.5
7	175	1.5	0.18	0.27	47250	16.45	5
8	175	2	0.14	0.28	49000	25.04	2.8
9	213	2	0,18	0,36	76680	14,01	2,8
10	213	1,5	0,14	0,21	44730	16,8	3,6
11	235	1.5	0.14	0.21	49350	11.31	4
12	235	1	0.11	0.11	25850	9.63	2

Kesme şartları denilen v , a, s değerleri belirlendikten sonra 1'den 12'ye kadar numaralandırılan kesici takımlardan hangisinin hangi kesme hızında kullanılacağına karar verilir.Bu deneylerde her deney için bir tane olmak üzere 125 m/dak'lık kesme hızı için 1,2,3 numaralı takımlar,160 m/dak için 4,5 numaralı takımlar,175 m/dak'lık kesme hızı için 6,7,8 numaralı takımlar,213 m/dak için 9,10 numaralı takımlar, 235 m/dak.'lık kesme hızı için ise 11 ve 12 numaralı takımlar deneye sokulacak ve böylece kesici takımların farklı kesme hızlarındaki dayanma zamanlarına ait veriler toplanacaktır.

3.3.2..Saptanan Kesme Koşullarına Göre Gerekli Tezgah güçleri

Uygulamamızda Tablo 3.2'de belirtilen şartlarla 12 adet ölçüm yapılmıştır. Bu ölçümler için gerekli tezgah güçleri şu şekilde hesaplanır:

$$\text{Deney 1} \quad N = \frac{a \cdot s \cdot ks \cdot v}{60000 \cdot \eta} \quad (\text{kw})$$

$$N = \frac{1.5 \times 0.18 \times 2978 \times 125}{60000 \cdot 0.8} = 2.1 \text{ kw}$$

(ks değerleri Tablo 1.9 'dan alınmış ve $\eta=0.8$ edilmiştir.)

Deney 2.

$$N = \frac{1.5 \times 0.22 \times 2865 \times 125}{60000 \cdot 0.8} = 2.5 \text{ kw}$$

Deney 3.

$$N = \frac{2 \times 0.28 \times 2757 \times 125}{60000 \cdot 0.8} = 4.02 \text{ kw}$$

Deney 4.

$$N = \frac{2 \times 0.18 \times 2978 \times 160}{60000 \cdot 0.8} = 3.57 \text{ kw}$$

Deney 5.

$$N = \frac{1.5 \times 0.22 \times 2865 \times 160}{60000 \cdot 0.8} = 3.15 \text{ kw}$$

Deney 6.

$$N = \frac{1 \times 0.11 \times 3300 \times 175}{60000 \cdot 0.8} = 1.32 \text{ kw}$$

Deney 7.

$$N = \frac{1.5 \times 0.18 \times 2978 \times 175}{60000 \cdot 0.8} = 2.93 \text{ kw}$$

Deney 8.

$$N = \frac{2 \times 0.14 \times 3150 \times 175}{60000 \cdot 0.8} = 3.21 \text{ kw}$$

Deney 9.
$$N = \frac{2 \times 0.18 \times 2978 \times 213}{60000 \cdot 0.8} = 4.75 \text{ kw}$$

Deney 10.
$$N = \frac{1.5 \times 0.14 \times 3150 \times 213}{60000 \cdot 0.8} = 2.93 \text{ kw}$$

Deney 11.
$$N = \frac{1.5 \times 0.14 \times 3150 \times 235}{60000 \cdot 0.8} = 3.2 \text{ kw}$$

Deney 12.
$$N = \frac{1 \times 0.11 \times 3300 \times 235}{60000 \cdot 0.8} = 1.8 \text{ kw}$$

Gerekli tezgah güçleri ile ilgili sonuçlar Tablo 3.3'da verilmiştir:

Tablo 3.3. Deneylerde Kullanılan Tezgah Güçleri

TEST NO.	a mm	s mm/dev	ks	v m/dak	N kw
1	1,5	0,18	2978	125	2,1
2	1,5	0,22	2865	125	2,5
3	2	0,28	2757	125	4,02
4	2	0,18	2978	160	3,57
5	1,5	0,22	2865	160	3,15
6	1	0,11	3300	175	1,32
7	1,5	0,18	2978	175	2,93
8	2	0,14	3150	175	3,21
9	2	0,18	2978	213	4,75
10	1,5	0,14	3150	213	2,93
11	1,5	0,14	3150	235	3,2
12	1	0,11	3300	235	1,8

3.3.3. Deney Parçalarının Hazırlanması

Deneylerimizde kullanılacak 12 adet deney parçası A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K,L şeklinde harflendirilmiştir. İşlemeye alınacak bu deney parçaları ilk olarak Şekil 3.1'de verilen ölçülerde hazırlanır. Daha sonra laboratuarda bu deney parçalarının Rockwell sertlik ölçüm cihazında sertlik değerleri saptanır. Deney parçası malzemesinin sertlik ölçümleri ,her parçadan çıkarılan halkalar üzerinde 60°'lik altı noktada yapılmış ve bunların ortalaması deneylerde kullanılacak sertlik değeri olarak kabul edilmiştir. Yapılan ölçümlerde elde edilen sonuçlar Tablo 3.4'de verilmiştir.

Tablo 3.4. Deney Parçalarının Sertlik Değerleri

Parça No.	Ölçü sıra no.						Ortalama Sertlik
	1	2	3	4	5	6	
A	92	97	96	97	94	95	95.16
B	94.5	94	92.5	97.5	94.5	97.2	95.08
C	96	97	92.5	95	92	98	95.08
D	91	97	97	96	93.5	95	94.91
E	96	93.5	96	97	95	5	95.91
F	97.5	95	96	98.5	97.5	95	96.58
G	95	94	94	97	97	98	95.83
H	94.5	100	96	97	94	91.5	95.5
I	95	93.5	96	97	95	96	95,80
J	96,5	95	95	98.5	93,5	92,5	94,50
K	95	92,5	94,5	97	97,2	98	95,70
L	94.5	98,5	96	97	94	91.5	96,38

3.3.4. Deney Sistematiği:

Deneylerimizde kullanılacak olan parçalar ilk olarak D= 150 mm'lik çaptan başlayarak denemeye alınır. İlk belirlenen kesme hızı V=125 m/dak'dır. Bu kesme hızını elde edebilmek için tezgah devri;

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot d \cdot n} = 282 \text{ dev/ dak. alınır.}$$

$n=282$ dev/dak tezgah devri ve $V=125$ m/dak 'lık kesme hızıyla parçalar $D=140$ mm ölçüsüne kadar tornalanır.

$D=140$ mm'lik deney parçaları $V=160$ m/dak ve $n= 363$ dev/dak'lık tezgah devri ile $D=130$ mm' ye kadar tornalanır.

$D=130$ mm'lik deney parçaları $V=175$ m/dak ve $n= 428$ dev/dak'lık tezgah devri ile $D=126$ mm' ye kadar tornalanır.

Son olarak $V=235$ m/dak'lık kesme hızı için, tezgah devri $n=644$ dev/dak'ya getirilerek,parçalar $D=116$ mm'ye kadar tornalanır.

Buradan da görüldüğü gibi, devir sayılarında, küçülen parça çapına bağlı olarak sürekli bir artış olmaktadır. Bunun nedeni deney sırasında küçülen çapa bağlı olarak düşen kesme hızını tekrar aynı düzeye çıkarmaktır.

Bu işlemler esnasında tezgah hızları her pasoda dijital bir takometre yardımıyla kontrol edilir.Daha önce belirlenen sıraya göre her kesme hızı için farklı numaralarla işaretlenen kesici takımlar denemeye sokulur.Belirli zaman aralıklarında ise farklı bölgelerde ki aşınma büyüklüğü ölçülür.Deneylerimizde kullanılan sert maden plakette için ömür sonu kriterleri $VB=0.4$ ve $VB_{max}=0.6$ olarak imalatçı firma katoluğundan alınmıştır. $VB= 0.4$ mm'yi az bir miktar geçtiğinde ana kesici kenarda çatlamlar,kopmalar,kırılmalar ve deney parçasının yüzey kalitesinin bozulduğu görülmüştür.Ayrıca talaş oluşumu değişmiş ve talaş yanarak,kısa kesiklerle çıkmaya başlamıştır.Iler kesici takımın aşınması ,aşınmanın limitine eriştiğinde o takım için kesme işlemine son verilir.

3.3.5.Hesaplama Aşaması

Laboratuarda yapılan 12 deneyden elde edilen sonuçlar ve bunların yardımıyla gerekli olan diğer kriterlerinin hesaplanması her deney için aşağıda gösterilmiştir. Daha sonra bu sonuçlardan yararlanılarak çok ölçütlü karar verme metodlarıyla deney sonuçları değerlendirilecektir.IIhesaplamalarımızda kullanılan semboller ve anlamları şu şekildedir.

v = Kesme Hızı (m / dak.)

s = İlerleme Değeri (mm/dev.)

a = Kesme Derinliği (mm)

n = Tezgah Devri (dev / dak)

D = İş Parçası çapı (mm)

T = Takım Dayanma Zamanı (Dak.)

V_B = Serbest Yüzey Aşınma İzi Genişliği (mm)

V_{Bmax} = Max. Aşınma İzi Genişliği (mm)

q = Talaş Kesidi (mm²)

V = Talaş Hacmi (mm³/dak)

DENEY 1.

v (m/dak)	s (mm/ dev.)	a mm	n (dev / dak.)	D mm
125	0.18	1.5	282	150

V_B mm	V_{Bmax} mm	T dak.	Ra μm
0.4	0,59	24'32"	2.4

Talaş hacmi :

$$V = q \cdot v$$

$$V = 1,5 \times 0.18 \times 125 \times 1000$$

$$V = \underline{\underline{33750}} \text{ mm}^3 / \text{dak}$$

Talaş Kesidi:

$$q = a.s$$

$$q = 1.5 \times 0.18$$

$$q = \underline{\underline{0.27}} \text{ mm}$$

DENEY 2.

v (m/dak)	s (mm/ dev.)	a mm	n (dev / dak.)	D mm
125	0.22	1.5	282	150

VB mm	VBmax mm	T dak.	Ra µm
0.391	0.599	18'30"	2

$$q = a \times s$$

$$q = 1.5 \times 0.22$$

$$\underline{q = 0.33 \text{ mm}^2}$$

$$V = q \times v$$

$$V = 0.33 \times 125 \times 1000$$

$$\underline{V = 41250 \text{ mm}^3 / \text{dak.}}$$

DENEY 3.

v (m/dak)	s (mm/ dev.)	a mm	n (dev / dak.)	D mm
125	0.28	2	282	150

VB mm	VBmax mm	T dak.	Ra µm
0.28	0.6	29'32"	8

$$q = a \times s$$

$$q = 2 \times 0.28$$

$$\underline{q = 0.58 \text{ mm}^2}$$

$$V = q \times v$$

$$V = 0.58 \times 125 \times 1000$$

$$\underline{V = 70000 \text{ mm}^3 / \text{dak.}}$$

DENEY4.

v (m/dak)	s (mm/ dev.)	a mm	n (dev / dak.)	D mm
160	0.18	2	363	140

VB mm	VBmax mm	T dak.	Ra µm
0.4	0,55	17'48"	2,8

$$q = a \times s$$

$$q = 2 \times 0.18$$

$$\underline{q = 0.36 \text{ mm}^2}$$

$$V = q \times v$$

$$V = 0.36 \times 160 \times 1000$$

$$\underline{V = 57600 \text{ mm}^3 / \text{dak.}}$$

DENEY5.

v (m/dak)	s (mm/ dev.)	a mm	n (dev / dak.)	D mm
160	0,22	1,5	363	140

VB mm	VBmax mm	T dak.	Ra µm
0.4	0,48	18'38"	3

$$q = a \times s$$

$$q = 1.5 \times 0.22$$

$$\underline{q = 0.33 \text{ mm}^2}$$

$$V = q \times v$$

$$V = 0.33 \times 160 \times 1000$$

$$\underline{V = 52800 \text{ mm}^3 / \text{dak.}}$$

DENEY 6.

v (m/dak)	s (mm/ dev.)	a mm	n (dev / dak.)	D mm
175	0.11	1	404	140

VB mm	VBmax mm	T dak.	Ra μm
0.4	0,55	16 ' 20"	3.5

$$q = a \times s$$

$$q = 1 \times 0.11$$

$$\underline{q = 0.11 \text{ mm}^2}$$

$$V = q \times v$$

$$V = 0.11 \times 175 \times 1000$$

$$\underline{V = 19250 \text{ mm}^3 / \text{dak.}}$$

DENEY 7

v (m/dak)	s (mm/ dev.)	a mm	n (dev / dak.)	D mm
175	0.18	1.5	404	140

VB mm	VBmax mm	T dak.	Ra μm
0,45	0,5	16'45"	5

$$q = a \times s$$

$$q = 1.5 \times 0.18$$

$$\underline{q = 0.27 \text{ mm}^2}$$

$$V = q \times v$$

$$V = 0.27 \times 175 \times 1000$$

$$\underline{V = 47250 \text{ mm}^3 / \text{dak.}}$$

DENEY 8.

v (m/dak)	s (mm/ dev.)	a mm	n (dev / dak.)	D mm
175	0.14	2	404	140

VB mm	VBmax mm	T dak.	Ra µm
0.35	0.6	25'5"	2.8

$$q = a \times s$$

$$q = 2 \times 0.14$$

$$\underline{q = 0.28 \text{ mm}^2}$$

$$V = q \times v$$

$$V = 0.28 \times 175 \times 1000$$

$$\underline{V = 49000 \text{ mm}^3 / \text{dak.}}$$

DENEY9.

v (m/dak)	s (mm/ dev.)	a mm	n (dev / dak.)	D mm
213	0,18	2	513	126

VB mm	VBmax mm	T dak.	Ra µm
0,34	0,48	14'01"	3,6

$$q = a \times s$$

$$q = 2 \times 0.18$$

$$\underline{q = 0.36 \text{ mm}^2}$$

$$V = q \times v$$

$$V = 0.36 \times 213 \times 1000$$

$$\underline{V = 76680 \text{ mm}^3 / \text{dak.}}$$

DENEY10.

v (m/dak)	s (mm/ dev.)	a mm	n (dev / dak.)	D mm
213	0,14	1,5	513	126

VB mm	VBmax mm	T dak.	Ra µm
0,4	0,58	16'8"	3

$$q = a \times s$$

$$V = q \times v$$

$$q = 1.5 \times 0.14$$

$$V = 0.217 \times 213 \times 1000$$

$$\underline{q = 0.217 \text{ mm}^2}$$

$$\underline{V = 44730 \text{ mm}^3 / \text{dak.}}$$

DENEY 11.

v (m/dak)	s (mm/ dev.)	a mm	n (dev / dak.)	D mm
235	0.14	1.5	575	130

VB mm	VBmax mm	T dak.	Ra µm
0.4	0.595	11'19"	4

$$q = a \times s$$

$$V = q \times v$$

$$q = 1.5 \times 0.14$$

$$V = 0.21 \times 235 \times 1000$$

$$\underline{q = 0.21 \text{ mm}^2}$$

$$\underline{V = 49350 \text{ mm}^3 / \text{dak.}}$$

DENEY 12.

v (m/dak)	s (mm/ dev.)	a mm	n (dev / dak.)	D mm
235	0.11	1	575	130

VB mm	VBmax mm	T dak.	Ra μm
0.402	0.57	9'38"	2

$$q = a \times s$$

$$V = q \times v$$

$$q = 1 \times 0.11$$

$$V = 0.11 \times 235 \times 1000$$

$$q = 0.11 \text{ mm}^2$$

$$V = 25850 \text{ mm}^3 / \text{dak.}$$

Tablo 3.5 Deneylerden elde Edilen Sonuçlar.

TEST NO.	a mm	s mm/dev	ks N/mm2	v m/dak	N kw
1	1,5	0,18	2978	125	2,1
2	1,5	0,22	2865	125	2,5
3	2	0,28	2757	125	4,02
4	2	0,18	2978	160	3,57
5	1,5	0,22	2865	160	3,15
6	1	0,11	3300	175	1,32
7	1,5	0,18	2978	175	2,93
8	2	0,14	3150	175	3,21
9	2	0,18	2978	213	4,75
10	1,5	0,14	3150	213	2,93
11	1,5	0,14	3150	235	3,2
12	1	0,11	3300	235	1,8

3.3.5.1. Çok Ölçütlü Karar Verme Modelinin Formülasyonu:

Çok ölçütlü karar verme modelinin kurulmasında daha II.Bölüm'de anlatılan lineer regresyon yöntemi kullanılmıştır.Amaç denklemleri ve bunların bağlı olduğu değişkenler şu şekildedir:

$$Z_1 = \text{Ln}R_a$$

$$x_1 = \text{Ln}v$$

$$Z_2 = \text{Ln}T$$

$$x_2 = \text{Ln} (10s)$$

$$Z_3 = \text{Ln}V$$

$$x_3 = \text{Ln} (10a)$$

$$Z = (-Z_1, Z_2, Z_3)$$

Burada Z_1 amaç denkleminin negatif alınmasının nedeni yüzey pürüzlüğünün minimize edilmesinin, bunun - ile çarpılıp maksimize edilmesi ile aynı olmasından kaynaklanmaktadır. Bu şekilde tüm amaçlar maksimizasyon problemi olarak ele alınacaklardır.Bunlar belirlendikten sonra lineer regresyon yöntemi kullanılarak Z_1, Z_2, Z_3 denkleminin katsayıları oluşturulur.Sonuçlar aşağıdaki matris formunda düzenlenir:

$$A = \begin{bmatrix} n & \sum x_{1i} & \sum x_{2i} & \dots & \sum x_{ki} \\ \sum x_{1i} & \sum x_{1i}^2 & \sum x_{1i}x_{2i} & \dots & \sum x_{1i}x_{ki} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum x_{ki} & \sum x_{ki}x_{1i} & \sum x_{ki}x_{2i} & \dots & \sum x_{ki}^2 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ \vdots \\ b_k \end{bmatrix}$$

$$g = \begin{bmatrix} g_0 = \sum y_i \\ g_1 = \sum x_{1i}y_i \\ \vdots \\ g_k = \sum x_{ki}y_i \end{bmatrix}$$

$$b = A^{-1} \cdot g$$

Tablo 3.5'te verilen deney sonuçlarının logaritmik değerleri alınarak Tablo 3. 6 elde edilir.

Tablo 3.6 .Deney Sonuçlarının logaritmik Değerleri.

TEST NO	LnV X ₁	LnS X ₂	Ln _a X ₃	LnRa Z ₁	LnT Z ₂	LnV Z ₃
1	4,83	0,59	2,71	0,88	3,18	10,43
2	4,83	0,79	2,71	1,1	3,16	10,63
3	4,83	1,03	3	2,08	3,39	11,16
4	5,08	0,59	3	1,03	2,86	10,96
5	5,08	0,79	2,71	1,1	2,91	10,87
6	5,16	0,1	2,3	1,25	2,79	9,87
7	5,16	0,59	2,71	1,61	2,8	10,76
8	5,16	0,34	3	1,03	3,22	10,8
9	5,36	0,59	2,71	1,28	2,64	10,96
10	5,36	0,34	2,71	1,1	2,82	10,71
11	5,46	0,34	2,71	1,39	2,43	10,81
12	5,46	0,1	2,3	0,69	2,26	10,16
Toplam	61,77	6,19	32,57	14,54	34,46	128,12

Tablo 3.6 ve Tablo 3.7'de elde edilen değerler kullanılarak Çoklu Regresyon Analizi Metodu ile aşağıda verilen matrisler oluşturularak Z₁ amaç denklemini katsayıları elde edilir

$$\begin{bmatrix} 12 & 61,77 & 6,16 & 32,84 \\ 61,77 & 318,58 & 31,18 & 168,85 \\ 6,16 & 31,18 & 4,04 & 17,33 \\ 32,84 & 168,85 & 17,33 & 90,5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 14,53 \\ 74,58 \\ 8,06 \\ 40,13 \end{bmatrix}$$

Oluşturulan matrisin inversi alınarak;

$$\begin{bmatrix} 100,63 & -17,63 & -9,99 & -1,71 \\ -17,63 & 3,67 & 2,67 & -0,95 \\ -9,99 & 2,67 & 3,83 & -2,09 \\ -1,71 & -0,95 & -2,09 & 2,81 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 14,53 \\ 74,58 \\ 8,06 \\ 40,13 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1,46 \\ 0,44 \\ 0,96 \\ -0,04 \end{bmatrix}$$

$$a_0 = -1,46$$

$$a_1 = 0,44$$

$$a_2 = 0,96$$

$$a_3 = -0,04$$

Tablo 3.8’de hesap edilen değerler kullanılarak Z_2 amaç denklemi katsayıları elde edilir

$$\begin{bmatrix} 8 & 40,89 & 3,88 & 21,4 \\ 40,89 & 209,49 & 19,36 & 109,15 \\ 3,88 & 19,36 & 2,63 & 10,807 \\ 21,4 & 109,15 & 10,807 & 57,74 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 23,23 \\ 118,06 \\ 11,94 \\ 62,68 \end{bmatrix}$$

Oluşturulan matrisin inversi alınarak;

$$\begin{bmatrix} 162,377 & -27,6931 & -15,3086 & -4,9651 \\ -27,5931 & 5,5166 & 4,006 & -0,91484 \\ -15,3086 & 4,006 & 5,537645 & -2,93661 \\ -4,9651 & -0,91484 & -2,93661 & 4,136568 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 23,23 \\ 118,06 \\ 11,94 \\ 62,68 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 8,45 \\ -1,49 \\ -0,54 \\ 0,88 \end{bmatrix}$$

$$a_0 = 8,45$$

$$a_1 = -1,49$$

$$a_2 = -0,54$$

$$a_3 = 0,88$$

Tablo 3.9’da hesap edilen değerler kullanılarak Z_3 amaç denklemi katsayıları elde edilir:

$$\begin{bmatrix} 12 & 61,77 & 6,16 & 32,84 \\ 61,77 & 318,58 & 31,18 & 168,85 \\ 6,16 & 31,18 & 4,04 & 17,33 \\ 32,84 & 168,85 & 17,33 & 90,5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 128,11 \\ 659,3 \\ 66,56 \\ 351,43 \end{bmatrix}$$

Oluşturulan matrisin inversi alınarak;

$$\begin{bmatrix} 100,63 & -17,63 & -9,99 & -1,71 \\ -17,63 & 3,67 & 2,67 & -0,95 \\ -9,99 & 2,67 & 3,83 & -2,09 \\ -1,71 & -0,95 & -2,09 & 2,81 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 128,11 \\ 659,3 \\ 66,56 \\ 351,43 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,70 \\ 0,79 \\ 0,91 \\ 0,90 \end{bmatrix}$$

$$a_0 = 3,70$$

$$a_1 = 0,79$$

$$a_2 = 0,91$$

$$a_3 = 0,90$$

Tablo 3.7. Z1 Amaç Denkleminin Katsayılarının Bulunmasında Kullanılan Değerler.

TEST								
NO.	Z ₁	Z ₁	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃
1	0,88	0,77	4,83	0,59	2,71	23,33	0,35	7,34
2	1,1	1,21	4,83	0,79	2,71	23,33	0,62	7,34
3	2,08	4,33	4,83	1,03	3,00	23,33	1,06	9,00
4	1,03	1,06	5,08	0,59	3,00	25,81	0,35	9,00
5	1,1	1,21	5,08	0,79	2,71	25,81	0,62	7,34
6	1,25	1,56	5,16	0,1	2,30	26,63	0,01	5,29
7	1,61	2,59	5,16	0,59	2,71	26,63	0,35	7,34
8	1,03	1,06	5,16	0,34	3,00	26,63	0,12	9,00
9	1,28	1,64	5,36	0,59	3,00	28,73	0,35	9,00
10	1,1	1,21	5,36	0,34	2,71	28,73	0,12	7,34
11	1,39	1,93	5,46	0,34	2,71	29,81	0,12	7,34
12	0,69	0,48	5,46	0,1	2,30	29,81	0,01	5,29
Toplam	14,54	19,05	61,77	6,19	32,86	318,56	4,07	90,64

TEST NO.	X ₁ .Z ₁	X ₂ .Z ₁	X ₃ .Z ₁	X ₁ .X ₂	X ₁ .X ₃	X ₂ .X ₃
1	4,23	0,51	2,37	2,84	13,08	1,59
2	5,3	0,87	2,98	3,81	13,08	2,14
3	10,04	2,14	6,23	4,97	14,46	3,08
4	5,23	0,61	3,08	2,98	15,2	1,76
5	5,58	0,87	2,98	4,00	13,74	2,14
6	6,47	0,12	2,88	0,49	11,89	0,22
7	8,31	0,95	4,36	3,04	13,99	1,59
8	5,32	0,35	3,08	1,75	15,47	1,01
9	6,87	0,75	3,84	3,15	16,06	1,76
10	5,89	0,37	2,98	1,80	14,52	0,91
11	7,57	0,47	3,75	1,84	14,78	0,91
12	3,78	0,07	1,6	0,55	12,57	0,22
Toplam	74,59	8,08	40,13	31,22	168,84	17,33

Tablo 3.8. Z₂ Amaç Denklemimin Katsayılarının Bulunmasında Kullanılan Değerler.

TEST								
NO.	Z ₂	Z ₂	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃
1	3,18	10,11	4,83	0,59	2,71	23,33	0,35	7,34
2	3,16	9,99	4,83	0,79	2,71	23,33	0,62	7,34
3	3,39	11,49	4,83	1,03	3,00	23,33	1,06	9,00
4	2,86	8,18	5,08	0,59	3,00	25,81	0,35	9,00
5	2,91	8,47	5,08	0,79	2,71	25,81	0,62	7,34
6	2,79	7,78	5,16	0,1	2,30	26,63	0,01	5,29
7	2,8	7,84	5,16	0,59	2,71	26,63	0,35	7,34
8	3,22	10,37	5,16	0,34	3,00	26,63	0,12	9,00
9	2,64	6,97	5,36	0,59	3,00	28,73	0,35	9,00
10	2,82	7,95	5,36	0,34	2,71	28,73	0,12	7,34
11	2,43	5,90	5,46	0,34	2,71	29,81	0,12	7,34
12	2,26	5,11	5,46	0,1	2,30	29,81	0,01	5,29
Toplam	34,46	100,16	61,77	6,19	32,86	318,56	4,07	90,64

TEST NO.	X ₁ .Z ₂	X ₂ .Z ₂	X ₃ .Z ₂	X ₁ .X ₂	X ₁ .X ₃	X ₂ .X ₃
1	15,36	1,87	8,61	2,84	13,08	1,59
2	15,24	2,49	8,55	3,81	13,08	2,14
3	16,35	3,49	10,14	4,97	14,46	3,08
4	14,52	1,68	8,57	2,98	15,2	1,76
5	14,75	2,29	7,87	4,00	13,74	2,14
6	14,43	0,27	6,43	0,49	11,89	0,22
7	14,46	1,65	7,58	3,04	13,99	1,59
8	16,63	1,08	9,65	1,75	15,47	1,01
9	14,15	1,55	7,91	3,15	16,06	1,76
10	15,13	0,95	7,64	1,80	14,52	0,91
11	13,24	0,82	6,57	1,84	14,78	0,91
12	12,37	0,22	5,22	0,55	12,57	0,22
Toplam	176,63	18,36	94,74	31,2204	168,84	17,33

Tablo 3.9. Z₃ Amaç Denkleminin Katsayılarının Bulunmasında Kullanılan Değerler

TEST								
NO.	Z ₃	Z ₃	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃
1	10,43	108,78	4,83	0,59	2,71	23,33	0,35	7,34
2	10,63	113,00	4,83	0,79	2,71	23,33	0,62	7,34
3	11,16	124,55	4,83	1,03	3,00	23,33	1,06	9,00
4	10,96	120,12	5,08	0,59	3,00	25,81	0,35	9,00
5	10,87	118,16	5,08	0,79	2,71	25,81	0,62	7,34
6	9,87	97,42	5,16	0,1	2,30	26,63	0,01	5,29
7	10,76	115,78	5,16	0,59	2,71	26,63	0,35	7,34
8	10,8	116,64	5,16	0,34	3,00	26,63	0,12	9,00
9	10,96	120,12	5,36	0,59	3,00	28,73	0,35	9,00
10	10,71	114,70	5,36	0,34	2,71	28,73	0,12	7,34
11	10,81	116,86	5,46	0,34	2,71	29,81	0,12	7,34
12	10,16	103,23	5,46	0,1	2,30	29,81	0,01	5,29
Toplam	128,12	1369,35	61,77	6,19	32,86	318,56	4,07	90,64

TEST NO.	X ₁ .Z ₃	X ₂ .Z ₃	X ₃ .Z ₃	X ₁ .X ₂	X ₁ .X ₃	X ₂ .X ₃
1	50,34	6,13	28,24	2,84	13,08	1,59
2	51,31	8,38	28,78	3,81	13,08	2,14
3	53,87	11,49	33,42	4,97	14,46	3,08
4	55,63	6,44	32,84	2,98	15,2	1,76
5	55,19	8,57	29,45	4,00	13,74	2,14
6	50,95	0,94	22,72	0,49	11,89	0,22
7	55,59	6,33	29,15	3,04	13,99	1,59
8	55,78	3,63	32,35	1,75	15,47	1,01
9	58,76	6,44	32,83	3,15	16,06	1,76
10	57,41	3,6	29,00	1,80	14,52	0,91
11	59,00	3,64	29,27	1,84	14,78	0,91
12	55,47	0,97	23,39	0,52	12,57	0,22
Toplam	659,3	66,56	351,44	31,19	168,84	17,33

Tablo3.6 - Tablo 3.9'dan elde edilen değerlerle aşağıdaki denklemler oluşturularak Çok ölçütlü Karar Verme Modeli kurulur.

$$\begin{aligned} Z_1 &= -1.47 + 0.44\ln v + 0.96\ln(10a) - 0.035\ln(10s) \\ Z_2 &= 8.50 - 1.37\ln v - 0.38\ln(10a) + 0.60\ln(10s) \end{aligned} \quad (3.1)$$

$$Z_3 = 3.70 + 0.79\ln v + 0.90\ln(10a) + 0.90\ln(10s)$$

$$120 \leq v \leq 240$$

$$0.1 \leq s \leq 0.3 \quad (3.2)$$

$$0.5 \leq a \leq 2$$

$$Ra \leq 3.25$$

$$T \geq 15 \quad (3.3)$$

3.1, 3.2 ve 3.3 numaralı denklemlerle tüm amaç denklemleri ve kısıtlar oluşturulmuştur. 3.2 ve 3.3 numaralı denklemlerdeki değişkenlerle 1 numaralı performans denklemleri aynı formda göstermek için 3.2 ve 3.3 numaralı denklemlerin de logaritmik değerleri alınarak 3.4 ve 3.5 numaralı denklemler elde edilir.

$$4.79 \leq v \leq 5.46$$

$$0 \leq \ln(10s) \leq 1.10 \quad (3.4)$$

$$1.61 \leq \ln(10a) \leq 3.00$$

$$\ln Ra \leq 1.18$$

$$\ln T \geq 2.71$$

$\ln R_a$ ve $\ln T$ değerleri denklemlerde yerlerine konularak ortak bir denklem elde edilir:

$$\begin{aligned} 0.44\ln v + 0.96\ln(10s) - 0.035\ln(10a) &\leq 2.65 \\ -1.37\ln v - 0.38\ln(10s) - 0.60\ln(10a) &\geq -5.79 \end{aligned} \quad (3.5)$$

3.3.5.1.1. Çok Ölçütlü Lineer Programlama Modeli İle Çözüm (MCDM Model).

Burada ele aldığımız işletme problemi çok ölçütlü lineer programlama olarak bilinen, lineer çok ölçütlü karar verme problemi olarak ifade edilecektir.

Formülasyonu basitleştirmek için aşağıda verilen temel kabuller yapılmıştır:

$$\begin{aligned} Z_1 &= \ln R_a & x_1 &= \ln v \\ Z_2 &= \ln T & x_2 &= \ln(10s) \\ Z_3 &= \ln V & x_3 &= \ln(10a) \\ Z &= (-Z_1, Z_2, Z_3) & X &= (x_1, x_2, x_3) \end{aligned}$$

Amaç denklemlerine dikkat edilirse burada yüzey pürüzlüğünün minimizasyonunu temsil eden Z_1 amaç denklemini diğer amaç denklemleri ile aynı şekilde ifade edilebilmesi bakımından $-Z_1$ 'in maksimizasyonu olarak kullanılmıştır. Bu kabuller denklemlerimizde yerine konulduğunda amaç denklemleri aşağıda verilen hale gelir:

$$\begin{aligned} Z_1 &= -1.47 + 0.44X_1 + 0.96X_2 - 0.035X_3 \\ Z_2 &= 8.50 - 1.37X_1 - 0.38X_2 + 0.60X_3 \end{aligned} \quad (3.6)$$

$$Z_3 = 3.70 + 0.79X_1 + 0.90X_2 + 0.90X_3$$

3.6 numara ile ifade edilen Z denklemleri aşağıdaki kısıtlar altında maksimize edileceklerdir:

$$4.79 \leq X_1 \leq 5.48$$

$$0 \leq X_2 \leq 1.10 \quad (3.7)$$

$$1.61 \leq X_3 \leq 3.00$$

$$0.44X_1 + 0.96X_2 - 0.035X_3 \leq 2.65$$

$$1.37X_1 + 0.38X_2 + 0.60X_3 \leq 5.79 \quad (3.8)$$

Görüldüğü gibi 3.7 ve 3.8 numaralı eşitsizlikler 3.5 ve 3.6 numaralı eşitsizliklerden çıkarılmışlardır.

Olurlu bölgenin extrem noktaları ve bunların amaç değerleri ise şöyledir:

Nokta	v	s	a	Ra	T	V
	m/dak	mm/dev.	mm	μm	dak	mm ³ /dak.
1	<u>120</u>	<u>0.1</u>	<u>0.5</u>	1.77	7.5	7578
2	120	0.1	<u>2</u>	1.70	63	25858
3	<u>240</u>	<u>0.12</u>	2	3.35	12	44954

Buradan da görüldüğü gibi extrem noktalar basılgın olmayan noktalardır. Yani; amaç fonksiyonlarının en az birinde gerilemeye sebep olmaksızın diğer bir amaç fonksiyonda da gelişme sağlayamayan noktalardır.

Ra	3.35	_____	1.77
T	7.5	_____	63
V	7578	_____	44954

3.3.5.1.2 Kompozit Amaç Fonksiyonları ile Çözüm:

Vektör eniyilemesi metodlarından biri olan kompozit amaç fonksiyonları ile çözüm için deneylerimizden elde edilen değerler, aşağıda verilen denklemlerde yerlerine konur.

$$U = \sum a_k \cdot y_k(x)$$

$$a_k = \frac{A_k - n_k}{m_k - n_k}$$

$$y_k(x) = \frac{z_k(x) - n_k}{m_k - n_k}$$

Burada;

U: Kompozit amaç fonksiyonu;

X: Bağımsız değişkenler vektörü

y_k: z_k amaçlarının boyutsuz hali

a_k: z_k amacı ile ilgili boyutsuz ağırlık

m_k, n_k: Sırasıyla basılgın olmayan bölge içinde ele alınabilen K. amacın max. ve min. değerleri

A_k: k. ncı amacın arzu edilen hedef değeri

Arzu edilen düzeyler son işlem için ;

Ra = 2 µm

T=20 dak.

V=25000 mm³ /dak.

$$U = \frac{[\ln(2) - \ln(3.25)]}{[\ln(1.26) - \ln(3.25)]} \cdot \frac{[-1.47 + 0.44X_1 + 0.96X_2 - 0.035X_3 - \ln(3.25)]}{[\ln(1.26) - \ln(3.25)]}$$

$$+ \frac{[\ln(20) - \ln(7.5)]}{[\ln(53) - \ln(7.5)]} \cdot \frac{[8.50 - 1.37X_1 - 0.38X_2 + 0.60X_3 - \ln(7.5)]}{[\ln(53) - \ln(7.5)]}$$

$$+ \frac{[\ln(25000) - \ln(7578)]}{[\ln(44954) - \ln(7578)]} \cdot \frac{[3.70 + 0.79X_1 + 0.90X_2 + 0.91X_3 - \ln(7578)]}{[\ln(25000) - \ln(7578)]}$$

Buradan gerekli işlemler yapılarak aşağıdaki kompozit amaç denklemi elde edilir.

$$U = -1.62 - 0.31X_1 - 0.32X_2 + 0.17X_3$$

Bu amaç denklemi de yine aynı kısıtlar altında maksimize edildiğinde sonucun değişmediği görülür.

Ş.k.g

$$4.79 \leq X_1 \leq 5.48$$

$$0 \leq X_2 \leq 1.10$$

$$1.61 \leq X_3 \leq 3.00$$

$$0.44X_1 + 0.96X_2 - 0.035X_3 \leq 2.65$$

$$1.37X_1 + 0.38X_2 + 0.60X_3 \leq 5.79$$

ÇÖZÜM: $X_1 = 4.79$ $v = 120 \text{ m/ dak.}$

$X_2 = 0$ $s = 0.1 \text{ mm/devir}$

$X_3 = 3$ $a = 3 \text{ mm}$

$Ra = 1.9 \mu\text{m}$

$T = 63 \text{ dak.}$

$V = 26478 \text{ mm}^3/\text{dak}$

3.3.5.1.3. Toplu Kriter Yöntemi ile Çözüm

Adım 1. İdeal Çözümlerin Bulunması

a) Max $f(X_1) = -0.44X_1 - 0.96X_2 + 0.03X_3$

Ş.k.g.

$X_1 \leq 0.69$

$X_2 \leq 1.10$

$X_3 \leq 1.39$

$0.44X_1 + 0.96X_2 - 0.03X_3 \leq 2.65$

$1.37X_1 + 0.38X_2 + 0.60X_3 \leq 5.79$

Bu problem Simplex metodu ile çözülür:

Çözüm: $f(X_1) = 0.049$ $X_1 = 0$ $X_2 = 0$ $X_3 = 1.39$

$$\mathbf{b) \text{ Max } f(X_2) = -1.37X_1 - 0.38X_2 + 0.60X_3}$$

$$\text{\text{Ş.k.g.}} \quad X_1 \leq 0.69$$

$$X_2 \leq 1.10$$

$$X_3 \leq 1.39$$

$$0.44X_1 + 0.96X_2 - 0.03X_3 \leq 2.65$$

$$1.37X_1 + 0.38X_2 + 0.60X_3 \leq 5.79$$

$$\mathbf{\text{Çözüm: } f(X_2) = 0.834 \quad X_1 = 0 \quad X_2 = 0 \quad X_3 = 1.39}$$

$$\mathbf{C) \text{ Max } f(X_3) = 0.79X_1 + 0.90X_2 + 0.91X_3}$$

$$\text{\text{Ş.k.g.}} \quad X_1 \leq 0.69$$

$$X_2 \leq 1.10$$

$$X_3 \leq 1.39$$

$$0.44X_1 + 0.96X_2 - 0.03X_3 \leq 2.65$$

$$1.37X_1 + 0.38X_2 + 0.60X_3 \leq 5.79$$

$$\mathbf{\text{Çözüm: } f(X_3) = 2.79 \quad X_1 = 0.69 \quad X_2 = 1.10 \quad X_3 = 1.39}$$

Adım 2. Alternatif Çözümler Tablosunun Oluşturulması

	$f(X_1)$	$f(X_2)$	$f(X_3)$	X_1	X_2	X_3
$f(X_1)$	0.049	0.834	0.55	0	0	1.39
$f(X_2)$	0.042	0.834	1.26	0	0	1.39
$f(X_3)$	-0.11	3.34	2.79	0.69	1.10	1.39

Adım 3.Uzlaşık Çözümün Bulunması

$$\min f(X) = \frac{0.049 - (-0.44X_1 - 0.96X_2 + 0.03X_3)}{0.049}$$

$$+ \frac{0.834 - (-1.37X_1 - 0.38X_2 + 0.60X_3)}{0.834} + \frac{2.79 - (0.79X_1 + 0.9X_2 + 0.91X_3)}{2.79}$$

$$\min f(X) = 3 + 10.16X_1 + 19.13X_2 - X_3$$

$$\text{Ş.k.g.} \quad X_1 \leq 0.69$$

$$X_2 \leq 1.10$$

$$X_3 \leq 1.39$$

$$0.44X_1 + 0.96X_2 - 0.03X_3 \leq 2.65$$

$$1.37X_1 + 0.38X_2 + 0.60X_3 \leq 5.79$$

$$\text{ÇÖZÜM: } X_1 = 4.79 \quad v = 120 \text{ m/ dak.}$$

$$X_2 = 0 \quad s = 0.1 \text{ mm/devir}$$

$$X_3 = 3 \quad a = 3 \text{ mm}$$

$$Ra = 1.9 \mu\text{m}$$

$$T = 63 \text{ dak.}$$

$$V = 26478 \text{ mm}^3/\text{dak}$$

3.6.SONUÇ

Günümüzde talaşlı şekillendirme işlemlerinde işleme şartlarının belirlenmesinde en önemli sorun, kesme ve ilerleme değerinin, takım geometrisinin seçilmesidir. İşlenen parçanın özelliklerine, kullanılacak kesici takıma göre kesme ve ilerleme değerlerinin, kesme hızının seçilmesi için hazırlanmış çeşitli tablolar mevcuttur. Ancak bu tablolardan seçilen değerlerle elde edilen çıktılar (ürün kalitesi, işleme maliyeti, takım aşınması vb...) en iyi sonuçlar olup olmadığına ait herhangi bir bilginin elde edilmesi mümkün değildir. Oysa günümüz rekabet şartlarında, ekonomik gelişme ve kaliteli ürün amacıyla dış pazarlarda da kendine bir yer edinme hazırlığı içinde olan ülkemizde, en önemli amaç kaynaklardan en verimli şekilde yararlanabilmektir. Her işletmenin kaynaklarını en verimli şekilde kullanımına yönelik amaçlarının birbirinden farklı olması da doğaldır. O halde sadece iş parçası malzemesi ya da kesme hızı, kullanılan kesici takım gibi sınırlı bir takım kriterlere göre oluşturulmuş standart tablolar, bu amaçların hepsini birden optimize edemeyecektir. Bu nedenle işleme şartları belirlenmeden önce, işleme sonucunda elde edilecek çıktının hangi amaçları tatmin edeceğinin belirlenmesi ve buna uygun işleme değerlerinin yine hazırlanmış standart tablolar baz alınarak, amacın tek ya da birden fazla olmasına göre uygun bir takım yöneylem araştırması metodlarından yararlanılarak hesaplanması ve bu değerlerin kullanılmasıdır. Projemizin uygulama safhasında yapmış olduğumuz deneylerde bu amaca yönelik olarak yapılan bir çalışmayı göstermektedir. En uygun kesme değerlerinin bulunmasında II. Bölümde açıklanan Çok Ölçütlü Karar Verme yöntemlerinden Toplu kriter yöntemi, Kompozit Amaç fonksiyonu ve Çok Amaçlı Simplex Metod ile bulunmuştur. Bu üç yöntem ile de elde edilen sonuçlara bakıldığında birbirine çok yakın değerlerin bulunduğu görülmektedir. Bu sonuçlar şu şekilde özetlenebilir.

Tablo 3.10. Çok Amaçlı Simplex Metod İle Çözüm:

v	s	a	Ra	T	V
m/dak	mm/devir	mm	μm	dak	mm ³ /dak
120	0,1	2	1,77	63	25858

Tablo 3.11 .Toplu Kriter Yöntemi Çözüm:

v	s	a	Ra	T	V
m/dak	mm/devir	mm	μm	dak	mm ³ /dak
120	0,1	3	1,9	63	26478

Tablo 3.12.Kompozit Amaç Denklemi İle Çözüm:

v	s	a	Ra	T	V
m/dak	mm/devir	mm	μm	dak	mm ³ /dak
120	0,1	3	1,9	63	26478

Tablo 3.10-3.12'den de görüldüğü gibi üç metod ile de elde edilen değerler birbirine çok yakındır. Ve bu değerler yüzey pürüzlülüğünün minimum, talaş hacminin maksimum ve takım dayanma zamanının maksimum olduğu değerlerdir.

Deneylerimiz esnasında belirli kısıtlara göre standart tablolardan tezgahımıza uygun olarak seçtiğimiz değerlere bakıldığında ise, bu üç amacın aynı anda optimize edildiği bir sonuç ile karşılaşmamaktadır. Örnek olarak yüzey pürüzlülüğünün en düşük olduğu noktayı veren Deney 2'de, takım dayanma zamanı $T=18'30''$ kaldırılan talaş hacmi ise $V=41250 \text{ mm}^3/\text{dak}$ 'dır. Aynı şekilde Takım dayanma zamanının en yüksek olduğu Deney 8'de bu değerler $Ra=2.8 \mu\text{m}$, $V=49000 \text{ mm}^3/\text{dak}$ 'dır. Burada yüzey pürüzlülüğünün yükseldiği görülmektedir. Kaldırılan talaş hacminin maksimum olduğu noktayı veren Deney 9'da ise yüzey pürüzlülüğü daha da artarak $Ra=3.6 \mu\text{m}$ takım dayanma zamanı ise daha düşük $T=14'01$ olarak gerçekleşmiştir.

Görüldüğü gibi standart olarak hazırlanmış tablolardan seçilen kesme değerleri ancak tek bir amacın tatminine yönelik sonuçlar vermektedir. Oysa eldeki tüm kaynaklardan en verimli şekilde yararlanmak amacının tatmini, birbiri ile çelişen bir çok alt amacın da tatmin edilmesini gerektirecektir. Bunun gerçekleştirilmesi ise bu projede açıklanmaya çalışan yöntemlerin kullanımının artması ve bunların işleme şartlarının belirlenmesindeki temel esaslar olarak kabul edilmesi ile mümkündür.

KAYNAKLAR:

- 1-ALP İhsan,BAL Hasan,1991."Yeni Çok Amaçlı Karar Destekleme sistemleri". Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği Bildiriler : 16
- 2-AKKURT Mustafa,1985."Takım Tezgahları". Birsen Yayınevi İstanbul.
- 3-BUTTERWORTHS J.1988."Metal Cutting". London Press: 40-55
- 4-BOOTHROYD G.1965."Fundamentals of Metal Machining.First published,London:39-44,55-57,68-78.
- 5-BÖHLER Sert Maden,1991."Talaş Kaldırma Bilgileri".İstanbul.
- 6-BÖHLER Sert Maden Teknik Bültenler
 - Teknik Bülten No:3 "Tornalama İçin Kesme Verileri"
 - Teknik Bülten No:5 "Mekanik Sıkmalı Takımlar"
 - Teknik Bülten No:9 "Sert Metal ile PKD,CBN ve Seramik Uçların Karşılaştırılması"
 - Teknik Bülten No:17 "Ekonomik Kesme Şartlarının Hesaplanması"
 - Teknik Bülten No:20 "Üretimde Takım Kontrolü"
- 7-ÇELİK Mustafa,1989." Çok Ölçütlü Karar Verme Tekniklerinin Gözden Geçirilmesi". Yüksek Lisans Tezi. MMLS-145.İstanbul Teknik Üniversitesi.
- 8-DRUCKER Peter,1969." How to Make a Business Decision & Decision Theory and Information Systems.South-Western Publishing Company:53
- 9-DEMİR Mehmet,BİRCAN B.,TÜTEK H.1985 ."Yönetmel Karar Verme".Bilgehan Yayınevi. 28
- 10-EVREN Ramazan,Ülengin Füsün,1992."Yönetimde Çok Amaçlı Karar Verme" Teknik Üniversite Matbaası.Gümüşsuyu-İstanbul :54-59,119-121,136
- 11-FİDAN Süreyya,1988."Çok Amaçlı Karar Verme ve Etkileşimli Metodlar".Yüksek Lisans Tezi, MMLS-89.İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- 12-GÖKÇEN Turay,1988."Talaşlı Şekillendirme Ders Notları".Yıldız Teknik Üniversitesi.
- 13- GOLSON De Bruyn Chris.1989."Models & Methods in Multicriteria Decision Making, Pergonun Press:189-195

14- GHIASSI M,DEVOR R.E,KIJOWSKI B.A, 1984."An Application of Multiple Criteria Decision Making Principles For Planning Machining Operation,A Survey.URBANA:100-105

15.HOSHI T,1980."Cutting Tools Materials" American Society For Metals,Newyork:199-124

16.HWANG C.L Masud,1979."Multiple Objective Decision Making Methods and Applications,A Survey,Berlin.

17-KILIÇ A.1986." Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri".Yüksek Lisans Tezi.MMLS-40.İstanbul Teknik Üniversitesi

18-LEWIS S Holloy.1991,"An Interactive Framework For Multi-Person Multiobjective Decisions,An Article,Pennsylvania the State University.

19-LINBERG Roy A,1987."Processes and Materials of Manufacture. University of Wisconsin,First Editions:87-93

20-LEE S.M,SHIM J.P,1986. "Interactive Goal Programming For Small Business".Journal of Operation Research Soc.Vol 37.No:6 :571

21-MALAKOOTI & DEVIPRASAD,1984."Parameter Selection in Metal Cutting" An Article..Department of System Engineering.Cleveland.

22-NOVAK Arne, WIKLUND Hakan,1992." Reliability Improvement of Tool Wear.An Article.63-66

23-ÖZGÜRLER Mesut, 1986."Kesme Keramik Torna Kalemelerinde Aşınmanın ve Ömür Dağılımının İstatistik Etüdü",Doktora Tezi,YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü:15,27,34

24-ÖNÜT Yeşim,1988."Etkileşimli Bir Çok Amçlı Programlama Modeli".Yüksek Lisans Tezi.MMLS-91.İTÜ Fen Bilimler Enstitüsü.

25-PO LUNG YU,1985."Management Decision Systems" Plenum Press,Newyork:70-73

26-SAWIK T.J.1987."Multilevel Scheduling of Multistage With Limited in Process Inventory" Journal of the Operational Research Society:651-653

27-SCHULZ Herbert, BIMSCHAS Klaus,1993."Optimization of Precision Machining of the Cutting Process.Journal of the Operational Research Society Vol:42 :55-57

28- SAYLAN A,1985."Çok Ölçütlü Karar Verme Teknikleri".Yüksek Lisans Tezi.MMLS-85 .İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü:15-18

29-SCHEIDER George,1989."High Speed Machining Solutions For Productivity".ASM International,San Diego,California:5-22

30-SING J.Kanwar,1991."Technical Software for Tool Engineers". An Ingersool Cutting Tool Company.Society of Manufacturing Engineering.

31-SZIDAROVSKY Frenc,1986."Techniques for Mulltiobjective Decision Making in System Engineering.Tokyo,Amsterdam,Oxford,Newyork:50-53,109-114

32-SECO KESTAK,1989."Tornalama ve Frezelemede Takım ve Kesici Uçlar,İstanbul.

33-TRENT E.M.1988."Metal Cutting of Department of Industrial Metalurgy". University of Birmingham,London.20-25,181-190

34-TESHIMA Toshio,SHIBASKA Toshiroh,1993."Estimation Cutting Tool Life".Journal of the Operational Research Society.Vol:44:59

35-ÜLENGİN Burç,1991."Türkiye Ekonomisi İçin Geliştirilen Modellerin İrdelenmesi ve Çok Ölçütlü Yeni bir Model Önerisi".Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği ,Bildiriler,İstanbul Teknik Üniversitesi.

36-WILSON F:G,ALWORTH R.,1980."Methods of Multiobjective Decision Making,Melbourne:3-5

37-WILLIAMS E.ROBERT,1991.Metalworking Fluids and Machining Optimization,Cincinnati Minacron,Verlag Modern Industrie Co:58-656

38-WEDDER Kurt,1989."High Speed Machining Solutions",Pergonum Press,California:20

39-ZELNY M,1982."Multiple Criteria Decision Making",Mc Graw Hill Book Company,Newyork:34-40,60-75

40- ZOREV N.N,1975." Metal Cutting Mechanics.Pergamon Press,California:15-17

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi : 15.01.1970

Doğum Yeri : İstanbul

Öğrenim : YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

Endüstri Mühendisliği Yüksek Lisansı 1992-

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

İngilizce Hazırlık 1991-1992

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

Endüstri Mühendisliği 1987-1991

KADİR HAS LİSESİ 1984-1987

50.YIL KÜÇÜKYALI ORTAOKULU 1981-1984

KÜÇÜKYALI İLKOKULU 1976-1981

Yabancı Dil : İngilizce