

**T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**KARE DELİK İMALATI İÇİN KESME TAKIMI TASARIMI
VE İMALATI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AHMET HAMDİ AL

BALIKESİR, HAZİRAN - 2019

**T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**KARE DELİK İMALATI İÇİN KESME TAKIMI TASARIMI
VE İMALATI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AHMET HAMDİ AL

Jüri Üyeleri : Dr.Öğr. Üyesi Ziya AKSOY

Dr.Öğr. Üyesi İlker EREN

Dr.Öğr. Üyesi Asiye Aslan ÇAM

BALIKESİR, HAZİRAN - 2019

KABUL VE ONAY SAYFASI

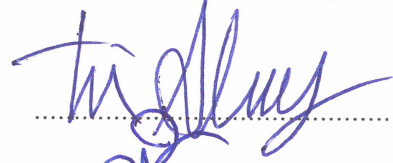
Ahmet Hamdi AL tarafından hazırlanan “KARE DELİK İMALATI İÇİN KESME TAKIMI TASARIMI VE İMALATI ” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 20.06.2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / ~~oy çokluğu~~ ile Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman

Dr.Öğr.Üyesi Ziya AKSOY



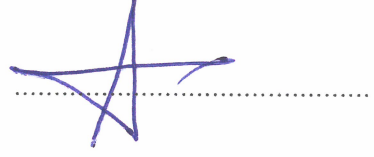
Üye

Dr.Öğr. Üyesi İlker EREN



Üye

Dr.Öğr. Üyesi Asiye Aslan ÇAM



Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Prof. Dr. Necati ÖZDEMİR

.....

ÖZET

**KARE DELİK İMALATI İÇİN KESME TAKIMI TASARIMI VE İMALATI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
AHMET HAMDİ AL
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: DR.ÖĞR. ÜYESİ ZİYA AKSOY)
BALIKESİR, HAZİRAN - 2019**

Bu çalışma Reuleaux üçgenine bağlı olarak kare delik üretimi için matematiksel formülizasyonlar ve mekanik tasarımı yapılmış olan kesme takımının imalat uygulamasının yapılması için yapılan bir çalışmadır. Bu çalışmanın ana amacı mekanik bağlantının dairesel harekete nasıl dönüştüğünü araştırmaktır ve kesici takım imalatını gerçekleştirmektir.

Kesme takımının imalatında dönel hareketin kare delik açacak şekilde oluşmasını gerçekleştirmek için Reuleaux üçgeninden faydalanılmıştır. Ayrıca Reuleaux üçgeninin hareketini yönlendirmek için kare kılavuz şablonu kullanılmıştır.

Geliştirilen kesme takımının imalatı için dönel harekete kılavuzluk eden parçalar için 2550 takım çeliği kullanılmıştır. Dönel parçalar, sistemin rijit bir yapıya sahip olması için kullanılan malzemeler 4140 ıslah çeliğinden imalatı gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışma ile birlikte kare delik delme prosesi başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Talaşlı imalat sonunda elde edilen kare delik %99.14 başarı oranına sahiptir.

ANAHTAR KELİMELEER: Reuleaux üçgeni, kare delik, kesme takımı, imalat

ABSTRACT

**DESIGN AND MANUFACTURING OF CUTTING TOOL FOR SQUARE
HOLE MANUFACTURING
MSC THESIS
AHMET HAMDİ AL
BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
MECHANICAL ENGINEERING
(SUPERVISOR: ASSIST. PROF. DR. ZİYA AKSOY)
BALIKESİR, JUNE 2019**

This study is a study for manufacturing of the cutting tool which is made of mathematical formulations and mechanical design for square hole production depending on Reuleaux triangle. The main purpose of this study is to investigate how the mechanical connection transforms into circular motion and to evaluate the square forms obtained in the manufacturing with cutting tool.

The Reuleaux triangle is used to perform the formation of rotational motion in a square hole. In addition, a square grid template was used to guide the movement of the Reuleaux triangle.

2550 tool steel was used for the parts that guide the rotary motion for the production of the developed cutting tool. The rotating parts and the materials used for the rigid structure of the system are manufactured from 4140 reclamation steel.

With this work, the square hole drilling process has been carried out successfully. The square hole obtained at the end of machining has a success rate of 99.14%.

KEYWORDS: Reuleaux triangle, square hole, cutting tool, manufacturing

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ.....	viii
ÖNSÖZ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. REULEAUX ÜÇGENİ VE KARE İÇİNDE DÖNÜŞ HAREKETİNİN İNCELENMESİ.....	5
2.1 Reuleaux Üçgeni Elde Edilmesi	5
2.2 Matematiksel Özellikler.....	6
2.3 Reuleaux Üçgeninin Kare İçinde Dönüş Hareketi.....	7
2.4 Kare Delik Delme Prosesinde Reuleaux Üçgeni Özellikleri	8
2.4.1 Kare Delik Delme Prosesinde Reuleaux Üçgeninin Kare Formu İçindeki Pozisyonlarının İncelenmesi.....	8
2.4.2 Kare Delik Delme Prosesinde Reuleaux Üçgeninin Merkez Hareketlerinin Koordinatlarının Belirlenmesi.....	9
2.4.3 Kare Delik Delme Prosesinde Reuleaux Üçgeninin Köşe Hareketlerinin Koordinatlarının Belirlenmesi.....	11
3. KARE FORMU ELDE ETMEK İÇİN KULLANILAN MATEMATİKSEL MODÜLİZASYONLAR.....	13
3.1 Yarıçapa Bağlı Olarak Denklemlerin Çıkarılması.....	13
3.1.1 r_2 Yarıçapını r_1 'ye Bağlı Olarak Bulunması	14
3.1.2 r_1 Yarıçapının r Cinsinden Hesaplanması	15
3.1.3 r_2 Yarıçapına Bağlı Olarak Oluşan Kayıp Alan Hesabı.....	16
3.1.4 Elips'ten Yararlanarak Reuleaux Üçgeninin Denkleminin Oluşturulması	18
3.1.5 Reuleaux Üçgeninin Parametrik Denkleminin Oluşturulması	21
3.1.6 Reuleaux Üçgeninin Alanı	23
4. KESİCİ TAKIM TASARIM VE İMALATI.....	24
4.1 Kesici Takım İmalatı İçin Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri	24
4.1.1 2550 Malzemesinin Özellikleri ve Kullanım Alanları	24
4.1.1.1 Takım Çelikleri Tarihçesi	25
4.1.1.2 Takım Çeliklerinin Üretilmesi	27
4.1.2 4140 Çelik Malzemesinin Özellikleri ve Kullanım Alanları.....	28
4.2 Kesici Takımı Oluşturan Malzemelere Uygulanan Isıl İşlemler	30
4.2.1 Alaşım Elementlerinin Çeliklere Etkisi.....	30
4.2.2 Çeliklere Uygulanan Isıl İşlemler.....	31
4.2.2.1 Gerilim Giderme Tavlaması.....	31
4.2.2.2 Sertleştirme ve Soğutma	32
4.2.2.3 Temperleme.....	35
4.3 Kesici Takımın Çalışma Prensipleri ve Kesici Takım Parçaları.....	35
4.3.1 Kesici Takımı Oluşturan Parçalar ve Özellikleri	36
4.3.1.1 Şaft milleri.....	37

4.3.1.2	Rulman	38
4.3.1.3	Bağlantı Birleştirme Elemanı	38
4.3.1.4	Reuleaux Üçgen Kılavuzu.....	39
4.3.1.5	Kare Kılavuz	39
4.3.1.6	Kesici Uç.....	40
4.3.1.7	Rulman ve Bağlantı Gövdesi Destekleri	41
4.3.1.8	Bağlantı Gövdesi.....	41
4.3.1.9	Tezgaha Bağlanan Kılavuz Yatak.....	43
4.3.1.10	Birleştirme Gövdesi Kapağı.....	44
4.4	Kesici Takım Parçalarının İmalatı ve Dizaynı.....	46
4.4.1	Torna Tezgâhı.....	46
4.4.1.1	Üniversal Torna Tezgâhı.....	47
4.4.1.2	Bilgisayar Destekli Takım Tezgâhları (CNC)	47
4.4.2	Freze Tezgâhı	48
4.4.2.1	Freze Tezgâhı Çeşitleri	49
4.4.2.2	Üniversal Freze Tezgâhı	49
4.4.2.3	Bilgisayar Destekli (CNC) Freze Tezgâhı	50
4.4.3	Taşlama	51
4.4.4	Erozyon Prosesi.....	53
4.4.5	Kesici Takımın Dizaynı.....	55
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER	60
6.	KAYNAKLAR.....	61

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Harry Watts'ın geliştirdiği özel kesici takım.	2
Şekil 1.2: Harry Watts'ın kesici takımının kare içindeki görünümü.	2
Şekil 1.3: Reuleaux üçgeninin sınırları eşkenar üçgen kesişimleri olduğundan dolayı sabit genişliktir.	3
Şekil 2.1: Reuleaux üçgeni elde etmek.	5
Şekil 2.2: Reuleaux üçgeninin paralel çizgiler arasındaki pozisyonu.	6
Şekil 2.3: Reuleaux üçgeninin kare içinde dönüş hareketi.	8
Şekil 2.4: Reuleaux üçgeninin kare içindeki pozisyonları.	8
Şekil 2.5: Reuleaux üçgen merkez koordinatının belirlenmesi şekil A.	9
Şekil 2.6: Reuleaux üçgen merkez koordinatının belirlenmesi şekil B.	10
Şekil 2.7: Reuleaux üçgen merkez koordinatının belirlenmesi şekil C.	10
Şekil 2.8: Reuleaux üçgen merkez koordinatının belirlenmesi şekil A.	11
Şekil 2.9: Reuleaux üçgen merkez koordinatının belirlenmesi şekil B.	12
Şekil 2.10: Reuleaux üçgen merkez koordinatının belirlenmesi şekil C.	12
Şekil 3.1: Reuleaux üçgeni.	13
Şekil 3.2: Köşe yarıçapı ve üçgenin kenarının ilişkisi.	14
Şekil 3.3: r_1 yarıçapının r cinsinden değeri.	15
Şekil 3.4: Kenarortay ve üçgen kenar ilişkisi.	16
Şekil 3.5: Kayıp alan hesabı	16
Şekil 3.6: Oluşan kayıp alanların tümü.	17
Şekil 3.7: Elips.	18
Şekil 3.8: Odaklar arası uzunluk.	18
Şekil 3.9: B, F arasındaki diklik ilişkisi.	19
Şekil 3.10: Elips'te c , x , y bağlantısı.	19
Şekil 3.11: Odaklar ve eksenler arasındaki uzunluklar.	20
Şekil 3.12: Reuleaux üçgeni ve elips bağlantısı.	21
Şekil 3.13: Pisagor teoremi.	22
Şekil 3.14: Reuleaux alan hesabı.	23
Şekil 4.1: 2550 Takım çeliğinin ısıtma işlem özellikleri.	25
Şekil 4.2: Yüksek hız çeliği imalat prosesi.	26
Şekil 4.3: Takım çeliği üretimi ergitme prosesi.	27
Şekil 4.4: Demir-Karbon faz diyagramı.	31
Şekil 4.5: Isıtma işlem dönüşüm tablosu.	32
Şekil 4.6: Faz dönüşüm diyagramı.	33
Şekil 4.7: Kriyojenik ısıtma işlem.	34
Şekil 4.8: Ana milden hareket alan şaft mili.	37
Şekil 4.9: Kesici uca dönme hareketi veren şaft mili.	37
Şekil 4.10: Rulman.	38
Şekil 4.11: Bağlantı birleştirme elemanı.	38
Şekil 4.12: Kılavuz Reuleaux üçgeni.	39
Şekil 4.13: Kare kılavuz.	40
Şekil 4.14: Kesici uç.	40
Şekil 4.15: Rulman ve bağlantı gövdesi destek parçası.	41
Şekil 4.16: Bağlantı gövdesi.	42
Şekil 4.17: Tezgâha bağlı kılavuz yatak.	43

Şekil 4.18: Kesici takım.....	44
Şekil 4.19: Birleştirme gövdesi kapağı.....	45
Şekil 4.20: Kesme takımını tezgâha bağlı kılavuz yataklama ile montajı.....	45
Şekil 4.21: Üniversal tezgâh ve kısımları.....	47
Şekil 4.22: Bilgisayar destekli takım tezgâhı.....	48
Şekil 4.23: Üniversal freze tezgâhı.....	50
Şekil 4.24: CNC freze tezgâhları	51
Şekil 4.25: Taşlama tezgâhı.....	53
Şekil 4.26: Tel erozyon çalışma prensibi.....	54
Şekil 4.27: Rulman teknik resim.....	55
Şekil 4.28: Birleştirme gövdesi kapağı.....	56
Şekil 4.29: Kesici uç mil şaftı.....	56
Şekil 4.30: Kesici uç.....	57
Şekil 4.31: Bağlantı birleştirme elemanı.....	57
Şekil 4.32: Reuleaux kılavuz üçgen.....	58
Şekil 4.33: Kare kılavuz.....	58
Şekil 4.34: Mil şaftı.....	59
Şekil 4.35: Rulman ve bağlantı gövdesi kapağı.....	59

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 4.1: 2550 takım çeliği malzemesi kimyasal bileşimi.....	24
Tablo 4.2: 4140 ıslah çeliği kimyasal içeriği	29
Tablo 4.3: Aşındırıcı metal ve takım çeliği malzeme sertliği ilişkisi.	52
Tablo 4.4: Erozyon prosesinde yüzey özellikleri.	55

SEMBOL LİSTESİ

- x_r** : Reuleaux üçgeni x koordinatı
 y_r : Reuleaux üçgeni y koordinatı
 x_a : Reuleaux üçgeni eksen açısı
 y_a : Reuleaux üçgeni eksen açısı
 t_a : Reuleaux üçgeniy koordinat uzunluğu
 r : Kare bir kenar uzunluğu
 r_1 : Reuleaux üçgeni teğet yarıçapı
 r_2 : Reuleaux üçgeni ağırlık merkezi çember yarıçapı
 s : Reuleaux üçgeni eşkenar üçgen kenar uzunluğu
 G : Reuleaux üçgeni ağırlık merkezi
 x : Elips x eksen koordinatı
 y : Elips y eksen koordinatı
 F : Elips odak noktası
 O : Elips orta noktası
 c : Elipste odaklar arası mesafe
 A_s : Reuleaux üçgeni alanı

ÖNSÖZ

Öncelikle, çalışmalarım esnasında her türlü desteğini esirgemeyen ve ufuk açıcı bilgileriyle yol gösteren danışman hocam Sayın Dr.Öğr.Üyesi Ziya AKSOY'a minnet ve şükranlarımı sunarım.

Kesici takım imalatı süresince fabrika imkânlarının kullanılmasına izin veren 1'inci Ana Bakım Fabrika Müdürlüğü yöneticilerine ve imalat süresi boyunca hiçbir şekilde yardımlarını esirgemeyen Yedek Parça Kısmı çalışanlarına teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca çalışmam boyunca hep yanımda olup beni destekleyen ve başarı için her türlü fedakârlıkta bulunan aileme teşekkür eder bir ömür boyu mutluluk dilerim.

Balıkesir, 2019

Ahmet Hamdi AL

1. GİRİŞ

Talaşlı imalat, standartlara uygun olarak teknik resmi dizayn edilmiş olan bir iş parçasının istenilen geometriye getirilmesi için iş parçası üzerinden talaş kaldırılmasına denir. Bu şekilde talaş kaldırma işleminin gerçekleştirilmesi için uygun tezgâh ve kesici takımın bulunması gerekmektedir.

Talaşlı imalatta üzerinden talaş kaldırılacak malzemenin geometrisine göre farklı talaş kaldırma prosesleri bulunmaktadır. Örneğin iş parçası silindirik bir yapıya sahipse genel olarak iş parçasının tezgâh tarafından iş parçası eksenine etrafında hareket ettirip kesici takımın iş parçası üzerinden talaş kaldıracak şekilde imalat işlemi uygulanmaktadır. Bu örnekler iş parçası geometrisine göre çoğaltılabilmektedir.

İmalat işleminde zaman çok önemlidir. Gelişen teknolojiyle birlikte işlem zamanının kısaltılması için çok çeşitli kesici takımlar üretilmiştir ve hızlı bir şekilde bu üretim devam etmektedir. İmalatı gerçekleştirilerek olan iş parçası genel olarak kullanılan imalat uygulamalarıyla üretilmeyip zamanın da çok önemli olduğu durumlarda özel kesici takımlar üretilmek zorundadır.

Bu çalışmamızda kare delik delme prosesi incelenmiş olup yukarıda bahsedildiği düşünce çerçevesi içinde bakıldığında kare delik delme özel bir imalat prosesidir. Kare deliğin vargel tezgâhı, elektro erozyon tezgâhı vb. gibi tezgâhlarda işlenmesi mümkündür. Ancak bu tezgâhlarda yapılacak olan kare delik delme işlemleri süre açısından çok uzun olmaktadır. Bunun için bu proses için özel kesici takım tasarlanması imalat prosesinin süresini kısaltacaktır.

Bu kesici takımın imalatı için Reuleaux üçgeninin özelliklerinden yararlanılarak freze, matkap vb. kesici takımın kendi eksenine etrafında dönme özelliğine sahip olan tezgâhlarda kullanılacak kesici takım geliştirilmiştir. Reuleaux üçgeni bu kesici takım tasarımındaki işlevi dairesel hareketin kare formu oluşturacak şekilde kesici uca kılavuzluk etmesidir. Bu yüzden Reuleaux üçgeninin geometrisi çok hassas bir şekilde oluşturulmalıdır. Ayrıca Reuleaux üçgeni bu

hareketsel kılavuzluğunu kare içinde dönerek yapmış olmasından dolayı malzeme kalitesine bu imalat şekline uygun seçilmelidir.

Literatüre baktığımızda bu şekilde kare delik delmek için özel takım tasarımları yapılmıştır. Harry Watts 1914 yılında kare formu talaşlı imalatını gerçekleştirebilecek özel kesici takım dizaynını gerçekleştirmiştir [4],[5].



Şekil 1.1: Harry Watts'ın geliştirdiği özel kesici takım.

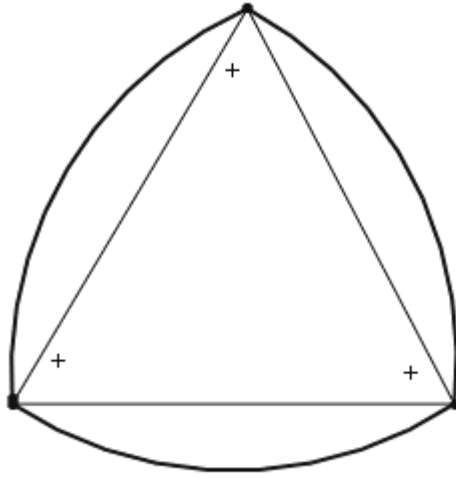


Şekil 1.2: Harry Watts'ın kesici takımının kare içindeki görünümü.

Reuleaux üçgeni, yapılan bu çalışma için en önemli elemandır. Çünkü sisteme kılavuzluk eden, kesici uç hareket yörüngesini oluşturan kısımdır. Bu yüzden başarılı sonuçlar elde edilmesi için Reuleaux üçgeninin çok iyi incelenmesi gerekmektedir.

Reuleaux üçgeni her birinin merkezi diğer ikisinin sınırında olan üç tane dairesel çemberin kesişiminden oluşur. Bu sınırlar sabit genişlikli eğridir. Sabit genişlik destek çizgisi olan bütün paralel iki ayırmaların aynı olduğu anlamına gelir.

Reuleaux üçgeni küresel üçgenler diye de adlandırılır daha doğrusu bu terim kürenin kavisli yüzeyindeki üçgenleri ifade eder. Bunlar bir hareketi diğerine aktaran makine çalışmalarına öncülük eden 19 yy. yaşayan Alman mühendis Franz Reuleaux tarafından sonradan adlandırıldı.



Şekil 1.3: Reuleaux üçgeninin sınırları eşkenar üçgen kesişimleri olduğundan dolayı sabit genişliktir.

Bununla birlikte bu şekiller Franz Reuleaux'den önce de biliniyordu. Kilise penceresi tasarımcısı olan Gotic, Leonarda da Vinci ve sabit genişlikli şekillerin çalışmasını yapan Leonhard Euler bu konuyu daha öne bilenlere örnek olarak verilebilir [3].

Sabit genişlikli şekiller içinde Reuleaux üçgeni en az alana ve köşelerinde muhtemel en küçük açığa (120°) sahiptir. Reuleaux üçgeni tam sayılı bir kafes noktasından kaçınarak en büyük sabit genişlikli şekil elde etmemizi sağlar ve çevre/çap oranının maksimum olmasını sağlayan dörtgenin şekliyle yakından ilgilidir. Bütün hareketlerde karenin dört tarafına da dokunurken kare içinde tam bir dönüş gerçekleştirebilir ve bu özellikle mümkün olan en küçük şekil alanına sahiptir.

Bununla birlikte Reuleaux üçgeni içinde dönüş prosesinde karenin çoğunu kapsasa da, köşe kenarlarında yakın yerlerde karenin alanın küçük bir parçasının da dönme hareketini yapamaz. Karenin içindeki bu dönüş hareketinin özelliğinden dolayı Reuleax üçgeni bazen aynı zamanda Reuleaux rotoru olarak bilinir.

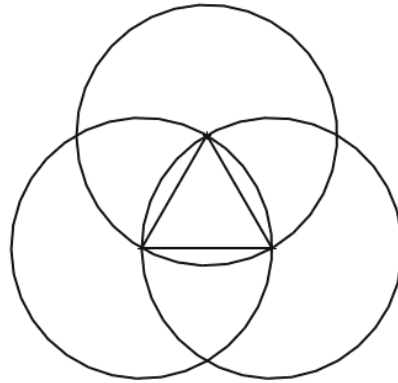
2. REULEAUX ÜÇGENİ VE KARE İÇİNDE DÖNÜŞ HAREKETİNİN İNCELENMESİ

2.1 Reuleaux Üçgeni Elde Edilmesi

Reuleaux Üçgeni doğrudan üç tane çember ile birlikte ya da bir tane eşkenar üçgenin dönüş hareketi oluşturularak üretilebilir.

Reuleaux üçgeni oluşturmak için ilk adım yüzeyde eşkenar üçgenin köşeleri olacak şekilde yüzeyde rastgele iki nokta işaretlemektir. Pergel kullanarak işaretlenmiş köşelerden biri merkez olacak şekilde bir yay çizilir. Sonra aynı yarıçapa sahip, diğer işaretlenmiş noktayı merkez alacak şekilde ve ilk işaretlenmiş noktadan geçecek şekilde bir yay daha çizilir. Son olarak daha önce çizilmiş iki yayın kesişim noktası merkez olacak ve çizilmiş olan yaylarla aynı yarıçapa sahip olacak şekilde üçüncü bir yay çizilir. Oluşan üç dairenin kesişim noktalarını köşe kabul edip ortaya çıkan alan Reuleaux üçgen alanı olarak adlandırılır.

Her birinin merkezi eşkenar üçgenin köşeleri olacak şekilde üç daire çizip, bu kesişim sonucu elde edilen alandan farklı bir yöntem olarak ta Reuleaux üçgeni elde edilebilir.

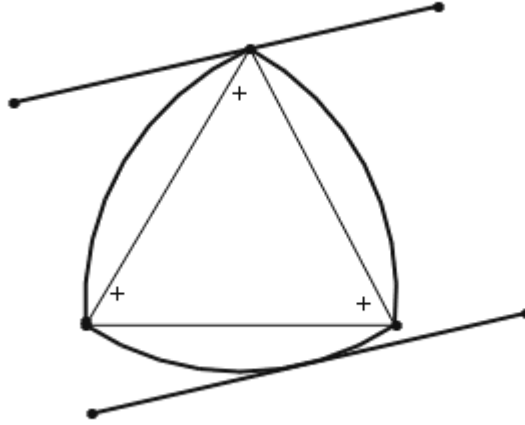


Şekil 2.1: Reuleaux üçgeni elde etmek.

2.2 Matematiksel Özellikler

Reuleaux üçgeninin en temel özelliği sabit genişliğe sahip olmasıdır yani yönleri önemsenmeksizin şeklin içinden geçmeyen aynı eğime sahip paralel çizgilerden oluşan her paralel destek hattının her birinin aynı öklit mesafesine sahip olması demektir. Her paralel çift çizgisinde, iki çizgiden biri üçgenin bir köşesinden üçgene dokunmalıdır. Diğer destek çizgisi karşıt yayın herhangi bir noktasına dokunmalıdır ve Reuleaux üçgeninin genişliğine eşit olan aralarındaki mesafe yayın yarıçapına eşittir [3].

Sabit genişlikte eğrilerin varlığını keşfeden ve Reuleaux üçgeninin sabit genişliğe sahip olduğunu değerlendiren ilk matematikçilerden Leonhard Euler olabileceği tahmin edilmektedir. 1781 de De curvis triangularibus yayınlanan makalede Leonhard Euler sabit genişliğe sahip eğrilere sahip eğrilerden oluşan üçgenleri incelemiştir.



Şekil 2.2: Reuleaux üçgeninin paralel çizgiler arasındaki pozisyonu.

Bir çok farklı ölçümlerde Reuleaux üçgeninin sabit genişliğe sahip en iyi eğri olduğu değerlendirilmektedir. Reuleaux üçgeninin köşelerindeki her bir yay çiftinin açıları eşit ve 120 derecedir. Bu açı sabit genişliğe sahip herhangi bir yayın herhangi bir köşesinin sahip olabileceği muhtemel en keskin açıdır. Ayrıca Reuleaux üçgeni sabit genişliğe sahip üçgenler arasında hem en geniş hem de en küçük kayıtlı eş kenar üçgendir. En büyük Reuleaux üçgeni üçgenin üç köşesini birleştiren üçgendir.

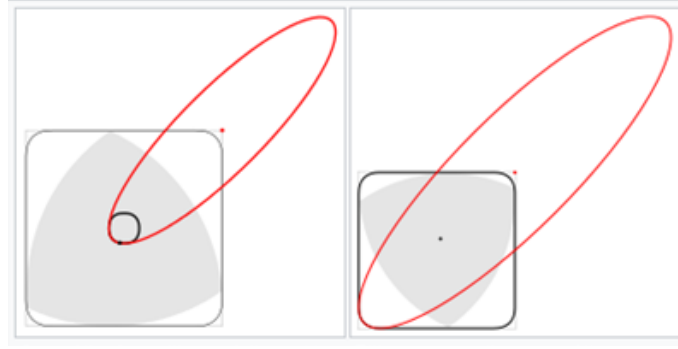
En küçük Reuleaux üçgeni ise kenarların orta noktasını birleştiren üçgendir. Reuleaux üçgeninin üç veya daha fazla çapa ait noktalardan oluşan alt kümesi, bu iki üçgenden daha büyük olanın iç kısmıdır; sabit genişlikte herhangi başka bir eğrinin üç çaplı nokta kümesinden daha geniş bir alana sahiptir.

Reuleaux üçgeni bir eşkenar üçgenle aynı olmasına rağmen merkezi simetriye sahip değildir. Reuleaux üçgeni Kovner–Besicovitch ölçüsüne ve Estermann ölçüsüne göre en az simetriğe sahip sabit genişlikli eğridir. Kovner–Besicovitch ölçüsü alanın, eğri tarafından kapatılmış en geniş merkezi simetrik şekle oranıdır. Estermann ölçüsü ise alanın, eğriyle kapatılmış en küçük merkezi şekle oranıdır. Reuleaux üçgeni için asimetri ölçüsünü belirleyen iki tane merkezi simetrik şekillerinden ikisi de altıgendir. Reuleaux üçgeni diğer sabit genişlikli eğrilere kıyasen alanını daha düzensiz alanlara bölen eğrilere sahiptir. Bunun anlamı Reuleaux üçgeni için çapın her iki tarafındaki alanların azami oranı, farklı bir asimetri ölçüsü için, sabit genişlikte diğer eğrilere göre daha büyüktür [4].

2.3 Reuleax Üçgeninin Kare İçinde Dönüş Hareketi

Herhangi sabit genişlikli eğri kare içinde rotor hareketi oluşturabilir, bir şekil karenin içinde kalırken tam bir dönme hareketi ve her zaman karenin bütün kenarlarına dokunabilir. Bununla birlikte Reuleaux üçgeni mümkün olan minimum alanlı rotordur. Döndüğü zaman eksenleri ten bir noktada sabit kalmaz bunun yerine dört elipsin parçaları tarafından oluşturulan eğriyi takip eder. 120° 'lik açılardan dolayı dönen Reuleaux üçgeni karenin köşelerindeki bazı noktaların en keskin açılara ulaşamaz, bunun yerine eliptik yaylar ile hafif yuvarlatılmış köşeler elde edilir .

Bu dönme sırasındaki herhangi bir noktada, Reuleaux üçgeninin köşelerinden ikisi karenin bitişik iki tarafına dokunurken, üçgenin üçüncü köşesi karenin karşı köşesine yakın bir eğri çizer. Dönen Reuleaux üçgeni ile oluşturulan şekil, karenin alanının yaklaşık % 98.77'sini kapsar.



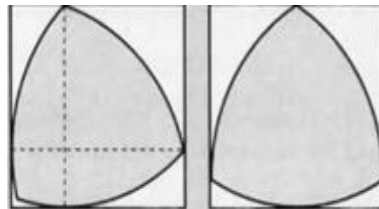
Şekil 2.3: Reuleaux üçgeninin kare içinde dönüş hareketi.

2.4 Kare Delik Delme Prosesinde Reuleaux Üçgeni Özellikleri

2.4.1 Kare Delik Delme Prosesinde Reuleaux Üçgeninin Kare Formu İçindeki Pozisyonlarının İncelenmesi

Reuleaux Üçgeni elde etmek için bir kenarı s olan eşkenar üçgen kullanılır. s' ye eşit yarıçap olacak şekilde bir radius çizilir ve merkezi köşelerden biri olacak şekilde diğer iki köşenin birleşim noktasına bir yay çizilir. Aynı şekilde diğer iki kenarın uçlarını birleştiren bir yaylar çizilir. Bu üç yay Reuleaux üçgenidir. Bu üçgen sabit genişliktir, iki paralel çizgi arasında tamamen dönebilir ve bu dönüşlerde her zaman paralel yüzeye teğettir.

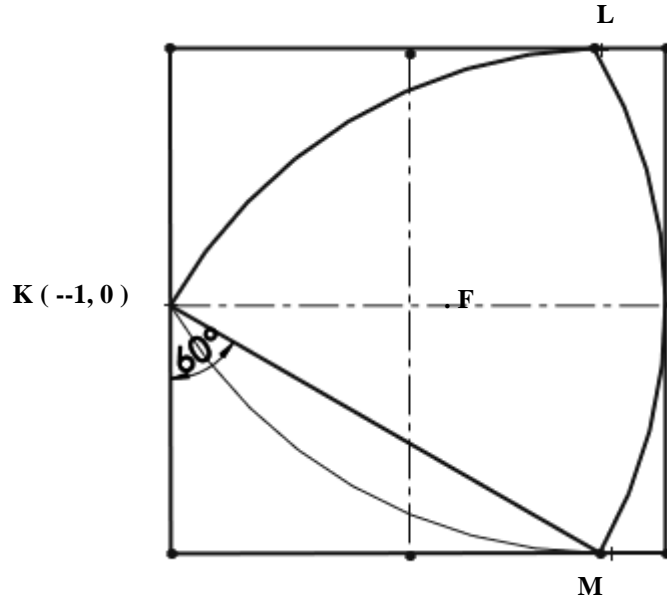
Reuleaux üçgeni sabit genişliğe sahip olduğu için kenarları sabit genişliğe sahip kareye sığacaktır. Reuleaux üçgeninin kare içine yerleştirdiğimizde Şekil-2.4 te görüldüğü gibi üçgenin iki kenarı karenin iki kenarına teğettir. Reuleaux üçgenini döndürdüğümüzde üçgenin bir kenarının üçgenin bir köşesinin tam karşısındaki karenin kenarına teğettir. Üçgenin bütün köşeleri karenin kenarlarıyla kesişir [5].



Şekil 2.4: Reuleaux üçgeninin kare içindeki pozisyonları.

2.4.2 Kare Delik Delme Prosesinde Reuleaux Üçgeninin Merkez Hareketlerinin Koordinatlarının Belirlenmesi

Reuleaux Üçgeni ve karenin bir kenar uzunluğunu 2 kabul edelim. Şekil 2.5 'te görüldüğü gibi karenin orta noktası ve ayrıca kenarortayların kesişim noktası doğrultusunda olan K noktasının koordinatları (-1, 0)'dir. Eşkenar üçgenin ağırlık merkezi olan F noktasının koordinatları $(-1+2\sqrt{3}/3, 0)$. Bu bölümün bütün formüllerinde karışıklık olmaması için $x = x_a$ ve $y = y_a$ olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 2.5: Reuleaux üçgen merkez koordinatının belirlenmesi şekil A.

Reuleaux üçgenini saat yönünde çevirip pozisyonu Şekil-2.6 'daki gibi olup biraz daha döndürüp en son pozisyonu Şekil-2.7 olduğunda M'' koordinatları $(0, -1+2\sqrt{3}/3)$ 'dir. Şekil 2.6 'da F' noktasına baktığımızda $\cos(x_a) = 1 + t_r$ ve $y_a = 270^\circ + x_a + 30$. Buradan F' noktasının x koordinatı ;

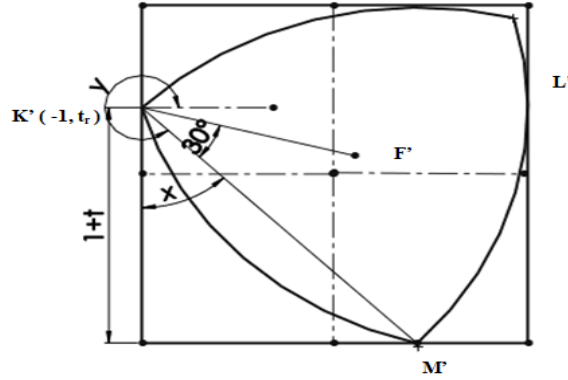
$$x_r = -1 + \frac{\sqrt{3}}{3} \cdot \cos(300^\circ + x_a) \quad (2.1)$$

F' noktası y eksen koordinatı ;

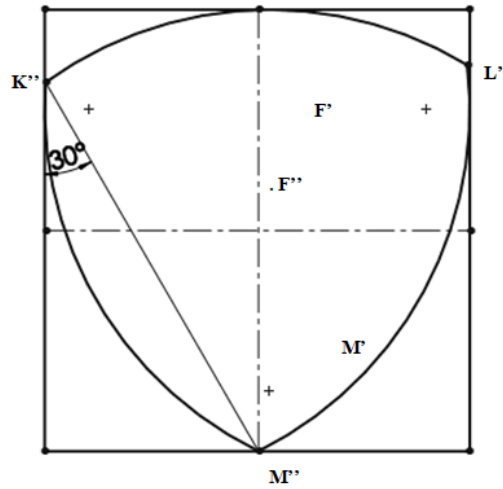
$$y_r = t_r + \frac{\sqrt{3}}{3} \cdot \sin(300^\circ + x_a) \quad (2.2)$$

$$y_r = \cos(x_a) - 1 + \frac{\sqrt{3}}{3} \cdot \sin(300^\circ + x_a) \quad (2.3)$$

Aynı yöntem ve prosedürlerle diğer çeyreklerdeki Reuleaux üçgeninin merkez noktasının koordinatları belirlenebilir. Bu noktalar orjin ve eksenlere göre birbirlerinin simetriğidir.



Şekil 2.6: Reuleaux üçgen merkez koordinatının belirlenmesi şekil B.



Şekil 2.7: Reuleaux üçgen merkez koordinatının belirlenmesi şekli C.

$$\text{İkinci çeyrekte } x \text{ koordinatı; } x_r = 1 - \frac{\sqrt{3}}{3} \cdot \cos(300^\circ + x_a) \quad (2.4)$$

$$y \text{ koordinatı; } y_r = t_r + \frac{\sqrt{3}}{3} \cdot \sin(300^\circ + x_a) \quad (2.5)$$

$$\text{Üçüncü çeyrekte } x \text{ koordinatı; } x_r = -1 + \frac{\sqrt{3}}{3} \cdot \cos(300^\circ + x_a) \quad (2.6)$$

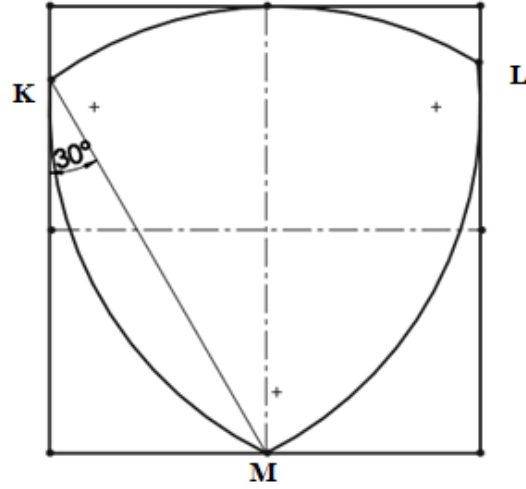
$$y \text{ koordinatı; } y_r = t_r + \frac{\sqrt{3}}{3} \cdot \sin(300^\circ + x_a) \quad (2.7)$$

$$\text{Dördünü çeyrekte } x \text{ koordinatı; } x_r = 1 - \frac{\sqrt{3}}{3} \cdot \cos(300^\circ + x_a) \quad (2.8)$$

$$y \text{ koordinatı; } y_r = t_r + \frac{\sqrt{3}}{3} \cdot \sin(300^\circ + x_a) \quad (2.9)$$

2.4.3 Kare Delik Delme Prosesinde Reuleaux Üçgeninin Köşe Hareketlerinin Koordinatlarının Belirlenmesi

Reuleaux üçgeninin kare içindeki pozisyonlarından bir tanesi kenarlara teğet olacak şekilde Şekil 2.8'deki gibidir. Ayrıca Reuleaux üçgeninin ve karenin bir kenarının uzunluğu 2'dir. Reuleaux üçgeni saat yönünün tersine hareket ettiğinde Şekil 2.9'daki y açısı oluşur. Şekil 2.9 da $y_a = x_a + 60^\circ - 90^\circ$ ve $\cos(x_a) = 1 + t_a$

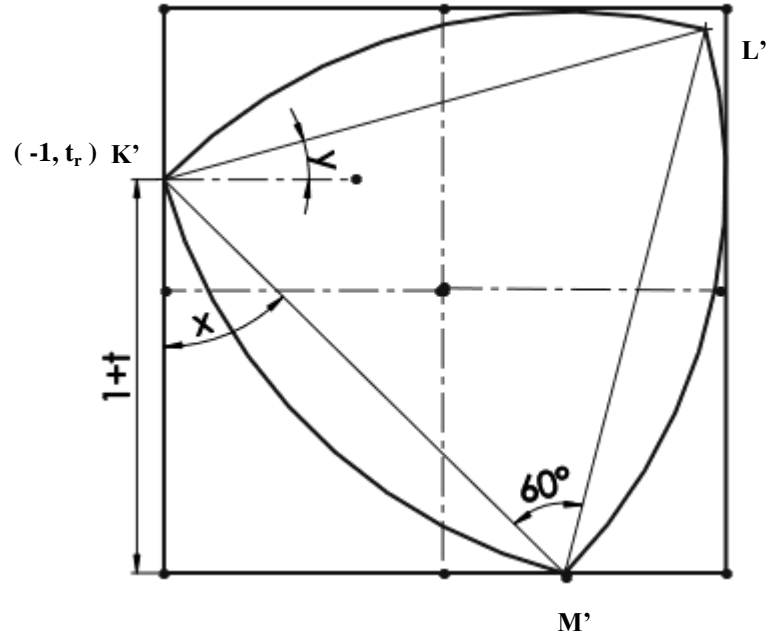


Şekil 2.8: Reuleaux üçgen merkez koordinatının belirlenmesi şekil A.

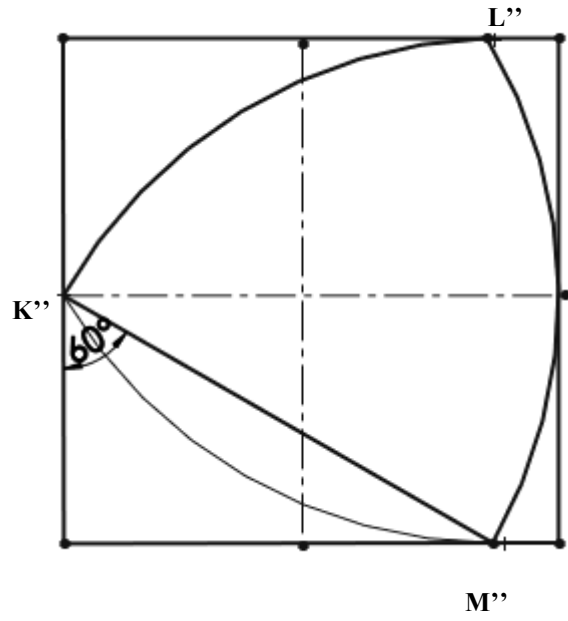
Reuleaux üçgeni Şekil 2.8'deki gibi harekete dönmeye başlayıp, Şekil 2.10'daki pozisyonu aldığıında x açısı 30 olup en son 60° 'deki pozisyonu değerlendirdiğimizde Şekil 2.9'daki L' noktasının koordinatları ;

$$x_r = -1 + 2 \cdot \cos(x_a - 30^\circ) \quad (2.10)$$

$$y_r = t_a + 2 \cdot \sin(x_a - 30^\circ) \quad (2.11)$$



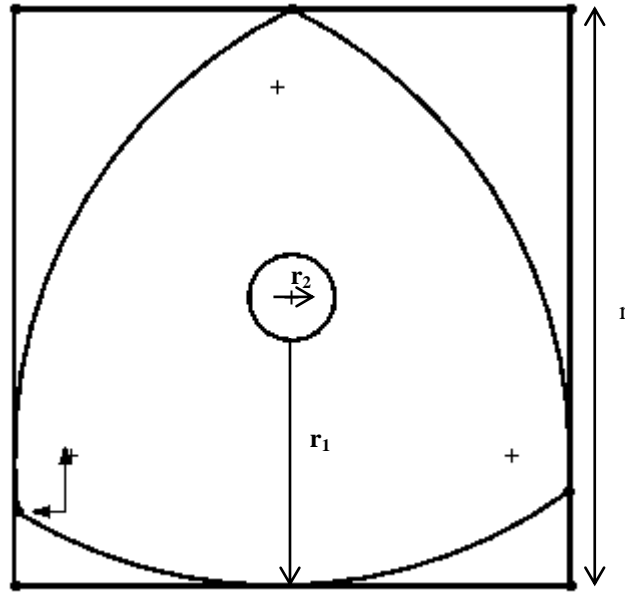
Şekil 2.9: Reuleaux üçgen merkez koordinatının belirlenmesi şekil B.



Şekil 2.10: Reuleaux üçgen merkez koordinatının belirlenmesi şekil C.

3. KARE FORMU ELDE ETMEK İÇİN KULLANILAN MATEMATİKSEL MODÜLİZASYONLAR

3.1 Yarıçapa Bağlı Olarak Denklemlerin Çıkarılması



Şekil 3.1: Reuleaux üçgeni.

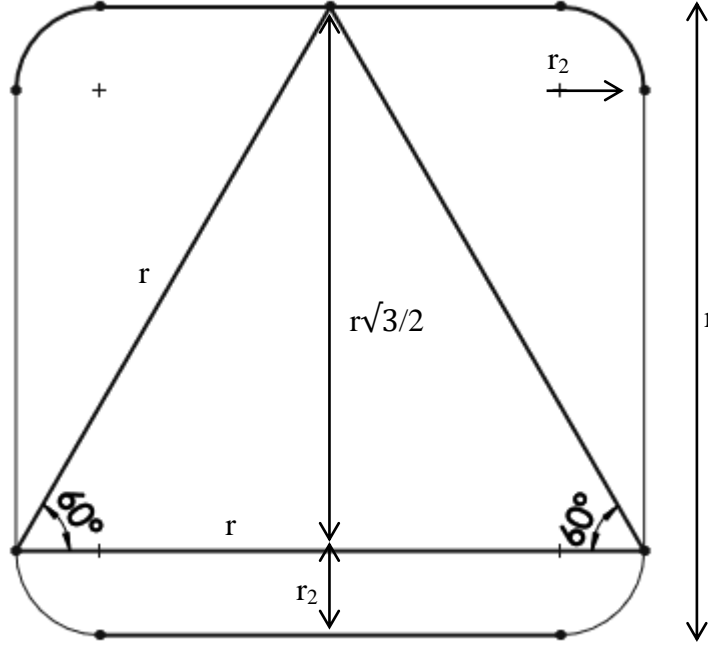
r : Kesilecek olan karenin bir kenar uzunluğu, aynı zamanda Reuleaux üçgeninin bir kenar uzunluğu.

r_1 : Dönen Reuleaux üçgeninin teğet yarıçapı, aynı zamanda eşkenar üçgenin ağırlık merkezinin köşelere uzunluğu.

r_2 : Kare kenarlarında oluşacak çeyrek çemberlerin yarıçapı aynı zamanda Reuleaux üçgeninin ağırlık merkezinin dönerken çizdiği çember yarıçapı.

3.1.1 r_2 Yarıçapını r 'ye Bağlı Olarak Bulunması

r_2 yarıçapı aynı zamanda karenin köşelerinde kayıpları oluşturan çeyrek çemberlerin yarıçapıdır.



Şekil 3.2: Köşe yarıçapı ve üçgenin kenarının ilişkisi.

Burada da görüldüğü gibi Reuleuax üçgeninin içindeki eşkenar üçgenin kenar uzunluğu kesilecek karenin bir kenar uzunluğudur. Buradan;

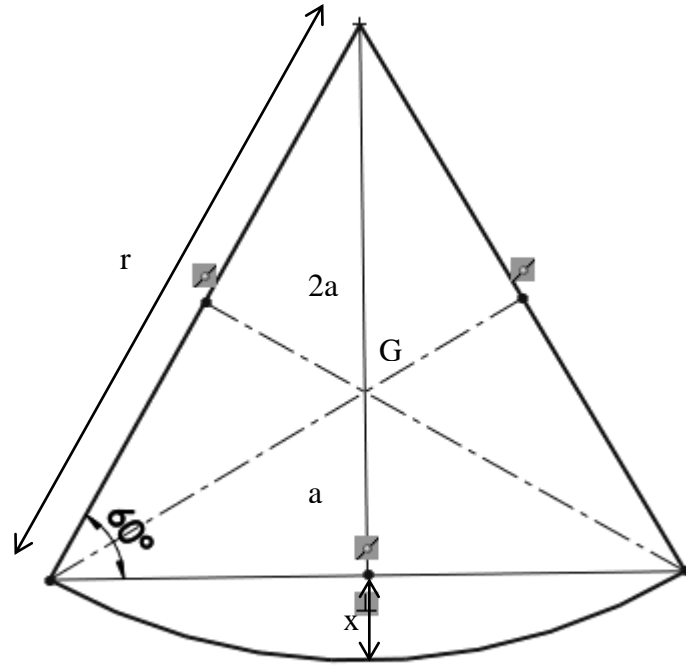
$$r = r\sqrt{3}/2 + r_2 \quad (3.1)$$

$$- r_2 = r\sqrt{3}/2 - r_2 \quad (3.2)$$

$$r_2 = r.(1-\sqrt{3}/2) \quad (3.3)$$

$$r_2 = 0,134.r \quad (3.4)$$

3.1.2 r_1 Yarıçapının r Cinsinden Hesaplanması



Şekil 3.3: r_1 yarıçapının r cinsinden değeri.

$$r_1 = a+x \quad (3.6)$$

$$r \cdot \sin(60) = 3a \quad (3.7)$$

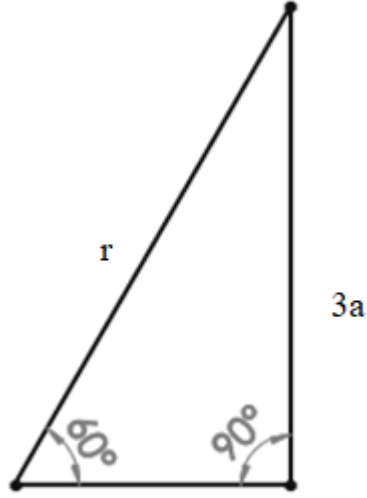
$$r \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 3a \quad (3.8)$$

$$a = r \cdot \frac{\sqrt{3}}{6} \quad (3.9)$$

$$x = r - 3a \quad (3.10)$$

$$x = r - r \frac{\sqrt{3}}{2} \quad (3.11)$$

$$x = r \left(1 - \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \quad (3.12)$$

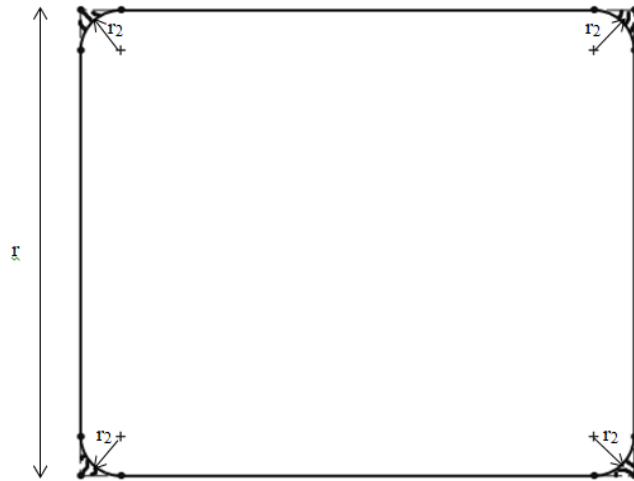


Şekil 3.4: Kenarortay ve üçgen kenar ilişkisi.

$$r_1 = a+x \qquad r_1 = r\sqrt{3}/6 + r.(1-\sqrt{3}/2) \qquad (3.13)$$

$$r_1 = r.(\sqrt{3}/6 + 1 - \sqrt{3}/2) \qquad r_1 = r.0,42265 \qquad (3.14)$$

3.1.3 r_2 Yarıçapına Bağlı Olarak Oluşan Kayıp Alan Hesabı



Şekil 3.5: Kayıp alan hesabı

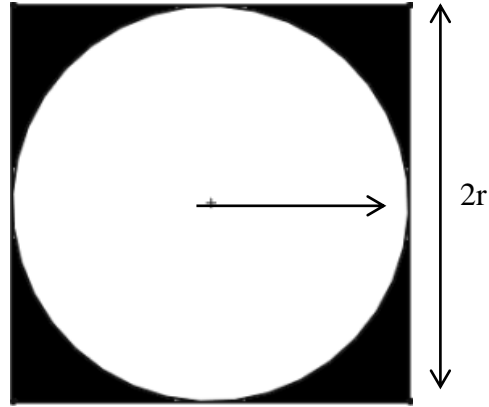
$$\text{Alan} = 4 r_2^2 - \pi r_2^2 \quad (3.15)$$

$$\text{Alan} = 0,246.r_2^2 \quad (3.16)$$

$$r_2 = 0,134.r \quad (3.17)$$

$$\text{Alan} = 0,246.(0,134.r)^2 \quad (3.18)$$

$$\text{Alan} = 3,8522576.10^{-3}.r^2 \quad (3.19)$$



Şekil 3.6: Oluşan kayıp alanların tümü.

$$\text{Alan} = 4 r_2^2 \quad (3.20)$$

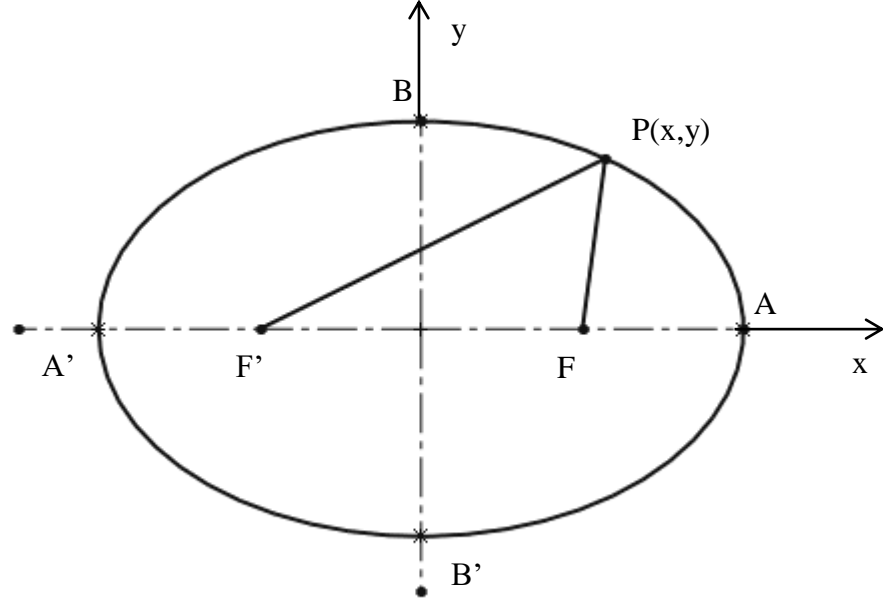
$$\% \text{ Kayıp} = 0,01541. r^2 / r^2 \quad (3.21)$$

$$\text{Taralı alan} = 4. 3,8522576.10^{-3}.r^2 \quad (3.22)$$

$$\text{Taralı alan} = \% 1,541 \quad (3.23)$$

$$\text{Taralı alan} = 0,01541. r^2 \quad (3.24)$$

3.1.4 Elips'ten Yararlanarak Reuleaux Üçgeninin Denklemine Oluşturulması

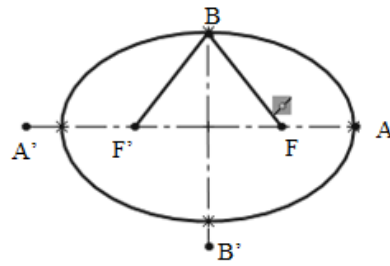


Şekil 3.7: Elips.

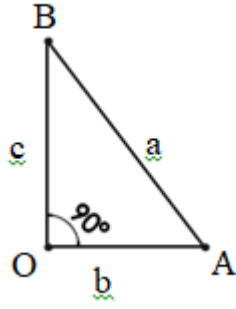
F,F' odak noktalarıdır. Odaklar arası uzaklık $FF' = 2c$

A,A' büyük eksen uzunluğudur. $AA' = 2a$

B,B' küçük eksen uzunluğudur. $BB' = 2b$



Şekil 3.8: Odaklar arası uzunluk.

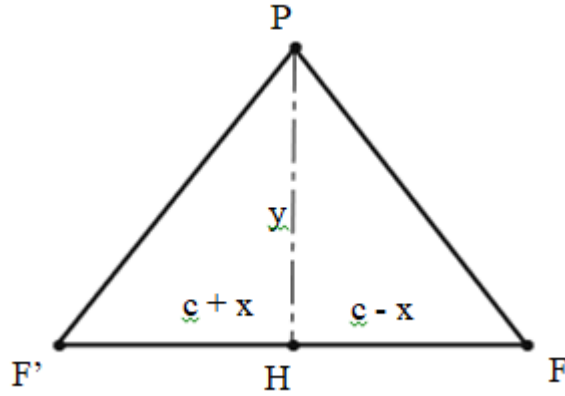


Şekil 3.9: B, F arasındaki diklik ilişkisi.

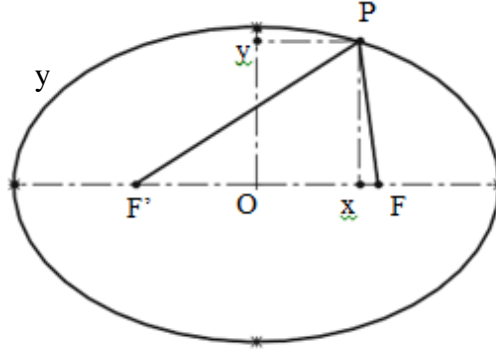
$$a^2 = b^2 + c^2 \quad (3.25)$$

Sabit iki noktaya uzaklıklar toplamı eşit olduğu için ;

$$|PF| + |PF'| = 2a \quad (3.26)$$



Şekil 3.10: Elips'te c, x, y bağlantısı.



Şekil 3.11: Odaklar ve eksenler arasındaki uzunluklar.

Denklem (3.24)'e göre Pisagor teoremi uygulandığında ;

$$|PF|^2 = y^2 + (c - x)^2 \quad (3.27)$$

$$|PF| = \sqrt{y^2 + (c - x)^2} \quad (3.28)$$

$$|PF'|^2 = y^2 + (c + x)^2 \quad (3.29)$$

$$|PF'| = \sqrt{y^2 + (c + x)^2} \quad (3.30)$$

$$\sqrt{y^2 + (c + x)^2} + \sqrt{y^2 + (c - x)^2} = 2a \quad (3.31)$$

$$y^2 + (c + x)^2 = 4a^2 - 4a \cdot \sqrt{y^2 + (c - x)^2} + (c - x)^2 + y^2 \quad (3.32)$$

$$\sqrt{y^2 + (c - x)^2} = \frac{-1}{4a} (x^2 + 2x \cdot c + c^2 + y^2 - 4a^2 - x^2 + 2xc - c^2 - y^2) \quad (3.33)$$

$$\sqrt{y^2 + (c - x)^2} = \frac{-1}{4a} (4xc - 4a^2) \quad (3.34)$$

$$\sqrt{y^2 + (c - x)^2} = a - \frac{c}{a} \cdot x \quad (3.35)$$

$$x^2 + 2x \cdot c + c^2 + y^2 = a^2 - 2x \cdot c + \left(\frac{c}{a} \cdot x\right)^2 \quad (3.36)$$

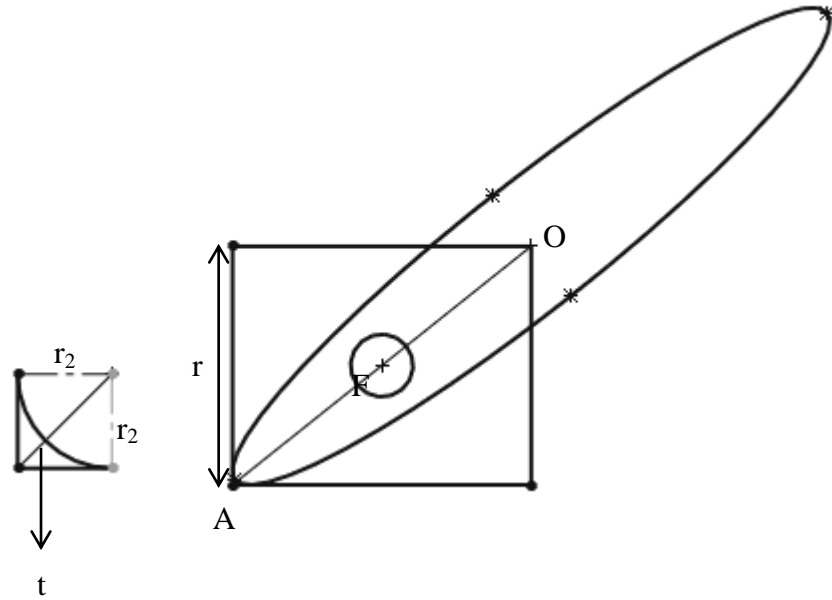
$$\left(\frac{c}{a}\right)^2 + \frac{y^2}{a^2 - c^2} = 1 \quad (3.37)$$

$$b^2 = a^2 - c^2 \quad (3.38)$$

$$\left(\frac{x}{a}\right)^2 + \frac{y^2}{a^2 - c^2} = 1 \quad (3.39)$$

$$\left(\frac{x}{a}\right)^2 + \left(\frac{y}{b}\right)^2 = 1 \quad (3.40)$$

3.1.5 Reuleaux Üçgeninin Parametrik Denkleminin Oluşturulması



Şekil 3.12: Reuleaux üçgeni ve elips bağlantısı.

$$|AF| = r_1$$

O = Elipsin Orta Noktası

$$|OF| = c$$

F = Odak Noktası

$$|AO| = a$$

A = Asal Eksen Uzunluğu

$$r_2 \cdot \sqrt{2} - r_2 = t \quad (3.41)$$

$$t = r_2(\sqrt{2} - 1) \quad (3.42)$$

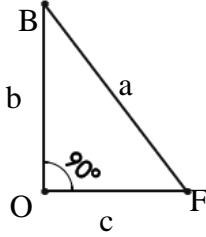
$$t = 0,055 \cdot r \quad (3.43)$$

$$|AO| = a = r.\sqrt{2} - 0,055.r \quad (3.44)$$

$$a = r(\sqrt{2} - 0,055) \quad (3.45)$$

$$a = 0,134.r |OF| = c = r.\sqrt{2} - r_1 \quad (3.46)$$

$$c = 0,9365.r \quad (3.47)$$



Şekil 3.13: Pisagor teoremi.

$$a^2 = c^2 + b^2 \quad (3.49)$$

$$(0,134.r)^2 = b^2 + (0,9365)^2.r^2 \quad (3.50)$$

$$b^2 = 0,9725.r^2 \quad (3.51)$$

$$b = 0,9862.r \quad (3.52)$$

(3.49), (3.50), (3.51) ve (3.52) denklemlerinde bulunan değerler Elips denkleminde yerine konulursa;

$$\left(\frac{x}{a}\right)^2 + \left(\frac{y}{b}\right)^2 = 1 \quad (3.53)$$

$$\frac{x^2}{1,85r^2} + \frac{y^2}{0,9725.r^2} = 1 \quad (\text{Paydalar eşitlenirse}) \quad (3.54)$$

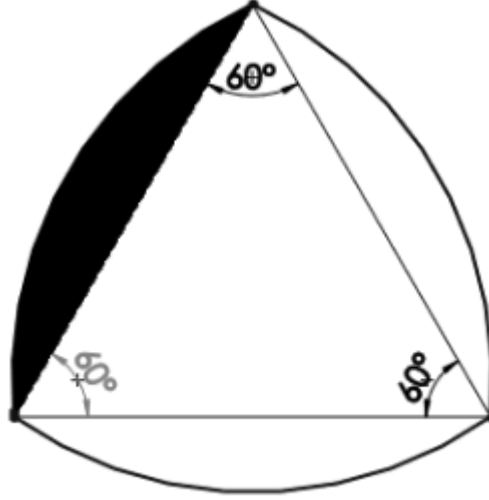
$$(0,9725) \quad (1,85)$$

$$\frac{0,9725x^2 + 1,85y^2}{1,8r^2} = 1 \quad (3.55)$$

(3.55) denklemini düzenlendiğinde Reuleaux Üçgeni Parametrik Denklemi ;

$$0,54x^2 + ,027y^2 = r^2 \quad (3.56)$$

3.1.6 Reuleaux Üçgeninin Alanı



Şekil 3.14: Reuleaux alan hesabı.

Taralı Alan;

$$A_s = \frac{1}{2} \cdot r^2 \cdot (\theta - \sin \theta) \quad (\theta = 60^\circ) \quad (3.57)$$

$$A_s = [\pi/6 - \sqrt{3}/4] \cdot r^2 \quad (3.58)$$

Üçgenin Alanı;

$$\text{Toplam Alan ; } 3 \cdot A_s + A_t \quad (3.59)$$

$$A_t = \frac{r\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{r}{2} = \frac{r\sqrt{3}}{4} \quad (3.60)$$

$$\text{Toplam Alan} = [3 \cdot [\pi/6 - \sqrt{3}/4] + \sqrt{3}/4] \cdot r^2 \quad (3.61)$$

$$\text{Toplam Alan} = 0,705r^2 \quad (3.62)$$

4. KESİCİ TAKIM TASARIM VE İMALATI

4.1 Kesici Takım İmalatı İçin Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri

Kesici takım imalatı için iki tür malzeme kullanılmıştır. Yüksek mukavemet, kesici özelliği ve dayanıklılık gerektiren Reuleaux üçgen kılavuzu, kare kılavuz ve kesici uç için 2550 malzemesi kullanılmıştır.

İstenilen mukavemet ve dayanımı sağlayan ayrıca imalat için istenilen sertlik ve esnekliği de sağlayan 4140 malzemesi ana milden aldığı hareketi kesici takıma aktaran şaftlar, kesici takım dış kapağı, sıkıştırma elamanları ve iş parçasının bağlı olduğu kılavuz yatak için kullanılmıştır.

4.1.1 2550 Malzemesinin Özellikleri ve Kullanım Alanları

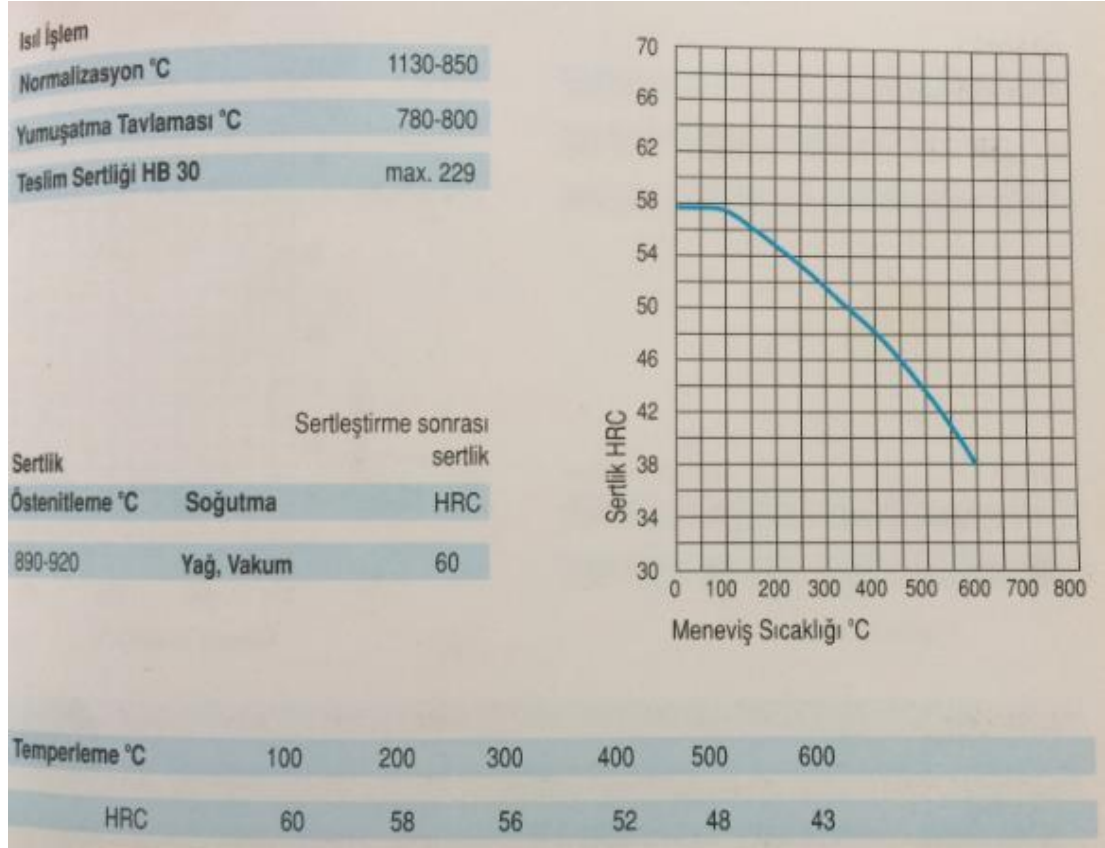
Yağda sertleşebilen, darbe dayanımı yüksek olan çelik sınıfındadır 2550 takım çeliği. 12 mm kalınlığına kadar kalınlığa sahip kesme kalıplarında, soğuk delik zımbalarında, ön şekillendirme zımbaları için, makas zımbaları için kullanılır. Tablo 1 de 2550 takım çeliğinin kimyasal bileşimi gösterilmiştir.

Ayrıca 2550 takım çeliğinin yontma bıçaklarında, basınçlı hava ile çalışan keskilerde, desen kalıplarında da kullanılır. Aşınma direnci DIN 1. 2767'ye göre daha iyi, tokluğu ise daha düşüktür. İmalatta kullanılan 2550 takım çeliği ısıtılma işlem sonrasında elde edilen 58 HRC sertliğe sahiptir [6].

Tablo 4.1: 2550 Takım çeliği malzemesi kimyasal bileşimi.

Kimyasal Bileşim:	0.60 % C	0.60 % Si	0.30 % Mn
	1.10 % Cr	0.20 % V	2.00 % W

Tablo 2 de 2550 takım çeliğinin meneviş sıcaklık özellikleri, temperleme özellikleri ve sertlik özellikleri verilmiştir. Tasarımı yapılmış olan kesici takımında kesici uç için çok önemli özellik olan yontma işleminde kullanılabilir olması bu malzemenin seçiminde öncelik oluşturmuştur. 2550 takım çeliğini daha iyi anlamak için takım çeliği tarihçesine ve üretim proseslerinin değerlendirilmesi gerekmektedir.



Şekil 4.1: 2550 Takım çeliğinin ısı işlem özellikleri.

4.1.1.1 Takım Çelikleri Tarihçesi

Takım çeliklerinde sertleştirme prosesi önemli bir prosestir. İlk sertleştirme çelik üretimi Uzakdoğuda (Çin ve Japonya 'da) yapılmış kılıçlar olduğunu söyleyebilir. Ayrıca yüksek ve düşük karbonlu çelikler dövme prosesi işleminden sonra üretilen Japon kılıçları M.Ö. 900'lü yıllarda önemli bir üne sahiptir.

Demirin karbürize edilmesiyle imalatı yapılan çelik 1740 yılında endüstrileşmeyle birlikte yerini pota metalürjisine bırakmıştır. Wolfram alaşımı

Çelikler 1868 yılında havada sertleşebilir özelliğiyle üretilmiştir. 1898 yılında yüksek hız çeliği üretilmiştir. 1903 yılında 14 W 0.7 C ve 4 Cr'lu yüksek hız çeliği üretilmiştir. 1904 yılında vanadyum yüksek hız çeliği alaşımlarında ilk kez kullanılmıştır. Ayrıca 1906 yılında ilk olarak ergitme fırınları ortaya çıkmıştır. İkinci dünya savaşından sonra yüksek karbonlu ve yüksek vanadyumlu yüksek hız çelikleri üretilmeye başlanmıştır.



Şekil 4.2: Yüksek hız çeliği imalat prosesi.

1940'lı yıllarda Wolframın yerine Molibden elementi daha ön plana çıkmıştır. 1961 yılında 70 HRC'ye sertlik özelliğine sahip yüksek hız çelikleri üretilenmiştir. 1970'li yıllarda ilk olarak toz metalürjik elikleri Amerikan Crucible firması tarafından üretilmiştir. 1980'li yıllarda takım çeliklerine uygulanan yüzey işlemleri ve yüzeye uygulanan kaplama işlemleri daha fazla önem kazanmıştır [6].

4.1.1.2 Takım Çeliklerinin Üretilmesi

Günümüzde takım çelikleri çok değişik teknoloji ve ekipmanlarla üretilmektedir. Takım çeliğinin yüzde 75 'i hurdanın ergitilmesi prosesiyle geri kalan kısmı ise cevherden imal edilen ingotların ergitilmesi sonucu elde edilir.

Takım çeliklerinin imalatında ilk başta ergitme sonra ise refine işlemi gerçekleştirilmektedir. Ergitme işlemi elektrik ark ocaklarında yapılmaktadır. Bunu ilave olarakta vakum oksijen dekarburizasyon işlemleri de yapılmaktadır. Bu işlemdeki hedef malzemedeki kükürt ve fosforu uzaklaştırmaktır. Arzu edilen kimyasal bileşime ulaşıldığında curufun üste çıkması için seri olarak kalıplara sıvı metal dökülür. Böylece takım çeliği kimyasal analizine sahip yeni ingotlar imal edilir.

Daha temiz bir yapı elde etmek için elektro remelting adıyla ifade edilen ESR yöntemi uygulanır. ESR yöntemi ile daha mükemmel yapı temizliği elde edilmiş olur. Bu yöntemin en büyük avantajı yavaş ve homojen soğutma hızı ile mikroyapıda ki homojenliğin elde edilebilmesidir.



Şekil 4.3: Takım çeliği üretimi ergitme prosesi.

Bu uygulama ile birlikte mikro yapıda istenmeyen ötektik karbür partikülleri minimize edilmiş olur. ESR yöntemi ile birlikte malzemedeki bulunan kükürtün % 70 'e yakını uzaklaştırılmış olur. ESR prosesi pahalı olduğundan opsiyonel olarak kullanılır. Buna ilaveten vakum ergitme prosesi de kullanılarak temiz bir mikro yapı elde edilebilir. Fakat bu yöntemle kükürt uzaklaştırılmamış olup yapıda ki azot ve

bizmut, mangan, kurşun gibi elementler az miktarda da olsa mikro yapıdan uzaklaştırılır.

Her firma takım çeliği imalatı için değişik ekipmanlar kullanabilir. Çünkü çelik imalatı gibi geniş bir yelpazede takım çeliği imalat prosesi çok az yer tutar.

Takım çeliği ingotları istenen üretim özelliklerine sahip olmasını sağlamak amacıyla değişik prosesler uygulanır. İlk aşama olarak bu ingotların hidrolik preslerin açık dövme yöntemiyle dövülmesi aşaması diyebilir. Ancak 1990'larda rotary dövme teknolojisi önem kazanmıştır. Ve hala bu önemini korumaktadır. Dakikada 180 – 320 arası vuruş yapabilen ve tek bir operatörün imalatı gerçekleştirebildiği bu dövme prosesi çok hassas sonuçlar vermektedir. İstenilen kalitede ürünler ve malzeme formlarına otomatik haddeleme tesislerinde de ulaşılabilmektedir.

Sıcak ve soğuk çekme yöntemiyle çeliklerin üretilmesinde ki amaç istenen küçük çaplara ulaşabilmektir. Sürekli döküm yöntemleriyle de daha ekonomik takım çeliği imal etme uygulamaları denenmektedir.

Yüksek alaşımlı takım çeliklerinin toz metalürjik yöntemlerle üretilerek yüksek hassasiyete sahip mükemmel malzeme yapısı elde edilmiştir. Ayrıca günümüzde ilerleyen yüksek teknolojiyle birlikte alternatif bir proses olarak Osprey yöntem tartışılmaktadır.

4.1.2 4140 Çelik Malzemesinin Özellikleri ve Kullanım Alanları

Karbon miktarı açısından kimyasal bileşenleri sertleştirilmeye uygun olan ve belirli yükler altında ıslah işlemi sonunda yüksek tokluk özelliği gösteren alaşımlı yapı çeliklerine 4140 ıslah çeliği denir. Krank mili, aks mili ve kovanı, otomobil ve uçak yapımında, dişli ve çark yapımında kullanılır. Tablo 3'te ıslah çeliğinin malzeme mikro yapısı verilmiştir [10].

Tablo 4.2: 4140 ıslah çeliği kimyasal içeriği.

C	Si	Mn	P _{max}	S _{max}	Cr	Mo
0,38-0,45	0,15-0,40	0,50-0,80	0,035	0,035	0,90-1,20	0,15-0,30

Islah çelikleri, ıslah işlemi sonunda belirli bir çekme dayanımında yüksek tokluk özelliği gösteren ve karbon miktarı bakımından, sertleştirilmeye elverişli olan alaşımsız ve alaşımlı makina imalat çelikleridir. Çelik parçaya yüksek tokluk özelliğinin kazandıran önce sertleştirme ve arkasından menevişleme işleminin bütününe ıslah işlemi denir. Islah çelikleri dövme parçalar; çeşitli cıvata somun ve saplamalar, krank milleri, akslar, kumanda ve tahrik parçaları, piston kolları, çeşitli miller, dişliler, çeşitli makina ve motor parçaları gibi parçaların imalatında olmak üzere geniş bir alanda kullanılır. Islah çeliği ıslah işlemi sonunda kazandığı yüksek mekanik özelliklerden dolayı inşaat ve alaşımsız çeliklerden sonra en yüksek oranda üretilen ve kullanılan çelik türüdür. İstenilen tokluk veya sertlik değerine ulaşılması gibi istenen imalat kalitesine ulaşmak için kullanılan çeliğin iç yapı temizliği çok önemlidir. Ayrıca bu yüksek kaliteli imalata için çok dikkat ve tecrübeye ihtiyaç duyulmaktadır. Islah çeliği iç yapı temizliği sıvı çeliğin yapısında erimiş halde bulunan hidrojen, oksijen ve azot gazlarından çeliğin arındırılması ve sülfür inkluzyonlarından ıslah çelik yapısının temizlenmesidir [10].

Bu grup çeliklerin alaşımsız, düşük alaşımlı ve alaşımlı cinsleri vardır. Alaşımsız olanları piyasada imalat çeliği olarak da ifade edilir. Bu çelikler makina imalat çeliklerinin en önemli bölümünü oluştururlar. Genel olarak bu tür çelikler bağlantı elemanları aks milleri, şaft ve dişli imalatında kullanılırlar. Bu grup çeliklerde, sertleşebilirlik derecelerine göre düşük, orta ve yüksek sertleşebilir olarak gruplanır.

4.2 Kesici Takımı Oluşturan Malzemelere Uygulanan Isıl İşlemler

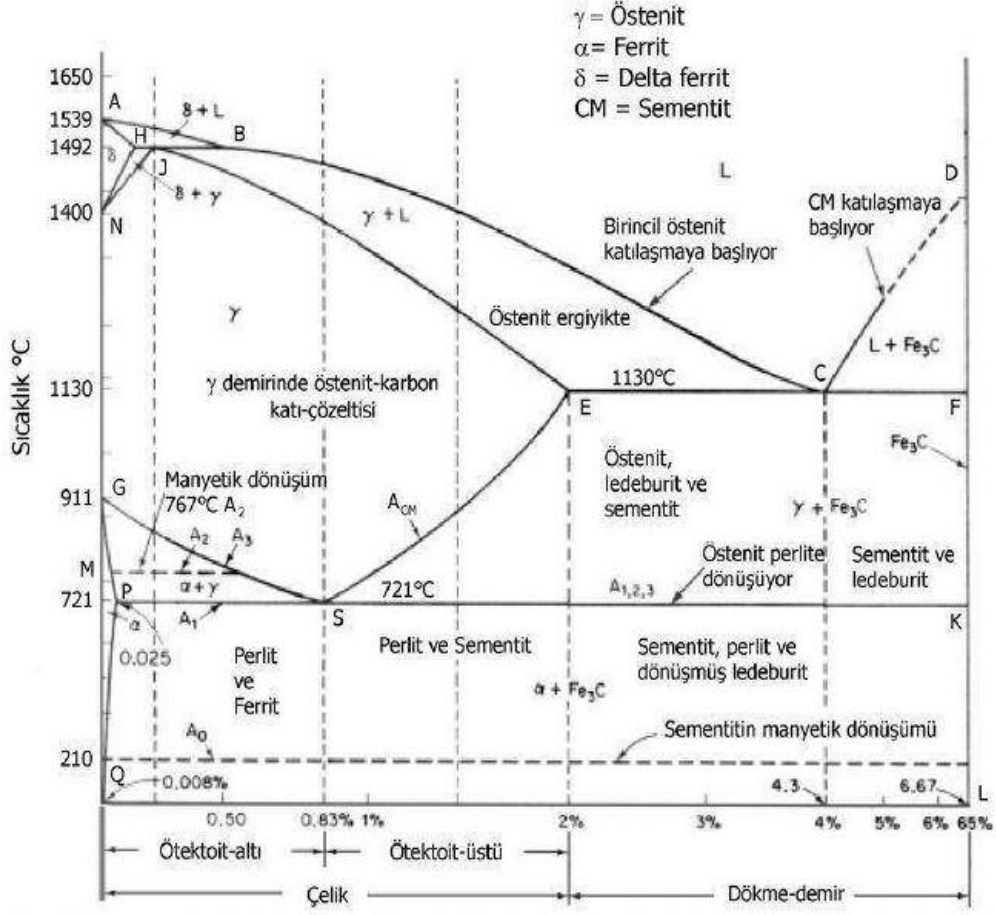
İmalatı gerçekleştirilecek olan çelik sertleştirme işlemine kadar birçok ısıl işlem süreci geçirir. Çelik imalat prosesinde katılan ingotlar yüksek sıcaklıklarda dövülür veya haddelenir. Bir sonraki adım olarak sıcaklıkları oda sıcaklığına ulaşan ürünlere yavaş bir şekilde normalize ısıl işlemi uygulanır. İşleme prosesine tavlama ısıl işleminden sonra başlanabilir. Bu işlem sonrasında gerilim giderme ve ardından sertleştirme prosesi başlar.

4.2.1 Alaşım Elementlerinin Çeliklere Etkisi

Çelik için alaşım elementlerinin etkisini değerlendirebilmek için takım çelikleri ısıl işlemleri ve faz diyagramlarını çok iyi yorumlamak gerekmektedir. Tablo 4 ve Tablo 5'te alaşım elementlerinin etkileri verilmiştir.

Krom, molibden, silisyum, niobyum, titanyum, tantal, wolfram, zirkonyum ve vanadyum ferrit fazını stabil hale getiren elementlerdir. Karbon, kobalt, bakır, mangan, nikel ve azot ise östenit fazını stabil hale getiren elementlerdir. Malzeme özelliklerini belirlemede en önemli faktör karbür oluşturuç alaşım elementleridir.

Şekil verme, bükme, kesme, talaş kaldırma vb. uygulamalar için kullanılan çelikler takım çeliğinden üretilir. Kimyasal kompozisyonuna göre alaşım, alaşım ve yüksek alaşım, alaşım çelikleri, ısıl işlem soğutma uygulamasında göre; suda, yağda ve havada sertleştirilmiş takım çelikleri, kullanım durumu ve çalışma sıcaklığına göre de sıcak, soğuk, plastik ve yüksek hız takım çelikleri olarak sınıflandırılır [6].



Şekil 4.4: Demir-Karbon faz diyagramı.

4.2.2 Çeliklere Uygulanan Isıl İşlemler

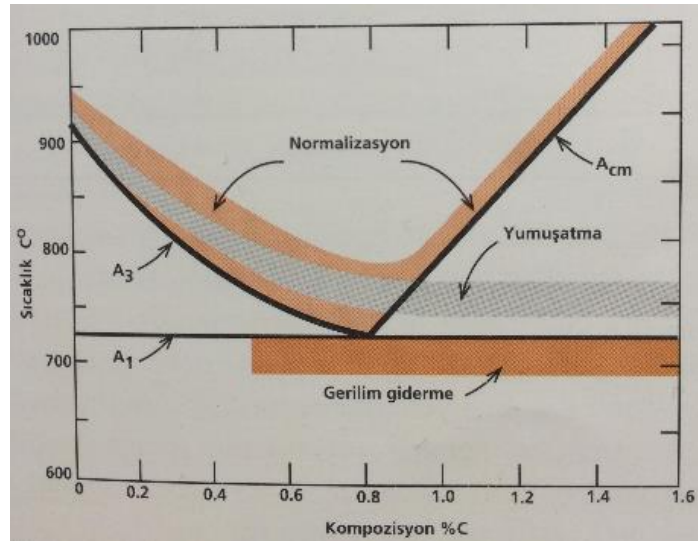
4.2.2.1 Gerilim Giderme Tavlaması

Düzensiz soğumanın neticesi olarak yapıda oluşan gerilimleri gidermek amacıyla uygulanan ısıl işlemdir. Döküm prosesi sonrası ilk katılan kısım en dış tabakadır ve iç kısımlar yüzeye göre daha sıcaktır. Ayrıca yapı dönüşümleri en son çekirdek kısmında gerçekleşmektedir. Bunların sonucunda malzemenin yapısında gerilimler oluşur. Talaşlı imalat sonrası da malzemede iç gerilimler meydana gelmektedir. Isıl işlem anında bu gerilimler boyutsal değişime ve çarpılma adı verilen problemlere neden olmaktadır. Bu problemi aşmak için malzeme 550-650 °C arasında 2-3 saat tutularak gerilim giderme prosesi gerçekleştirilir.

4.2.2.2 Sertleştirme ve Soğutma

Sertleştirme, çeliğe istenilen özelliklerin kazandırılması için malzemenin yapı dönüşümü özelliklerinden faydalanılmasıdır. Malzemenin yapısında bulunan potansiyel özellikleri ortaya çıkarılarak performansında artış sağlamak için malzeme sertleştirilir. Sertleştirme prosesinde hedef martenzitik yapıya ulaşmaktır.

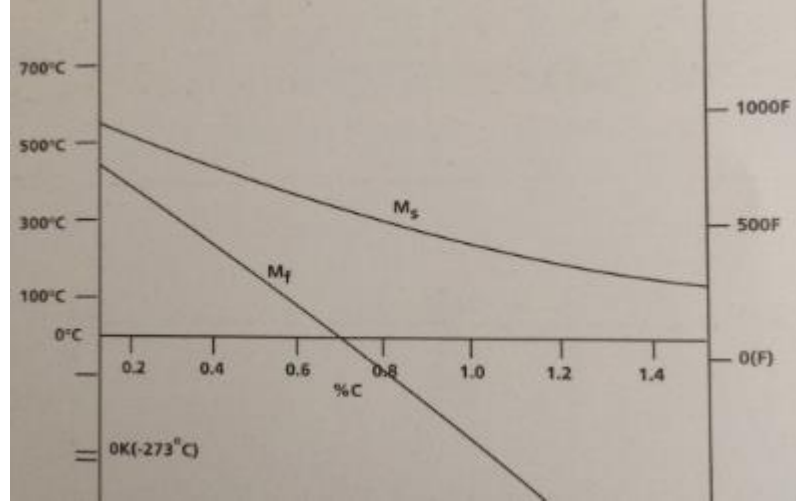
Isıl işlem prosesi uygulanmamış çeliklerin malzeme yapısı Hacim Merkez-Kübik birimli kafes yapısına sahiptir. HMK kafes sisteminde yaklaşık olarak 770 °C sıcaklıkların üstüne çıkıldığında malzemenin yapısında faz dönüşümleri başlar. Ayrıca HMK kafes yapısında normal olarak karbon atomları yoktur. Başlayan faz dönüşümüyle birlikte HMK kafes yapısı Yüzey Merkez-Kübik (YMK) kafes sistemi yapısına dönüşerek östenit yapı elde edilir. YMK kafes yapısında atomlar uygun yerdedirler. Yapılan soğutma prosesiyle birlikte YMK kafes mikro yapısına sahip malzeme HMK kafes yapısına tekrar dönecektir. Bu arada kendini dışarı atamayan karbon atomları HMK kafes yapısında martenzitik mikro yapısına dönüşecektir. Ortaya çıkan bu yapının mukavemeti ve sertliği çok yüksek olacaktır [7].



Şekil 4.5: Isıl işlem dönüşüm tablosu.

Şekil 6'da görüldüğü gibi malzeme soğutulduğunda M_s (Martenzit start) ve M_f (Martenzit finish) dönüşüm noktaları oluşur. M_s martenzit faz yapısının dönüşüm sıcaklığıdır. Martenzit faz dönüşümünün tamamlandığı sıcaklık noktası ise M_f

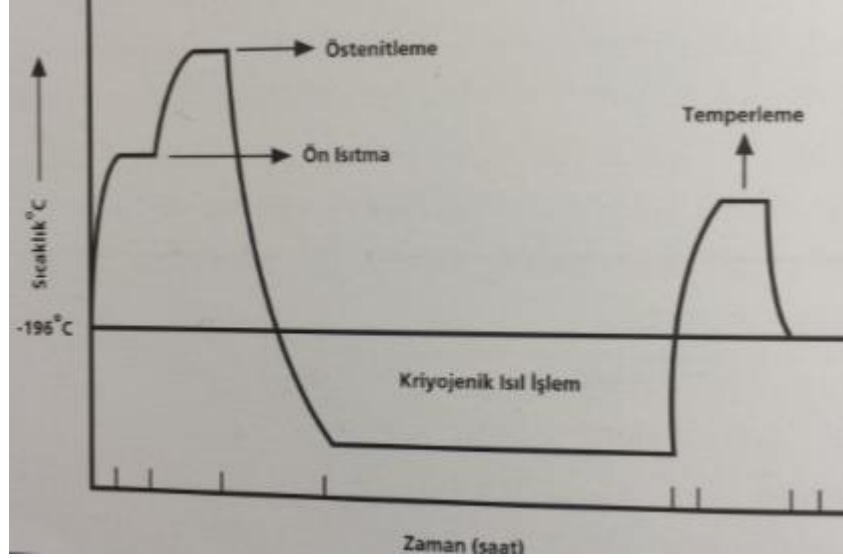
sıcaklığıdır. Martenzit faz dönüşümü oda sıcaklığının çok altında da gerçekleşeceği gibi oda sıcaklığında da dönüşüm gerçekleşebilir. Dönüşüm tam olarak gerçekleşmemiş ise östenit fazı ilk başta dikkat edilecek olan fazdır [7].



Şekil 4.6: Faz dönüşüm diyagramı.

M_s dönüşüm noktasında östenit yapı martenzit yapıya dönüşmeye başlar. Bu dönüşümde yapıda kalıntı östenit oluşmamasına dikkat edilmelidir. Malzemedeki M_f noktası 0°C 'nin altındaysa malzeme oda sıcaklığına ulaştığında malzemedeki dönüşümü tamamlanmamış östenit fazı bulunduğu için dolaylı olarak martenzit dönüşümü tam olarak gerçekleşmez. Bu problem yüksek karbonlu çeliklerde gözükmemekte olup bu durumun oluşma sebebi malzemenin yapısında kalıntı östenit bulunmasıdır. Bu durum malzemenin mukavemet değerlerini etkileyerek fiziksel özelliklerini zayıflatır ve malzemenin sertliğinin düşük olmasına neden olur. Bundan dolayı kalıntı östenitin malzemenin yapısından uzaklaştırılıp martenzite dönüştürülmesi gerekmektedir. Kalıntı östeniti yapıdan uzaklaştırmak için uygulanan işlemlerden biri de Kriyojenik İşlemdir. Bu proseste malzemenin yapısında bulunan kalıntı östenitin martenzite dönüşümü için malzeme M_f sıcaklığının daha altında bir sıcaklığa soğutulur. Bu uygulamayı gerçekleştirirken dikkat edilmesi gereken husus bu işlemin sertleşme (su verme) prosesinin hemen ardından zaman kaybetmeden gerçekleştirilmesi gerektiğidir. Bu duruma dikkat edilmezse kalıntı östenit martenzite dönüşmeyecek olup kalıntı östenitin büyük bir kısmı kronikleşecektir.

Östenit ısıtma işlemi sertleştirme amacıyla yapılmakta olup kademeli olarak yapılması gerekmektedir. Östenit ısıtma işlemi hızlı bir şekilde gerçekleştirilirse parçanın iç ve dış yüzeyinde sıcaklık farkı oluşur. Bu sıcaklık farkı iç gerilmelere sebep olacağından dolayı malzemenin çarpılmasına neden olur.



Şekil 4.7: Kriyojenik ısıtma işlemi.

Malzeme östenitleme işlemi için AC_3 hattı üzerindeki sıcaklık basamağına kademeli olarak yapılan ön ısıtma işleminin ardından yükseltilir. Perlitin tam anlamıyla östenite dönüşme süresi bekleme süresini belirleyen faktördür. Ayrıca bu süreyi malzemenin ebatları belirlemektedir. Mikro yapı dönüşümünün malzemenin her yerinde homojen olması anlamına gelen dengelemenin tam olması için yüzeyde ve çekirdekte sıcaklığın aynı olması gerekmektedir. İstenilen bekleme süresinden daha yüksek bir sıcaklığa kadar beklenilirse malzemenin tokluğunda önemli ölçüde azalma olur ve perlitten dönüşen östenit taneleri büyüme eğilimine girer. Sertleştirme prosesinden sonra uygulanan incelemelerde martenzit yapı ile birlikte yumuşak ferrit fazı da görülmektedir ve TTT faz diyagramlarına göre de düşük sıcaklarda yapılan östenitleme işleminde perlit yapı tam olarak östenit yapıya dönüşmez.

Soğutma işleminde çarpılma ve çatlak yapının oluşmasını engellemek için soğutmanın yavaş yapılması gerekmektedir. Isıl işlemde soğutma çok kritik bir aşamadır ve bu işlemde çok iyi bir mikro yapı elde etmek için hızlı soğutma yapılmalıdır.

Malzemelerin soğutulmasında birçok yöntem kullanılmaktadır. Alaşimsız çeliklerin soğutulmasında % 8-10 sodyum klorür katkılı su ortamı kullanılır. Su ortamında soğutma çatlaklara neden olabilen çok riskli bir soğutmadır. En güvenli soğutma yöntemleri ise martemperleme işlemi veya havada soğutmadır. Yağda soğutma yöntemi ise suda soğutmaya göre daha güvenlidir. Bununla birlikte daha mükemmel sonuçlar elde edilmek isteniyorsa akışkan yatak ve yeni nesil vakum fırınlarında yapılan soğutma uygulamaları gerçekleştirilmelidir.

Düşük sertliğin önemsendiği durumlarda çok kritik parçalarda havada soğutma işlemi yapılabilir. Düşük alaşımlı çeliklerin soğutulması prosesinde genel olarak yağ ile soğutma kullanılır. Martemperleme işlemi ise çarpılma ve çatlak riskinin olduğu durumlarda riskin azalması için kullanılabilir. Akışkan yatakta soğutmada havadan daha güçlü ve yağdan daha düşük soğutma gücüne sahiptir.

4.2.2.3 Temperleme

İstenilen sertliğe bağlı olarak temperleme sıcaklığı seçilir ve uygulanır. Sertleştirme prosesi sonrası malzeme sıcaklığı 50-60 °C azaldığında hemen temperlenmelidir. Genel olarak takım çelikleri için iki temperleme yapılır.

Kalıntı östenit yapının martenzit yapıya dönüşümü temperleme işleminde devam etmektedir. Bununla birlikte temperlenmiş martenzitin temperlenmiş martenzite dönüşmesiyle malzemenin tokluk özelliğinde artış meydana gelir. Malzemede kırılma ve çatlak oluşma ihtimali bu şekilde minimize edilmiş olur. Temperleme sırasında karbür çözülmesi olarak adlandırılan ikincil sertleşme diye adlandırılan metalürjik olay yüksek hız çeliklerinde ve bazı soğuk iş çeliklerinde oluşmaktadır.

4.3 Kesici Takımın Çalışma Prensibi ve Kesici Takım Parçaları

İmalatı yapılan kesici takımın çalışma prosesinin ana fikri bir eksen boyunca dönen saft milinin dairesel hareketini aynı ekseninde dönen ve bu dairesel hareketi

talaş kaldırılacak olan iş parçası üzerine kare delik açacak şekilde dairesel hareketin dönüşümünü sağlamaktır. Bu şekilde yapılan imalatta eksenel güçlerin transferinde azalmalar olmaktadır. Bu oluşan zorlu güç kuvvet transferini başarılı bir şekilde yapabilmek için malzeme seçimine çok dikkat edilmesi gerekmektedir.

Kesici takım ilk hareketi tezgaha bağlı olan şaft milinden alır. Bu şaft milinin hareketi kesici ucun bağlı olduğu şaft miline aktaran kayıt kızak sistemiyle çalışan ara bağlantı birleştirme elemanı vasıtasıyla aktarılır. Kesici ucun bağlı olduğu şaftta ayrıca Reuleaux üçgen kılavuzu da bağlı bulunmaktadır. Reuleaux üçgen kılavuz yapısı kare içinde yapacağı hareketle birlikte şaft milin ara elemandan aldığı dönel hareketi kare kılavuzun sahip olduğu geometride kare hareketine dönüştürecektir. Bu şekilde kesici ucun hareketi kare delik açacak şekilde oluşur.

Ayrıca yukarda bahse konu olan parçaların hareketinin sağlanması için sistem silindirik bir bağlantı gövdesine montajlanmıştır. Silindirik bağlantı gövdesinin hareketinin rijit olmasını sağlayan tezgâha bağlı bir kılavuz yatak bulunmaktadır.

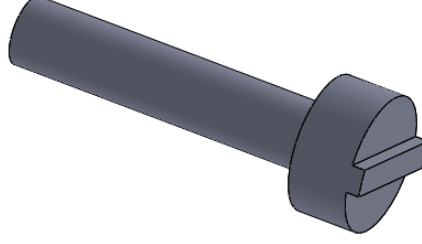
4.3.1 Kesici Takımı Oluşturan Parçalar ve Özellikleri

Kesici takımını oluşturan parçalar ;

- 1) Şaft milleri
- 2) Rulman
- 3) Bağlantı birleştirme elemanı
- 4) Reuleaux üçgen kılavuzu
- 5) Kare kılavuzu
- 6) Kesici uç
- 7) Rulman ve bağlantı gövdesi destekleri
- 8) Bağlantı gövdesi
- 9) Tezgâha bağlanan kılavuz yatak
- 10) Birleştirme gövdesi kapağı

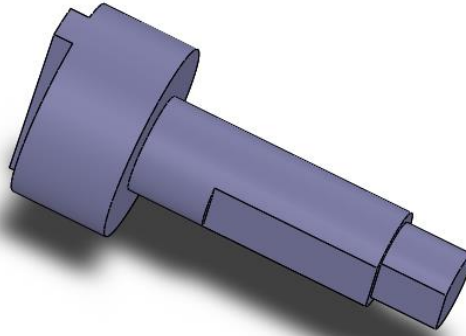
4.3.1.1 Şaft milleri

Şaft millerinin görevi aldıkları dönel hareketi iletmektir. Birinci şaft mili tezgâhın ana milinden aldığı hareketi ara birleştirme elemanı ile ikinci şaft miline aktarmaktır. Dönel hareket özelliğinden dolayı 4140 ıslah çelik malzemesinden imalatı gerçekleştirilmiştir. Bu şaft mili Şekil 4.3'te gösterilmiştir.



Şekil 4.8: Ana milden hareket alan şaft mili.

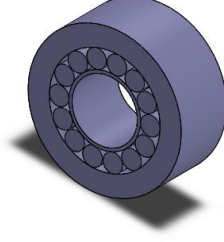
Tezgâhın ana milinden aldığı hareketi birinci şaft mili ikinci şaft miline birleştirme elemanı yardımıyla aktarır. İkinci şaft miline kesici uç, Reuleaux kılavuz üçgeni bağlıdır. Bu milin görevi aldığı dönel hareketi Reuleaux kılavuz üçgene ve kesici uca iletmektir. Şaft mili Şekil 4.4'te gösterilmiştir. Bu şaft milide dönel hareket özelliği dikkate alınarak 4140 ıslah çelik malzemesinden imalatı gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.9: Kesici uca dönel hareket veren şaft mili.

4.3.1.2 Rulman

Tezgâhın ana milden hareketi alan şaft milinin aldığı hareketi diğer elemanlara iletebilmesi için şaft miline yataklık sağlayan kısımdır. Hareketin daha rijit aktarılmasının sağlanması için çift sıralı rulman kullanılmıştır.

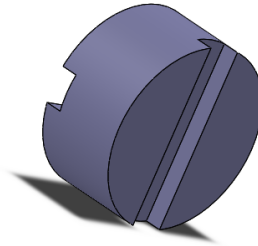


Şekil 4.10: Rulman.

4.3.1.3 Bağlantı Birleştirme Elemanı

Bu bağlantı elemanı istenilen kare formu ve imalatı yapılmak istenen kare deliğin oluşturulması için temel elemandır. Bağlantı birleştirme elemanın en önemli işlevi Reuleaux üçgeninin kesici ucun kare delik delebilmeye olanak sağlayan merkezci hareketi sağlamasıdır.[7] Ayrıca şaft milinden aldığı dönel hareketi kesici uca iletilmesini sağlaması diğer önemli işlevidir.

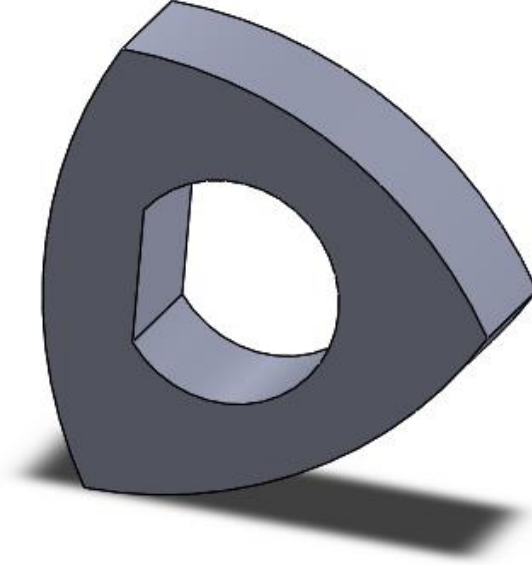
Bağlantı elemanın iki yüzeyi de taşlanmış. Çünkü yukarıda bahsedilen iki işlevi yerine getirebilmesi için yüzeydeki pürüzsüzlüğün çok hassas olması gerekmektedir. Şekil 4.6'da görüldüğü gibi bağlantı birleştirme elemanı iki mil şaftına da faturalı yapı ile bağlanmaktadır. Bu yapı dönel özelliği göz önüne alınarak 4140 ıslah çeliği malzemede imalatı gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.11: Bağlantı birleştirme elemanı.

4.3.1.4 Reuleaux Üçgen Kılavuzu

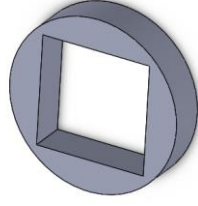
Karenin içinde aldığı dönel hareketle kesici uca kare formu oluşturan hareketi yapmasını sağlattıran özel bir üçgendir. Reuleaux üçgeni paralel iki çizgi arasında dönebilen üç adet yayı birbirine eşit bir yapıdadır. Kare delik içinde döneceğinden dolayı malzemenin mukavemet ve dayanımı yüksek olması gerekmektedir. Bu yüzden 58 HRC serfliğine sahip ısıtıl işleminden geçip iç gerilimleri giderilmiş olup 2550 malzemedan imal edilmiştir. Şekil 4.7’de Reuleaux kılavuz üçgen gösterilmiştir.



Şekil 4.12: Kılavuz Reuleaux üçgeni.

4.3.1.5 Kare Kılavuz

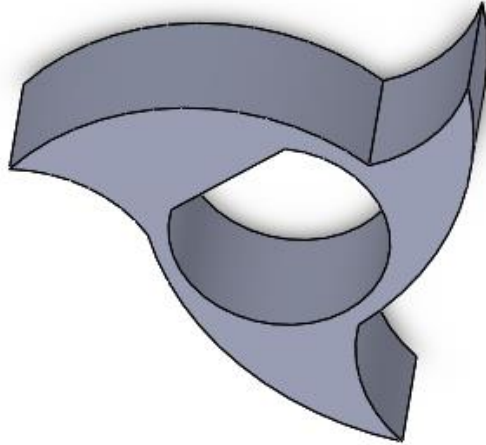
Kılavuz Reuleaux üçgeninin kare hareketini yapıp kesici uca bu hareketin iletilmesine yardımcı olan parçadır. 4140 ıslah çelik malzemedan imal edilmiş olup iç yüzeyinde hassas pürüzsüz yüzeyin oluşması için taşlama imalatı gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.8’de kare kılavuz gösterilmiştir.



Şekil 4.13: Kare kılavuz.

4.3.1.6 Kesici Uç

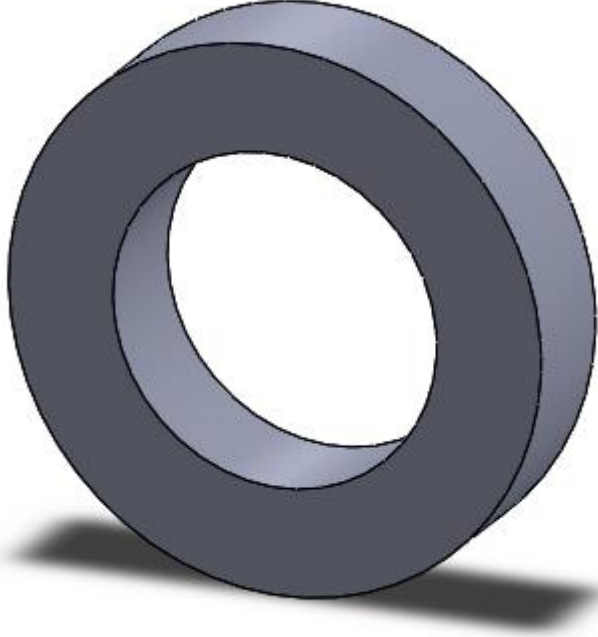
Kesici takımın bu parçası bütün mekanizmanın bağlı olduğu ana bileşendir. Çünkü diğer parçalardan aldığı etkiyle birlikte iş parçası üzerinden talaş kaldırmaktadır. Kesici ucun geometrik yapısı kılavuz Reuleax üçgenin temel geometrik parametreleriyle aynıdır.[8] Reuleaux üçgeninden farklı olarak kesici takımında olması gereken keskinlik, kesici yüzeylerin geometrik hassasiyetleri gibi noktalarda kesici uç geometrik yapısı değişkenlik göstermektedir. Kesici ucun malzemesi 58 HRC sertliğine sahip ve mukavemet, kesici özelliği gibi özellikleri düşünüldüğünde 2550 malzemedan imal edilmiştir. Özellikle 2550 malzemesinin yontma bıçaklarında kullanılma özelliğinden dolayı da bu malzeme seçilmiştir. Şekil 4.9'da kesici uç gösterilmiştir.



Şekil 4.14: Kesici uç.

4.3.1.7 Rulman ve Bağlantı Gövdesi Destekleri

Dönel hareketin tezgah ana milinden kesici uca rijit bir şekilde ulaşması için rulman, bağlantı gövdesi ve kare kılavuzun yataklanmasını sağlayan parçalardır. Bağlantı gövdesinin başında ve sonunda olmak üzere iki adet destek parçası bulunmaktadır. Bu parçalar 4140 ıslah çelik malzemesinden imal edilmiş olup ısıtılma işlemiyle birlikte 44 HRC sertliği kazanılmıştır. Bağlantı gövdesine sıkı geçme ile birlikte %1 hassasiyetle montajı yapılmıştır. Ayrıca montajın daha mukavemetli olması için setskur civata ile montaj sağlamlaştırılmıştır. Alt ve üst desteklerde sadece montajın gereksinimine göre et kalınlığında farklılık bulunmamaktadır. Diğer özellikler açısından aynıdırlar. Şekil 4. 10'da destek parçası gösterilmiştir.



Şekil 4.15: Rulman ve bağlantı gövdesi destek parçası.

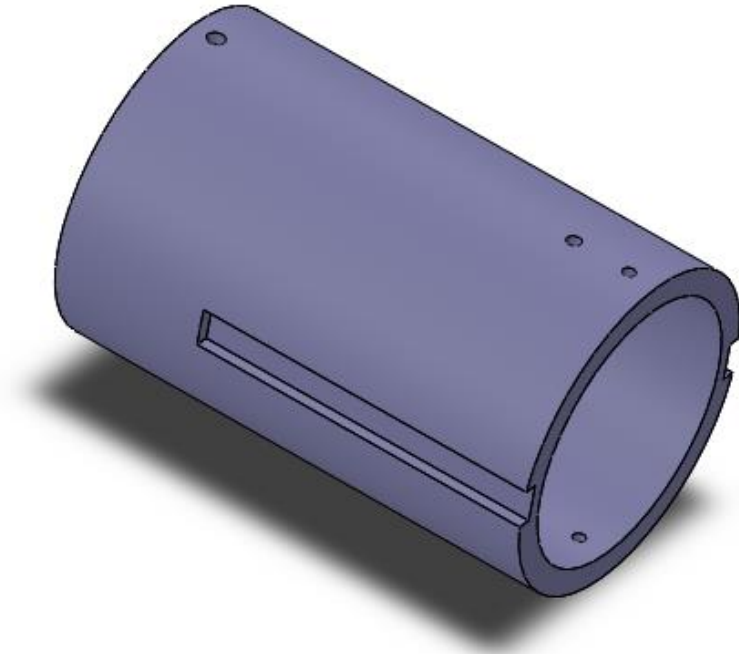
4.3.1.8 Bağlantı Gövdesi

Kılavuz karenin ve dönel hareketin transferinin sağlayarak kesici ucun talaş kaldırmasını sağlayan mil şaftlarının sabitlenmesini sağlayan parçadır. Sistemin çalışabilmesi için uygun mukavemet ve dayanıklılık gibi özelliklerinden dolayı 4140

ıslah çeliği malzeme kullanılmış olup 44 HRC sertliğine sahiptir. Şekil 11’de bağlantı gövdesi gösterilmiştir.

Kesici takımın hareketinin rijit olması için tezgâha bağlı kılavuz bir bağlantı tasarlanmıştır. Bu kılavuz bağlantı ile bağlantı gövdesinin montajı bağlantı gövdesi üzerine açılmış bir kanal sayesinde ve kılavuz bağlantıda bulunan faturanın bağlantı gövdesi üzerinde bulunan kanala montajlanmasıyla gerçekleştirilmektedir.

Bağlantı gövdesi üzerinde kare kılavuzun ve destek parçalarının montajlanması için setskur civataların montaj yeri bulunmaktadır. Bağlantı gövdesini alt kısmında dört adet setskur montaj yeri bulunmaktadır. Bunlarda iki tanesi kare kılavuz için diğer iki tanesi ise Reuleaux üçgen kılavuzunun hareketinin rijit olmasını sağlayan setskur montaj yerleridir. Bu civataların montajı yapılırken çok hassas davranılmalıdır. Aşırı dengesiz yükte civataların yapısı bozulmaktadır. Setskur civataların hepsi metrik 5 ölçüsüne sahiptir.



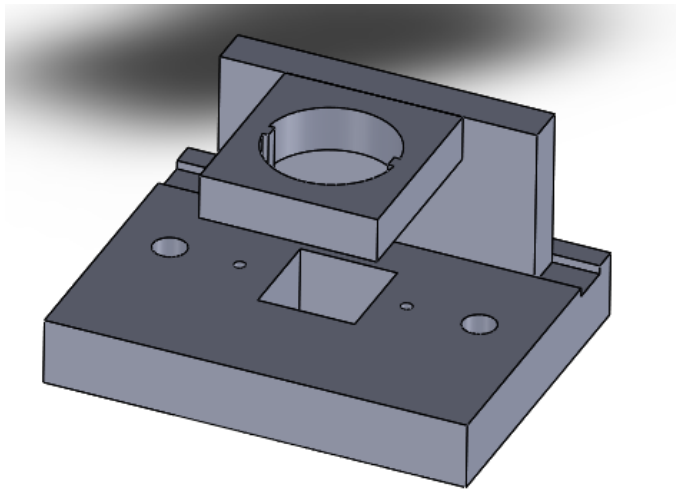
Şekil 4.16: Bağlantı gövdesi.

4.3.1.9 Tezgaha Bağlanan Kılavuz Yatak

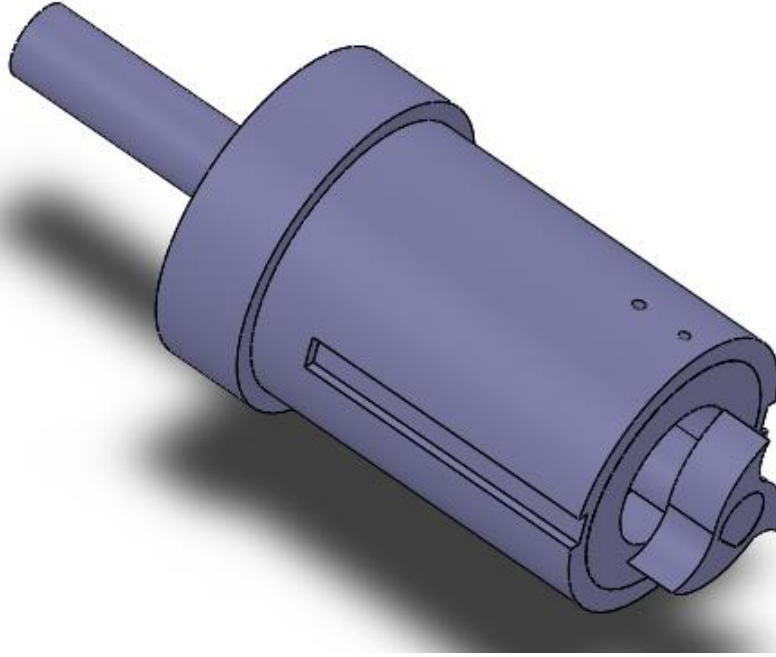
İmalatı gerçekleştirilen kesici takıma daha hassas kare deliğin delinmesi için hareketinin daha rijit olmasını sağlayan, tezgâha bağlı bağlantı gövdesinin üzerinde bulunan kanal sayesinde kılavuza yatağa montajı yapılan parçaya ihtiyaç duyulmuştur. Kılavuz yatak, tezgâha sıkma pabuçlarıyla montajlanan alt tabla, alt tablaya iki adet metrik 19 cıvatalar ile montajı gerçekleştirilen yan duvar ve yan duvara bağlı üzerindeki faturalı yapı ile kesici takımın rijit hareketini sağlayan üst tabla olmak üzere üç parçadan oluşmuştur.

Bütün parçalar 4140 ıslah çeliği malzemesinden imal edilmişlerdir. Parçaların imalatı torna ve freze tezgâhlarında gerçekleştirilmiştir. Yan duvar ile üst tablanın montajı iki adet metrik 16 ve bir adet metrik 10 cıvatalar kullanılarak montajı gerçekleştirilmiştir.

Ayrıca kılavuz yatakta kare deliğin delinmesi için iş parçasının bağlandığı ve iş parçasının kılavuz yatağa bağlayan pabuçların olduğu sabitleme merkezi vardır. Burada ön önemli hususlardan bir tanesi sabitleme merkezinin ve üst tabla kesici takım montaj yeri merkez eksenlerinin aynı ekseninde olmasıdır. İstenilen hassas geometri ve hassas pürüzsüz yüzey elde edebilmek için merkezlerin kesinlikle aynı ekseninde olması gerekmektedir. Şekil 4.12’de kılavuz yatak ve şekil 4.13’de kesici uç gösterilmiştir.



Şekil 4.17: Tezgâha bağlı kılavuz yatak.



Şekil 4.18: Kesici takım.

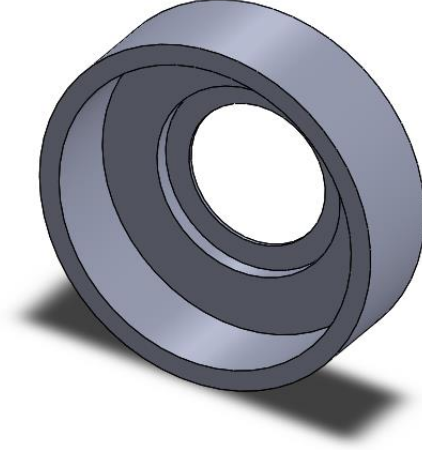
4.3.1.10 Birleştirme Gövdesi Kapağı

Birleştirme gövdesi ile tezgâhın ana milinden dönel hareketi alan mil şaftının daha rijit bir şekilde montajının gerçekleştirilmesi için imalatı gerçekleştirilen parçadır. Ayrıca mil şaftının üzerinde bulunan rulmanında daha iyi yataklanmasını sağlamaktadır. Birleştirme gövdesine montajı iki adet metrik 5 civata ile birlikte gerçekleştirilmiştir. 4140 ıslah çeliği malzemesinden imalatı gerçekleştirilmiştir.

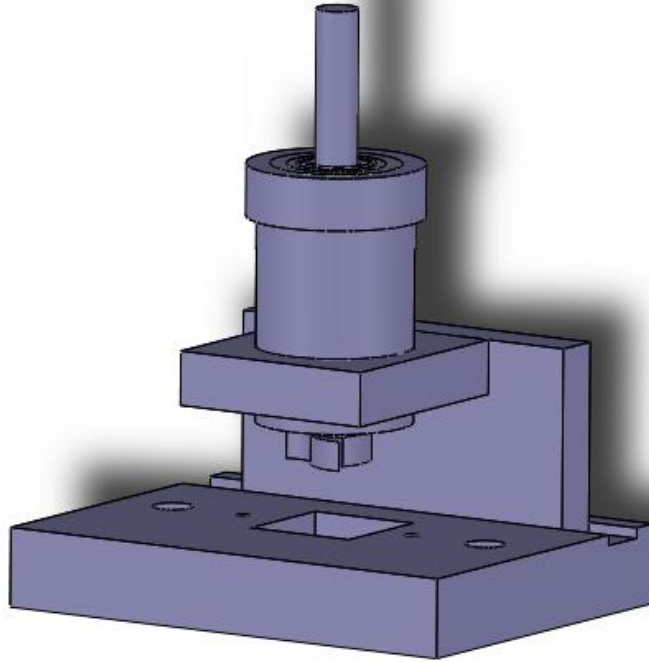
İlk hareketi alan şaft milinin diğer kısımlara aldığı hareketi hassas bir şekilde iletilebilmesi için çok önemli bir parçadır. Eğer bu parçanın imalatı ve montajı çok hassas bir şekilde gerçekleştirilmezse istenilen kare delik delme hassasiyetine ulaşılamaz.

İlk yapılan imalat çalışmalarında birleştirme gövdesi kapağı bulunmamaktaydı. Yapılan talaş kaldırma sonunda istenilen hassasiyette kare delik elde edilememiştir. Buda birleştirme gövdesi kapağının ne kadar önemli olduğunu

göstermiştir. Ayrıca şaft miline bağlı rulmana da çok iyi yataklama sağlamasından dolayı sisteme gelen kuvvetlerin ve hareketin çok iyi iletilmesini sağlamıştır.



Şekil 4.19: Birleştirme gövdesi kapağı.



Şekil 4.20: Kesme takımı tezgâha bağlı kılavuz yataklama ile montajı.

4.4 Kesici Takım Parçalarının İmalatı ve Dizaynı

İmalatı gerçekleştirilen kesici takımı farklı on parçadan oluşmuştur. Parçaların her biri özel tezgâhlarda imalatı gerçekleştirilmiştir. İmalatta silindirik parçaların üretilmesi için torna tezgâhı, prizmatik parçaların imalatı için torna tezgâhı, imalatı yapılan parçaların yüzey hassasiyetini artırmak için taşlama tezgâhı ve kesici uç gibi karmaşık parçaların imalatında ise tel erozyon tezgâhı kullanılmıştır. İmalatı gerçekleştirilen kesici takımın nasıl üretildiğini anlamak için tezgâhların özelliklerini çok iyi bilmek gerekmektedir.

4.4.1 Torna Tezgâhı

Dairesel olarak dönen bir iş parçasından uygun ölçülerde bilenmiş bir kesici yardımıyla talaş kaldırma işlemine tornalama denir. Bu amaçla kullanılan tezgâhlara torna tezgâhı adı verilir. Torna tezgâhları atölyelerde en fazla kullanılan talaşlı imalat tezgâhıdır. Makine atölyelerinin tamamına yakınında torna tezgâhı bulunur [8].

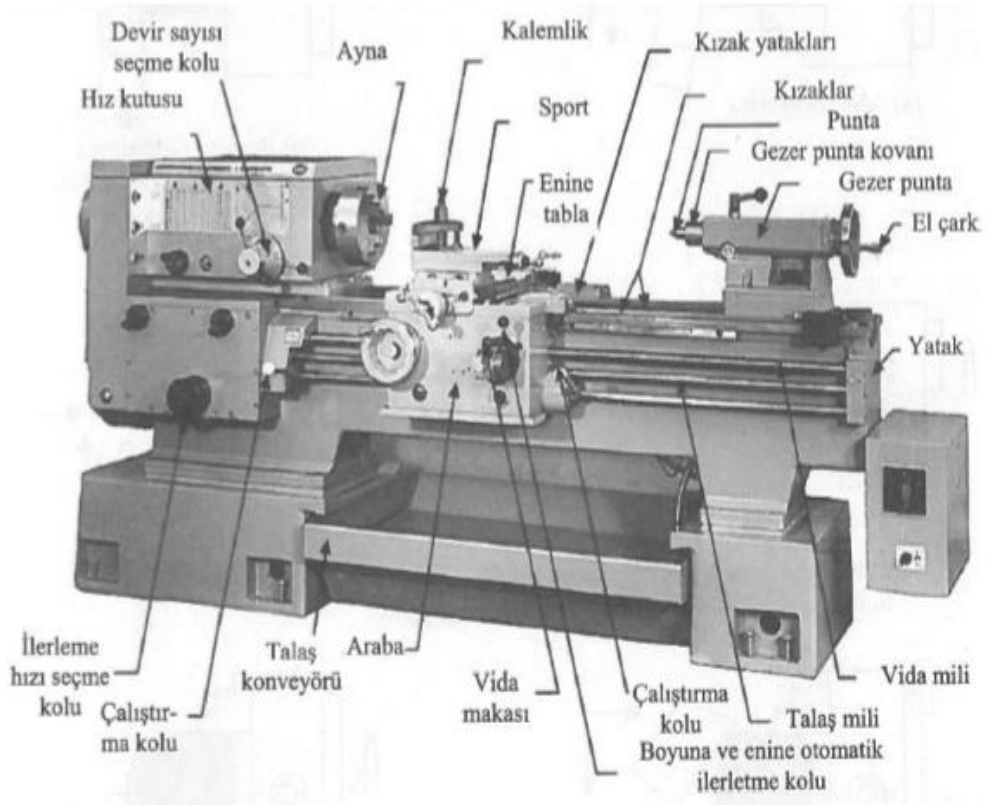
İmalatı yapılan kesici takımda shaft milleri, bağlantı birleştirme elemanı, rulman ve bağlantı gövdesi destekleri, bağlantı gövdesi ve birleştirme gövdesi kapağı torna tezgâhında imal edilmişlerdir. Bu parçaların imalatında üniversal ve bilgisayar kontrollü (CNC) torna tezgâhları kullanılmıştır.

Ayrıca özel amaçlar için kullanılan özel torna tezgâhları bulunmaktadır. Bunlar işin özelliğine göre yapılması istenen işin daha kısa sürede imalatının gerçekleştirilmesini sağlamaktadır. Bu özel torna tezgâhları şunlardır;

- 1) Saatçi torna tezgâhları
- 2) Dikey torna tezgâhları
- 3) Bilgisayar kontrollü (CNC) torna tezgâhları
- 4) Çok amaçlı torna tezgâhları
- 5) Otomat torna tezgâhları
- 6) Revolver torna tezgâhları
- 7) Kopya torna tezgâhları

4.4.1.1 Ünlversal Torna Tezgâhı

İmalat atölyelerinde en fazla kullanılan tezgâhtır. Genel amaçlı tornalama işlemleri için uygundur. Taşlama, kopyalama işlemleri gibi özel aparat takılarak yapılan işlemler içinde kullanılabilir. Şekil 4.15'te ünlversal tezgâh ve kısımları gösterilmiştir.



Şekil 4.21: Ünlversal tezgâh ve kısımları.

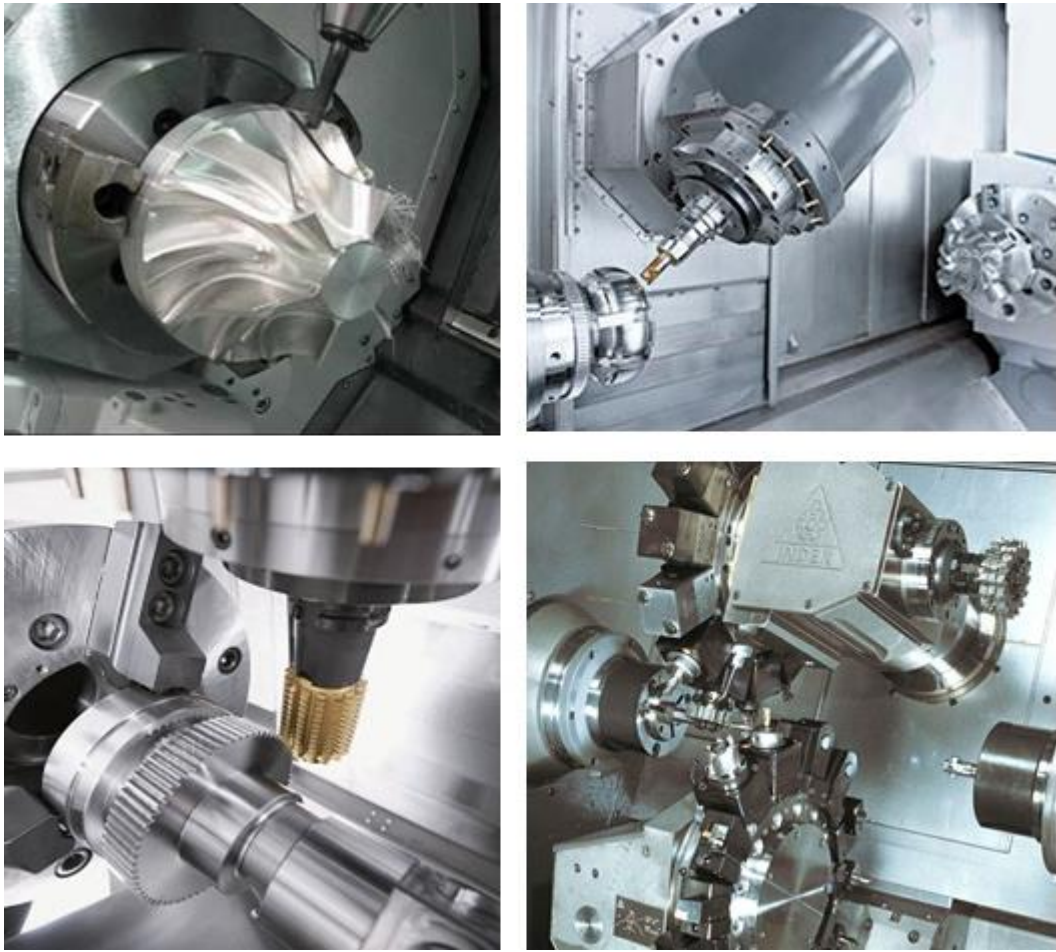
4.4.1.2 Bilgisayar Destekli Takım Tezgâhları (CNC)

Bilgisayar destekli sayısal kontrol (CNC) tezgâhlara çok yüksek hassasiyette imalat kabiliyeti kazandırmıştır. CNC tezgâhları çok yüksek konumlama hassasiyetlerine (0.001), devir sayılarına (4000-8000) ve kesme hızlarına (5000 mm/dak) sahiptirler.

Bilgisayar destekli sayısal kontrol (CNC) öncesinde imalat alanında teknolojik gelişmeler sayısal kontrol (NC) olarak başlamıştır. NC sistemlerde tezgâhın hareketleri sayı, harf ve semboller ile kontrol edilmektedir.

Karmaşık şekilli ya da çok sayıda üretilecek parçanın imalatında kullanılır. İmalat süreleri çok kısa olup yatırım maliyeti yüksektir.

Bilgisayar destekli sayısal kontrol tezgâhlarında programlama bilgisayarlarda yapılır ve tezgâha yüklenir. Tezgâhı oluşturulan bu program kumandasını gerçekleştirir. Ayrıca ilerleme hızı, devir sayısı, kullanılacak takımlar yine bu yazılan program içinde belli edilir. Şekil 4.16'da bilgisayar destekli sayısal kontrol tezgâhlarına ait örnek şekil gösterilmiştir [9].



Şekil 4.22: Bilgisayar destekli takım tezgâhı.

4.4.2 Freze Tezgâhı

Düzlem yüzeye sahip iş parçaları üzerinden kendi ekseninde dönen kesici uç ile birlikte talaş kaldırılmasına frezeleme, bu işlemin yapıldığı tezgâhlara ise freze tezgâhı adı verilmektedir [8].

İmaları yapılan kesici takımın tezgaha bağı bulunan kılavuz yatağıın parçaları freze tezgahlarında imalatı gerçekleştirilmiştir.

Bu tezgâhlar; kanal açma, dişli çark imalatı, düz ve açılı yüzeylere sahip iş parçalarının işlenmesi, dairesel eşit bölüntüler açma vb. talaş kaldırma işlemlerinin gerçekleştirildiği tezgâhlardır. [faruk kartal] İmalatı yapılacak işe göre birçok farklı freze tezgâhı bulunmaktadır. İmalatı gerçekleştirilen kesici takım için düşey freze tezgahı, yatay freze tezgahı ve bilgisayar destekli (CNC) freze tezgahı kullanılmıştır Şekil 4.17’de üniversal freze tezgahı ve Şekil 4.18’de bilgisayar destekli (CNC) freze tezgahı gösterilmiştir. Bilgisayar destekli (CNC) freze tezgahı kompleks ve karmaşık şekillerin hassas bir şekilde işlenmesi için kullanılmıştır.

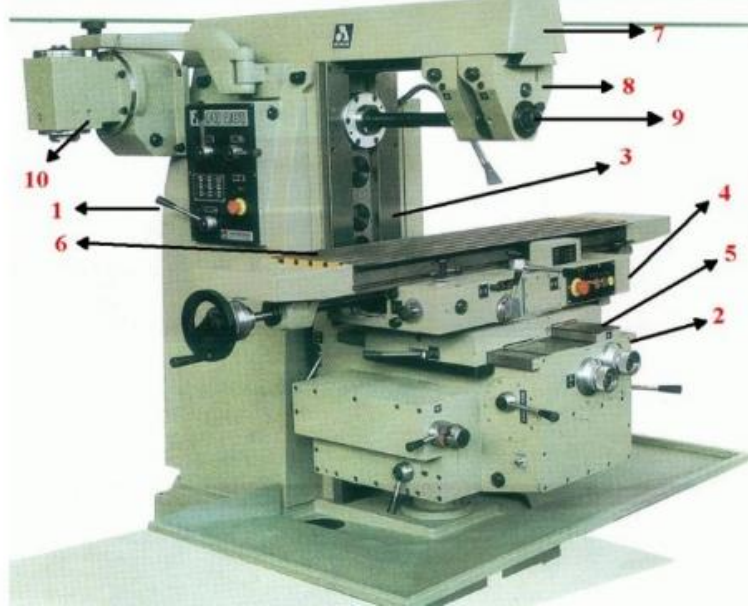
4.4.2.1 Freze Tezgâhı Çeşitleri

- 1) Yatay Freze Tezgâhı
- 2) Düşey Freze Tezgâhı
- 3) Üniversal Freze Tezgâhı
- 4) Kalıpçı Freze Tezgâhı
- 5) Kopya Freze Tezgâhı
- 6) Bilgisayar Destekli (CNC) Freze Tezgâhı

4.4.2.2 Üniversal Freze Tezgâhı

Yatay ve dikey freze tezgâhın yapabildiği işlemlerin yapılabildiği freze tezgâhıdır. Yatay ve düşey freze tezgâhlarında olmayan özellik olarak bu tezgâhlarda tabla açılal olarak sağa ve sola dönebilmektedir. Bu özelliğinden dolayı yatay ve dikey freze tezgâhlarına göre daha çok çeşitli işlerin imalatı gerçekleştirilmektedir.

1. Gövde
2. Konsol
3. Konsolun Kayıdı
4. Araba
5. Arabanın Kayıtı
6. Tabla
7. Üst Başlık
8. Malafa Yatakları
9. Malafa
10. Dik Başlık

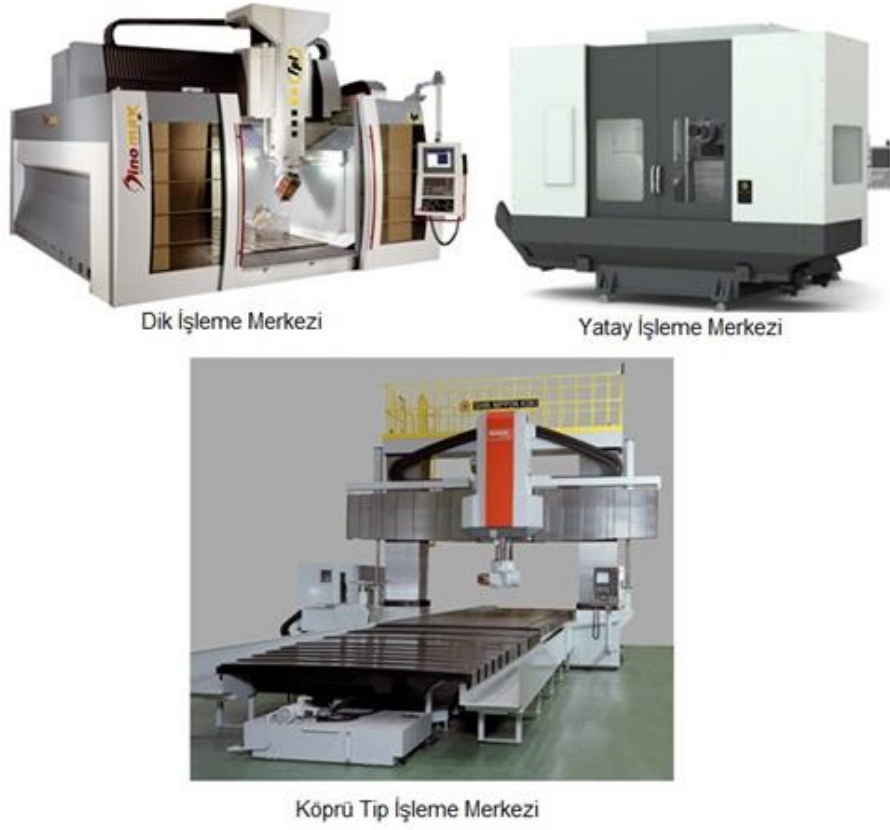


Şekil 4.23: Üniversal freze tezgâhı.

Kesici takımın tezgâha bağlanan yataklarında kanalların açılması, deliklerin delinmesi Şekil 4.17’de gösterilmiş olan üniversal freze tezgâhında gerçekleştirilmiştir. Ayrıca bağlantı elemanın kanallarının imalatı da bu tezgâhta yapılmıştır.

4.4.2.3 Bilgisayar Destekli (CNC) Freze Tezgâhı

Bilgisayar Destekli (CNC) Freze Tezgâhları büyük oranda prizmatik şekle sahip iş parçalarının işlenmesi için tasarımı yapılmış olan tezgâhlardır. Bu tezgahların üniversal tezgâhlardan en büyük farkı karmaşık şekilli ve kompleks parçaları bir iş parçası bağlamasında işlenebilir olmasıdır. Bilgisayar Destekli (CNC) Freze Tezgâhları CNC Dik İşleme Merkezi, CNC Yatay İşleme Merkezi ve CNC Köprü Tipi İşleme Merkezi olmak üzere üç gruba sınıflandırılmışlardır [9]. Şekil 4.18’de CNC Freze tezgâhlarının sınıflandırılması gösterilmiştir.



Şekil 4.24: CNC freze tezgâhları .

Kesici takımında bağlantı birleştirme elemanın yüzeyleri çok hassas olmak zorundadır. Çünkü şaft milinden aldığı hareketi diğer şaft miline hareket ve kuvvet kaybı olmadan aktarılması gerekmektedir ki istenilen hassasiyette imalat gerçekleştirilebilsin. Şekil yapısında dolayı bağlantı birleştirme elemanının taşlanması taşlama tezgâhında gerçekleştirilememiştir. CNC Freze Tezgâhına bağlanıp istenilen yüzey pürüzsüzlüğü sağlanmalıdır.

4.4.3 Taşlama

Yüksek alaşımlı çeliklerin taşlanması konvansiyonel yapı çeliklerinin taşlanmasına göre daha karmaşık ve zor bir prostir. Taşlama prosesinde başarılı olmak isteniyorsa takım çeliklerine uygun taşlama prosesi seçilmesi gerekmektedir.

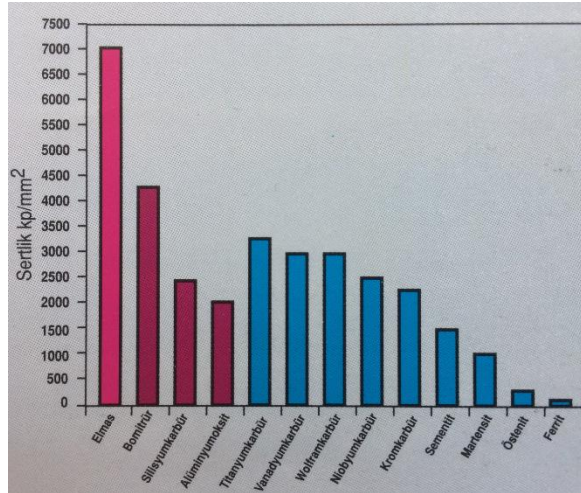
Aşındırıcı disk taşlama işleminde önemli elamandır. Yapağımız prosese göre özel taşlama aşındırıcı diski seçmeliyiz. Aşındırıcı disk seçerken dikkat edilmesi gereken hususlar şunlardır;

- Sertlik
- Keskinlik
- Termal direnç
- Kimyasal kararlılık

Taşlama prosesinde açığa çıkan ısıyı önlemek, iş parçası yüzeyinde oluşan ısıyı uzaklaştırmak ve yüzeyde oluşan talaşı uzaklaştırmak için taşlama sıvısı kullanılmalıdır.

Takım çeliklerinde alaşım elementlerinden dolayı aşınma direni çok yüksek olan karbürler bulunur. Bu özelliğinden dolayı takım çeliklerinin işlenmesi çok zordur. Bundan dolayı aşındırıcı seçimine çok dikkat edilmeli aşındırıcı malzeme ve takım çeliğinin özelliklerinin kıyaslandığı diyagramlar kullanılarak imalat yapılmalıdır. Tablo 8’de aşındırıcı malzeme ve takım çeliğinin özelliklerinin kıyaslandığı diyagram gösterilmiştir [6].

Tablo 4.3: Aşındırıcı metal ve takım çeliği malzeme sertliği ilişkisi.



Sertleştirilmiş çelikler kesinlikle temperleme prosesinden sonra taşlanmalıdır. Çünkü taşlama imalatı esnasında çatlaklar ve gerilmeler oluşabilir. Sertleştirilmiş çeliklerde çatlama hassasiyeti daha yüksektir. Ayrıca mikro yapı içerisinde kalıntı östenit yüksek hız ve soğuk iş takımlarında bulunuyorsa bu malzemelerde yapılan taşlamada hatalar oluşabilmektedir. Şekil 4.19’da taşlama tezgâhı gösterilmiştir.



Şekil 4.25: Taşlama tezgâhı.

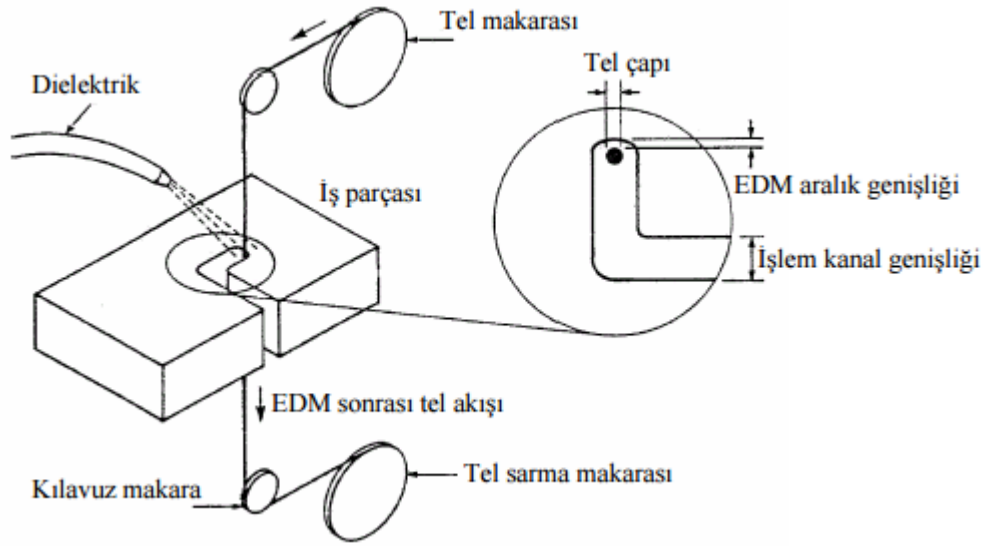
Taşlamada prosesinde imalat sonrası mikro yapı içerisinde kalan gerilmelerin temperleme prosesiyle giderilmelidir. Bu gerilmelerin giderilmemesi durumunda malzemede kırılmalara ve dezenformasyonlara da neden olabilir. Bu temperleme prosesi daha öne uygulanmış olan temperleme işleminden 20-25°C daha az sıcaklığa sahip olmalıdır.

4.4.4 Erozyon Prosesi

Erozyon uygulaması dalma ve elektro erozyonla kesme olmak üzere iki sınıfa ayrılır. Dalma erozyonda elektrot iş parçasına küçük bir kıvılcım boşluğu kalacak şekilde yaklaştırılır. İş parçası ve elektrot arasında dielektrik sıvısı bulunur. Bu sıvının özelliği elektrik akımını iletmemesidir. Elektrot ile iş parçası arasında oluşan sıcaklık 1000 °C 'ye kadar ulaşır ve her kıvılcım iş parçası üzerinde krater yapıya benzer çukur açmaktadır. Bu şekilde istenilen geometri elde edilebilir.

Elektro erozyonla kesme prosesi dalma erozyona göre biraz daha farklıdır. Elektro erozyonda 0.01 mm ile 0.35 mm çapa sahip makara ve kızaklar üzerinden bobine rijit olarak bağlı olarak hareket eden pirinç ya da bakır elektrot kullanılır. Bu imalat işleminde tezgah tablası numerik olarak kumanda edilir. Ayrıca elektrotun yan eksenlere hareketi sonucu karmaşık ve kompleks malzemelerin imalatı gerçekleştirilebilir. Elektrolit sıvısı olarak dionize sıvı kullanılmaktadır [6].

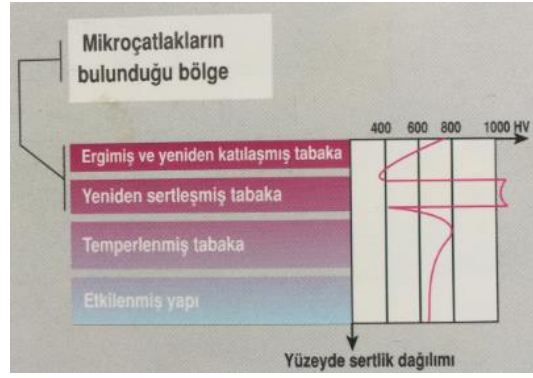
Tel erozyon tezgahı günümüz imalat uygulamalarında ekstrüzyon kalıpları, kesme kalıpları vb. kalıp işlemlerinde ekonomik ve etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Şekil 4.20'de tel erozyon çalışma prensibi gösterilmiştir.



Şekil 4.26: Tel erozyon çalışma prensibi.

Erozyon imalatı prosesinde meydana gelen yüksek sıcaklıktan dolayı malzemenin yüzey özelliklerinde karbon konsantrasyonu, sertlik ve gerilim değerlerinde değişiklikler gözlenebilmektedir.

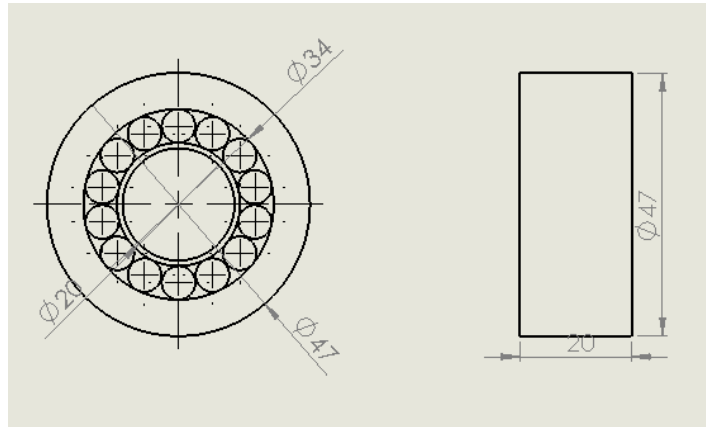
Tablo 4.4: Erozyon prosesinde yüzey özellikleri.



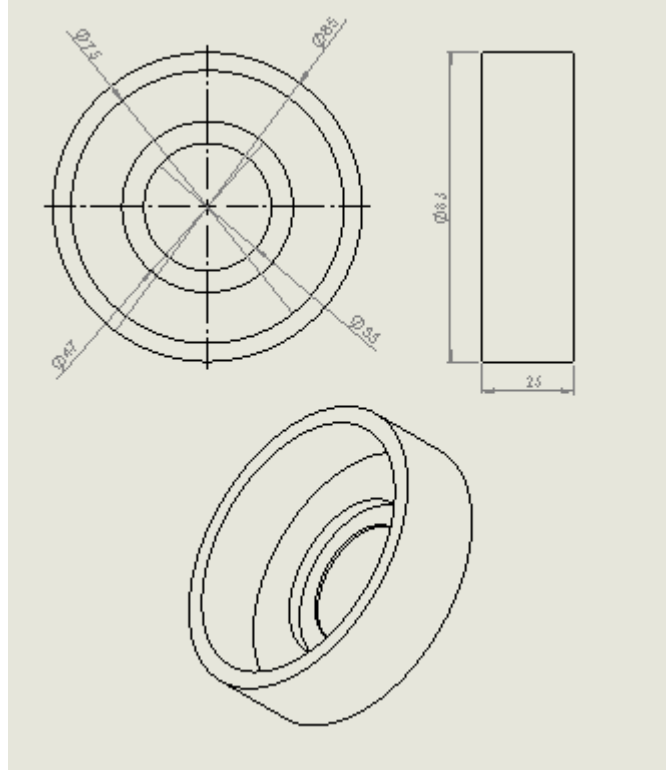
Tablo 9’da yüzey özellikleri gösterilmiştir. 15-30 um kalınlığa sahip beyaz tabaka metalografide dağlanmadığından dolayı bu tabaka da karbürizyon olabilmektedir. Bununla birlikte tel erozyon sonrasında bu tabaka yeniden sertleştirilmiş tabaka olduğundan dolayı temperleme işlemi yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

4.4.5 Kesici Takımın Dizaynı

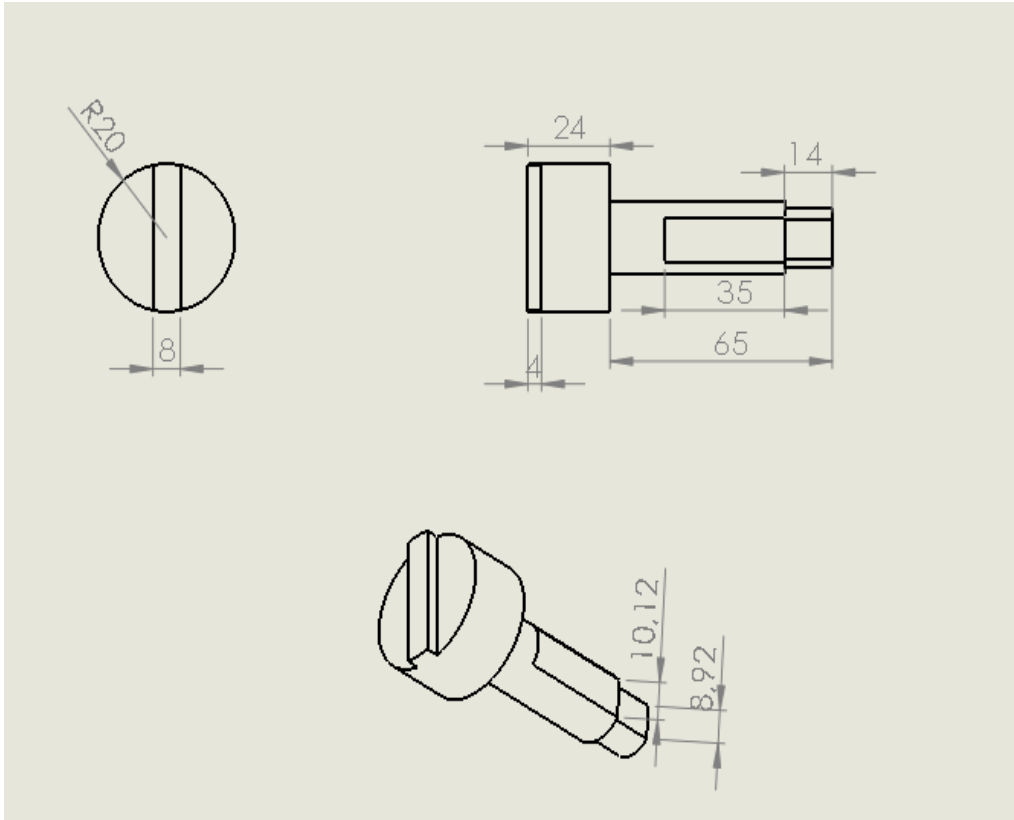
Kesici takımı oluşturan parçaların teknik resim dizaynları aşağıda verilen şekillerde gösterilmiştir.



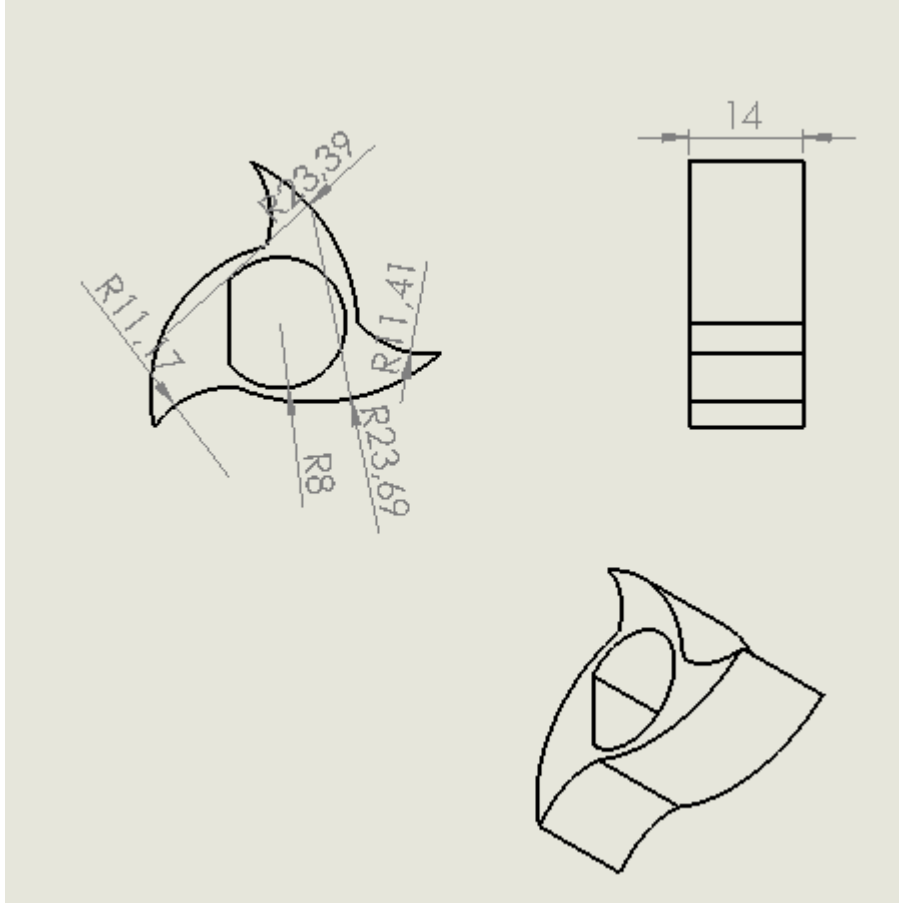
Şekil 4.27: Rulman teknik resim.



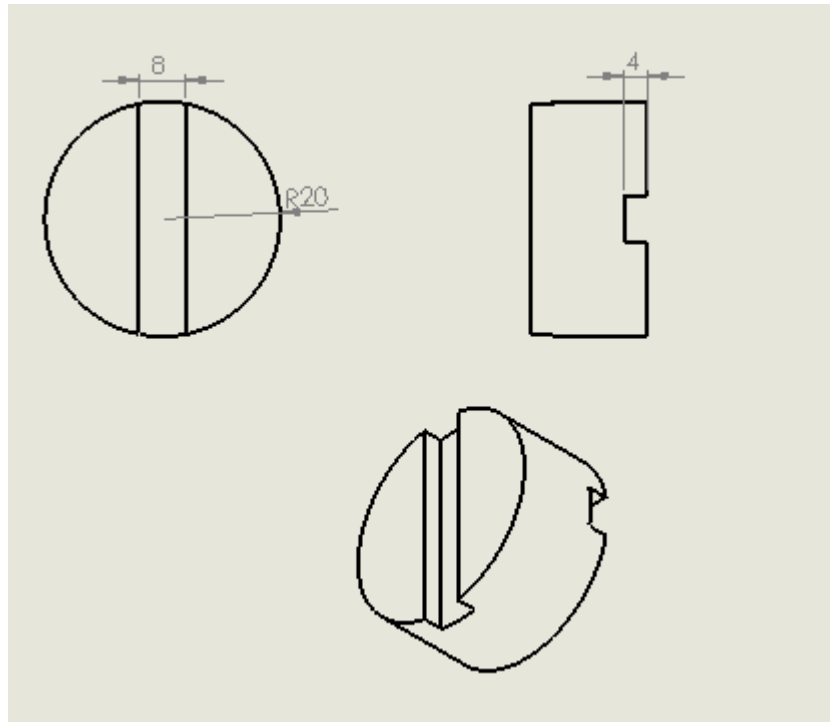
Şekil 4.28: Birleştirme gövdesi kapağı.



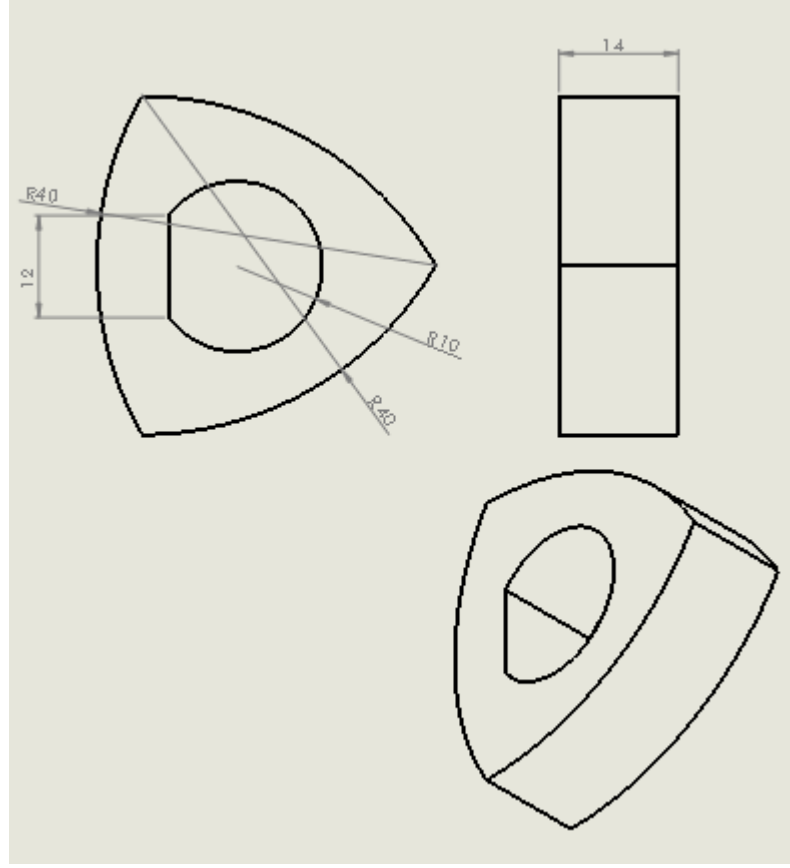
Şekil 4.29: Kesici uç mil shaftı.



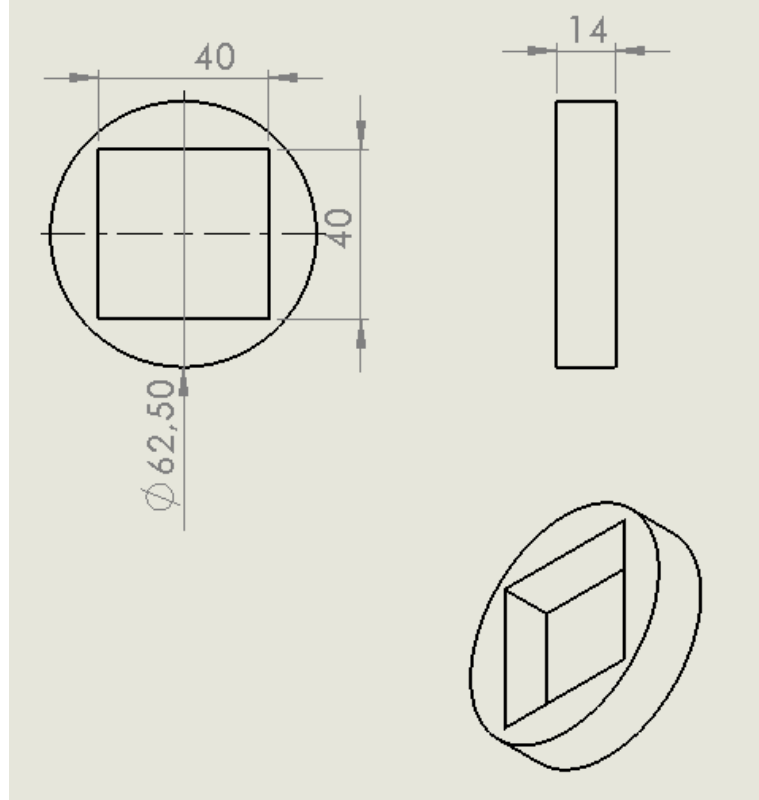
Şekil 4.30: Kesici uç.



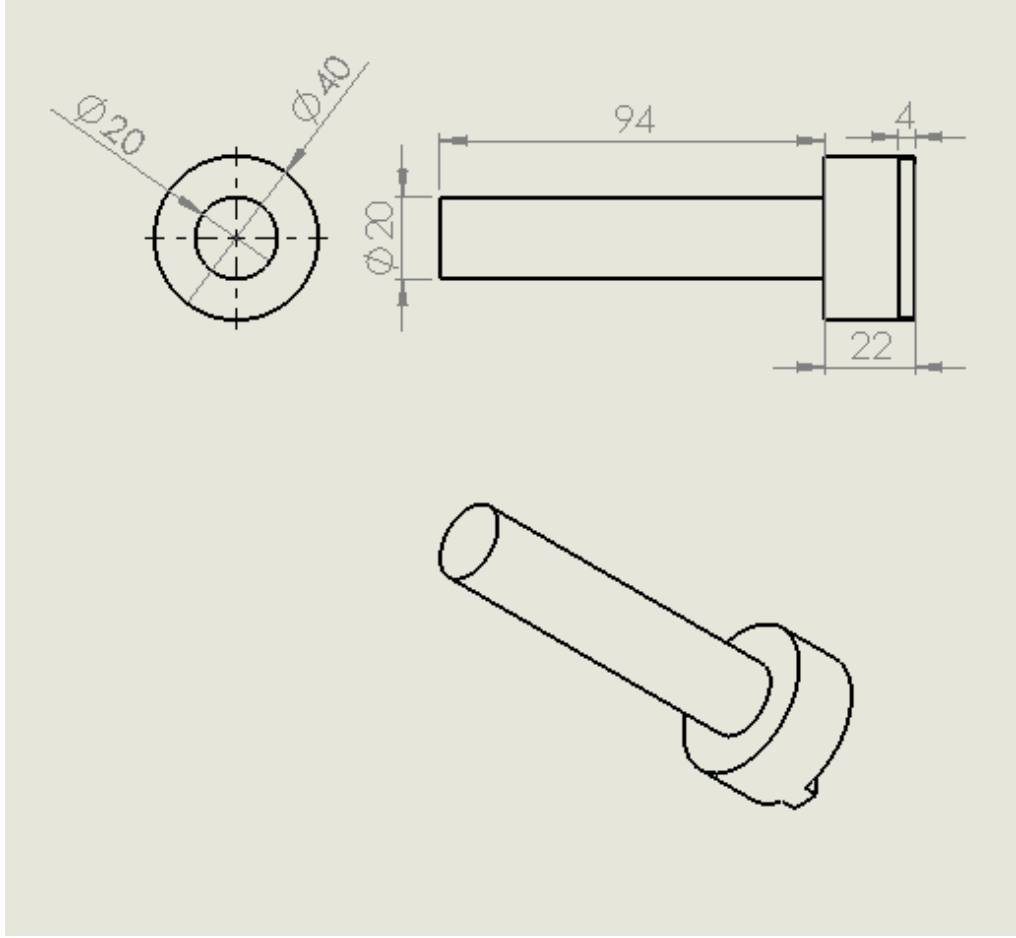
Şekil 4.31: Bağlantı birleştirme elemanı.



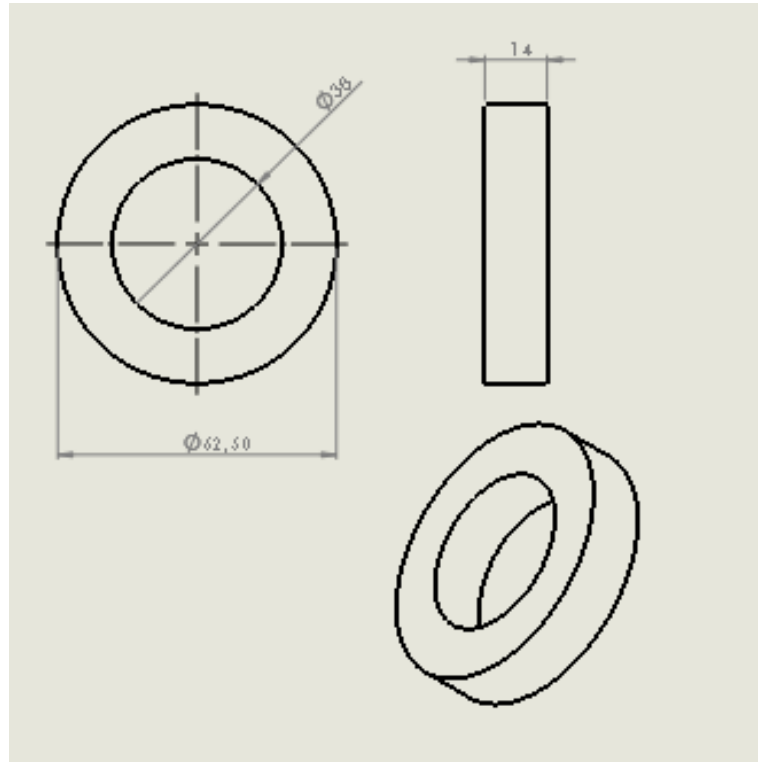
Şekil 4.32: Reuleaux kılavuz üçgen.



Şekil 4.33: Kare kılavuz.



Şekil 4.34: Mil şaftı.



Şekil 4.35: Rulman ve bağlantı gövdesi kapağı.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Freze, matkap vb. kesici takımın dik olarak dönel hareket yaptığı tezgahlarda kare delik delen kesici takım dizayn ve imalatı çalışması yapılmıştır. Bu özel kesici takım ile birlikte kare delik imalat süresi kısaltılmıştır. Bununla birlikte bu kesici takım 40*40 mm ebatlarına sahip bir kare delik delmek için tasarlanmıştır. Ve köşe yarıçapı 4 mm olan radüsler elde edilmiş olup % 99.14 kare alanda talaş kaldırma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Bunlarla birlikte bu çalışmada dönel hareketin istenilen kare hareketine nasıl dönüştürüleceği araştırılmıştır. Bunun için Reuleaux üçgen özellikleri üzerinde çalışılıp imalatta uygulanması sağlanmıştır. İki adet shaft milinin bağlantı elemanı ile birlikte eksantrik dönel hareketi değerlendirilip kuvvet ve hareket iletiminde yüksek hassasiyet sağlanması için uygun imalat prosesleri gerçekleştirilmiştir.

Bu imalat uygulamasında yapılan dizayn ve matematiksel hesaplamalardan sonra malzeme seçimi yapılmış ve kesme takımına ait parçaların tezgahlarda imalat işlemleri gerçekleştirilmiştir. İmalat için malzemeler kataloglardan özelliklerine bakılarak seçilmiştir. Ve 4'üncü bölümde de anlatıldığı gibi istenilen mikroyapı özelliklerine malzemenin ulaşması için ısı işlemler uygulanmıştır. Bu çalışmanın istenilen değerleri vermesindeki en büyük etmenlerden biri doğru malzemenin uygun proseslerden geçirilip imalat işleminin gerçekleştirilmiş olmasıdır.

Bu çalışmada sadece 40*40 mm geometrisine sahip kare delik delebilen özel kesme takımı dizayn ve imalatı yapılmıştır. Bütün geometrilerde kare delik delebilen özel kesme takımı geliştirilebilir. Ayrıca iki shaft mili arasındaki eksantrik dönme hareketini sağlayabilen ve daha yüksek torklara mukavemet gösterebilen bağlantı düzeneği geliştirilebilir. Kesme takımının ana milden aldığı dönme hareketini yüksek hassasiyetlerde iletebilecek daha farklı kılavuz yataklama sistemi geliştirilebilir.

6. KAYNAKLAR

- [1] Sengar, S.S, R, Vaibhav and S, Chadaram., “Design & Fabrication of a Special Tool to Produce Square Hole” ,*Procedia Material Science*, 1823-1836, (2014).
- [2] Smart, James R., “Problem Solving in Geometry - a Sequence of Reuleaux Triangles”, *Mathematics Teacher* , 11-14, (1986).
- [3] <http://en.wikipedia.org/wiki/Coupling>
- [4] Watts Brothers Tool Works., “How to Drill Square, Hexagon, Octagon, Pentagon Holes”, *Math. Ann.*, 504-513. (1915).
- [5] Smith, S.G., “Drilling Square Holes”, *Mathematics Teacher*,579-583, (1993).
- [6] Birleşik Kalıp Çelikleri Ürün Kataloğu, İstanbul, 2007
- [7] Savaşkan, T., “ Malzeme Bilgisi ve Muayenesi”, Trabzon; Papatya Bilim, 203-209, (2012).
- [8] K, Faruk., “Meslek Teknolojisi 1”, Manisa; Nadir Kitap, 130-140, (2001).
- [9] A, Hamit., “CNC Operatörünün El Kitabı”, İstanbul, 1-50, (2015)
- [10] “ıslah çeliği [online]”, (Nisan 2019), <https://afbmatal.com/steel-genel-celik/4140-42crmo4-islak-celik-steel/>
- [11] ”CNC Tezgahları [online]”,(Şubat 2017), <http://www.hamitarslan.com/cnc-torna-tezgahlari.html>