



**METALOGRAFİ DENEYLERİ İÇİN PROTOTİP
BİR NUMUNE KESME MAKİNASI TASARIMI**

Eşref Doğan YILMAZ

Yüksek Lisans

**Makine Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Savaş DALMIŞ**

2020

T.C.
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**METALOGRAFİ DENEYLERİ İÇİN PROTOTİP BİR NUMUNE
KESME MAKİNASI TASARIMI**

Eşref Doğan YILMAZ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Savaş DALMIŞ

TEKİRDAĞ-2020

Her hakkı saklıdır.



Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde eksiksiz biçimde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Eşref Doğan YILMAZ

İMZA

Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Savaş DALMIŞ danışmanlığında, Eşref Doğan YILMAZ tarafından hazırlanan “Metalografi Deneylei için Prototip Bir Numune Kesme Makinası Tasarımı” başlıklı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından 20.01.2020 tarihinde Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı : Doç. Dr. Meral ÖZEL

İmza:

Üye : Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Savaş DALMIŞ

İmza:

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Sait Özmen ERUSLU

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Doç.Dr. Bahar UYMAZ
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans

METALOGRAFİ DENEYLERİ İÇİN PROTOTİP BİR NUMUNE KESME MAKİNASI

TASARIMI

Eşref Doğan YILMAZ

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Savaş DALMIŞ

Bu çalışmada, metalografi deneyleri için kullanılacak malzemelerin, istenilen özelliklerde deformasyona uğramadan hazırlanabilmesi için numune kesme makinası tasarımı yapılmıştır. Tasarım yapılmadan önce mevcut numune kesme makinalarının çeşitleri, teknik özellikleri ve çalışma prensipleri incelenmiştir. Makine üzerinde kullanılan yardımcı malzemeler incelenmiştir. Bu araştırmaların sonucunda tasarımı yapılan prototip kesme makinasının imalatı ve doğrulama çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Prototip makineye 200 mm çapında kesme diski bağlanabilmektedir. İmalatı yapılan prototip kesme makinası 55 mm çapına kadar çelik, karbür ve kompozit malzemeleri kesebilmektedir.

Anahtar kelimeler: Metalografik analizler, Numune kesme makinası, Abrazif kesme

2020, 63 sayfa

ABSTRACT

MSc. thesis

A PROTOTYPE SAMPLE CUTTING MACHINE DESIGN FOR METALLOGRAPHIC EXPERIMENTS

Eşref Doğan YILMAZ

Tekirdağ Namık Kemal University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. İbrahim Savaş DALMIŞ

In this study, which was prepared as the Master of Science (MS) Seminar in Mechanical Engineering, a sample cutting machine was designed so that the materials to be used for metallography experiments can be prepared without deformation in desired properties. Before designing, the types, specifications and operating principles of the existing sample cutting machines have been examined. Auxiliary materials used on the machine have been examined. As a result of these researches, the prototype cutting machine was designed and manufactured. 200 mm diameter cutting disc can be fixed to the prototype machine. The prototype cutting machine can cut steel, carbide and composite materials up to 55 mm diameter.

Key words: Metallographic analyses, Sample cutting machine, Abrasive cutting

2020, 63 pages

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ÇİZELGE DİZİNİ	v
ŞEKİL DİZİNİ	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR	viii
TEŞEKKÜR	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Abrazif Aşınma.....	2
1.1.1. Abrazif Aşınmada Yüzeiden Malzeme Kaybı	3
1.1.2. Abrazif Aşınmayı Etkileyen Faktörler.....	4
1.2. Diskli Numune Kesme Makinaları	4
1.2.1. Sabit Diskli Numune Kesme Makinası.....	4
1.2.2. Hareketli Diskli Numune Kesme Makinası.....	6
1.3. Numune Kesme Diskleri.....	7
2. Kaynak Özetleri	10
3. Materyal ve Yöntem	14
3.1. Materyal.....	15
3.1.1. Şase ve Üst Tabla.....	15
3.1.2. Kesme Diski Tahrik Motoru	16
3.1.3. Kesme Diski Dış Çap Ölçme Kumпасı	16
3.1.4. Kesme Diskleri	17
3.1.5. X Eksen Hareket Modülü	18
3.1.6. Y Eksen Hareket Modülü	19
3.1.7. Bağlama Mengenesi.....	20
3.1.8. Güvenlik Kabini.....	21
3.1.9. Güvenlik Sensörü.....	22
3.1.10. Manyetik PT 100 Termokupl	22
3.1.11. Soğutma Sıvısı Tankı.....	23
3.1.12. Soğutma Sıvısı Devridaim Pompası	24
3.1.13. Soğutma Sıvısı Filtresi.....	25
3.1.14. Hava Regülatörü	25

3.1.15. Hava Kontrol Valfi	26
3.1.16. Kontrol Ekran ve Panosu	26
3.1.17. Elektrik ve Otomasyon Panosu.....	27
3.1.18. Disk Sıcaklık Kontrol PT100 Lazer Sensörü	27
3.1.19. Test Numuneleri	28
3.1.20. Kabin Sıcaklık Ölçüm Sensörü.....	28
3.1.21. Yüzey Pürüzlülük Ölçme Cihazı	29
3.2. Yöntem	30
3.2.1. Standart Ürünler İle İlgili Hesaplama Yöntemleri.....	30
3.2.2. Üretilcek Makinanın Tasarımı ve Resimlendirilmesi	31
3.2.3. Makinanın Parçalarının Üretilmesi ve Montajlanması	31
3.2.4. Makinanın Yazılımı ve Kontrol Sisteminin Yapılması	32
3.2.5. Kesme Numunelerinin Hazırlanması.....	34
3.2.6. Kesme Koşullarının Belirlenmesi.....	34
3.2.7. Kesme Diskinin Açısız Olarak Tahrik Edilmesi	34
3.2.8. Kesme İlerlemesinin Tahrik edilmesi.....	35
3.2.9. Kesme Diskinin Soğutulması	35
3.2.10. Malzeme, Disk ve Soğutma Sıvısı Sıcaklık Değişiminin Ölçülmesi	36
3.2.11. Kesme Diskinin Dış Çapının Ölçülmesi.....	36
3.2.12. Kesilen Numunelerin Yüzey Pürüzlülük Değerlerinin Ölçülmesi	37
3.2.13. Elde Edilen Verilerin Grafiğe Dönüştürülmesi	37
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	38
4.1. Katı Model Tasarımları.....	38
4.2. Standart Ürünler ile İlgili Hesaplamalar	38
4.2.1. Kesme Diski Kesme Hızı Hesabı	38
4.2.2. Soğutma Sistemi Basınç Hattı Boru Çapı Hesabı	39
4.3. Prototip Numune Kesme Makinası.....	39
4.4. Kesme Sonucunda Elde Edilen Parametreler	40
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	49
KAYNAKLAR.....	51
EKLER.....	53
ÖZGEÇMİŞ.....	54

ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge 3.1. Denemelerde kullanılan test parçaları	28
Çizelge 4.1. İmalat sektöründe yaygın olarak kullanılan farklı metal malzemelerin adhezif kesme parametreleri.....	42
Çizelge 4.2. Kesme esnasında oluşan dönme momentleri, kesme süreleri yüzey pürüzlülük değerleri	42
Çizelge 4.3. Kesme koşullarında ölçülen başlangıç sıcaklıkları ve oluşan maksimum sıcaklıklar	44



ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 1-1. Abrazif aşınmanın olduğu tribolojik sistemler (Sevim, 1998).....	2
Şekil 1-2. İki ve üç cisimli abrazif aşınmanın şematik gösterimi (Sevim, 1998).....	3
Şekil 1-3. Tek bir abrazif ucun üzerinden geçmesi ile malzemede oluşan aşınma mekanizmaları a) pulluklama b) mikro yorulma c) takozlama d) mikro çatlak e) kesme (Çelik, 2010).....	3
Şekil 1-4. Sabit diskli numune kesme makinası (Bulut, 2018)	5
Şekil 1-5. Hareketli diskli numune kesme makinası genel görünümü (Bulut, 2018).....	6
Şekil 1-6. Hareketli diskli numune kesme makinası bağlantı elemanları (Bulut, 2018).....	7
Şekil 1-7. Abrazif kesme diskleri (Metkon, 2018)	9
Şekil 1-8. Elmas kesme diskleri (Metkon, 2018)	9
Şekil 3-1. Prototip numune kesme makinesi son tasarım modeli.....	14
Şekil 3-2. Prototip numune kesme makinesi	15
Şekil 3-3. Tezgah şasesi ve üst tabla	16
Şekil 3-4. Kesme diski tahrik motoru	17
Şekil 3-5. Kesme diski tahrik motoru ve bağlantısı.....	17
Şekil 3-6. Kesici diskler	18
Şekil 3-7. X ekseni hareket modülü	19
Şekil 3-8. Y eksen hareket modülü.....	20
Şekil 3-9. Y eksen hareket modülü.....	20
Şekil 3-10. Bağlama mengersi	21
Şekil 3-11. Güvenlik kabini.....	21
Şekil 3-12. Güvenlik Sensörü.....	22
Şekil 3-13. PT 100 manyetik termokupl.....	23
Şekil 3-14. Soğutma sıvısı tankı	24
Şekil 3-15.Devridaim pompası	24
Şekil 3-16. Soğutma sıvısı filtresi	25
Şekil 3-17. Hava regülatörü.....	25
Şekil 3-18. Hava kontrol valfi	26
Şekil 3-19. Kontrol ekran ve Panosu	26
Şekil 3-20. Disk sıcaklık kontrol PT100 lazer sensörü	27
Şekil 3-21. Test numuneleri ölçüsü	28
Şekil 3-22. Kabin sıcaklık ölçüm sensörü	29
Şekil 3-23. SJ-210 portatif yüzey pürüzlülük ölçme cihazı.....	29
Şekil 3-24. Kaynaklı birleştirme işlemi	31
Şekil 3-25. Cnc freze tezgahında şasesinin işlenmesi	32
Şekil 3-26. Makinanın montajlanması.....	32
Şekil 3-27. Pano montajı	33
Şekil 3-28. Program yazma işlemi.....	33
Şekil 3-29. Kesme diskinin soğutma sıvısı ile soğutulması	36
Şekil 3-30. Yüzey pürüzlülük değerinin ölçülmesi	37
Şekil 4-1. Sırasıyla ön tasarım ve prototip son tasarım	38
Şekil 4-2 Prototip numune kesme makinası	40
Şekil 4-3. Kesme işlemi sonucunda elde edilen test parçaları.....	41
Şekil 4-4. Malzeme sıcaklığı-zaman grafiği.....	45

Şekil 4-5. Disk sıcaklığı-zaman grafiği	46
Şekil 4-6. Disk tork-zaman grafiği	47
Şekil 4-7. Kesme eksen tork-zaman grafiği.....	48



SİMGELER VE KISALTMALAR

cm	: Santimetre
dev/dk	: Devir Bölü Dakika
lt/dk	: Litre Bölü Dakika
F	: Kuvvet
F _z	: Bir devirdeki disk ilerlemesi
g	: Gram
HRC	: Rockwell Sertlik Değeri
Q	: Debi
Kg	: Kilogram
kW	: Kilowatt
Lt	: Litre
m	: Metre
mm	: Milimetre
v	: Hız
m/sn	: Metre Bölü Saniye
m/dk	: Metre Bölü Dakika
mm/dk	: Milimetre Bölü Dakika
RMS	: Kareköklerin Ortalaması
PLC	: Programlanabilir Mantıksal Denetleyici
CNC	: Bilgisayar Sayımlı kontrol
Al ₂ O ₃	: Alüminyum Oksit
SiC	: Silisyum Karbür
Ra	: Yüzey Pürüzlülüğü Birimi
sn	: Saniye
V	: Volt
µm	: Mikrometre
°	: Derece
°C	: Santigrat Derece

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezimin hazırlanmasında, konu ile ilgili çalışmalarında beni yönlendiren danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Savaş DALMIŞ 'a, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı öğretim elemanlarına, tasarım ve imalat süreçlerindeki katkılarından dolayı Doğan Mekatronik firması ve babam Mecit Yılmaz'a, bu süreçte beraber ilerlediğimiz arkadaşım Halit ERCAN'a, beni bu süreçte yalnız bırakmayan eşim Kübra Yılmaz'a teşekkürlerimi sunarım.

Ocak, 2020

Eşref Doğan YILMAZ

Makine Mühendisi



1. GİRİŞ

Araştırmada; metalografi deneyleri için kullanılacak malzemelerin, istenilen özelliklerde deformasyona uğramadan hazırlanabilmesi için numune kesme makinası tasarım ve imalatı gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen makinanın tasarım süreci yüksek lisans seminerine konu olmuş ve bu süreçte numune kesme makinalarının çeşitleri, teknik özellikleri ve çalışma prensipleri ayrıntılı olarak incelenmiştir. Tasarım sürecinde makine üzerinde kullanılan yardımcı ekipmanlar ve teknolojiler belirlenmiştir. Tasarımı yapılacak numune kesme makinası için yeni tasarım kriterleri geliştirilip tasarıma söz konusu makinenin özellikle üniversiteler ve ar-ge merkezleri için kullanımı hedeflenerek imalat sürecine geçilmiştir.

Tez çalışması tasarımı ve imalatı tarafımızdan gerçekleştirilen numune kesme makinesinin tasarım, imalat ve doğrulama çalışmalarını kapsamaktadır.

Malzemelerin laboratuvar ortamında metalografik açıdan incelenebilmesi için çeşitli deneyler yapılmaktadır. Bu deneylerin yapılabilmesi için deney makinalarına bağlanacak malzemelerin belirli boyut ve şekillere getirilmesi gerekmektedir. Numune kesme makinası, bu deney malzemelerini gerekli ölçülere ve şekillere getirilmesini sağlayan cihazlardır. Ayrıca bu malzemeleri istenilen boyutlara getirilirken kesme bölgesinde sıcaklık ve plastik şekil değiştirmeye bağlı olarak deformasyonlar istenmemektedir. Bunun için gerekli şartlarda numune hazırlamak için numune kesme makinaları üretilmiştir.

Numune kesme makinalarındaki gelişmeler incelendiğinde her geçen gün bu makinaların da barındırdıkları teknolojilerin güncellendiğini görmekteyiz. Özellikle yurtdışında üretimi yapılan numune kesme makinelerinin PLC ve CNC kontroller ile donatılmaya başladığı görülmektedir.

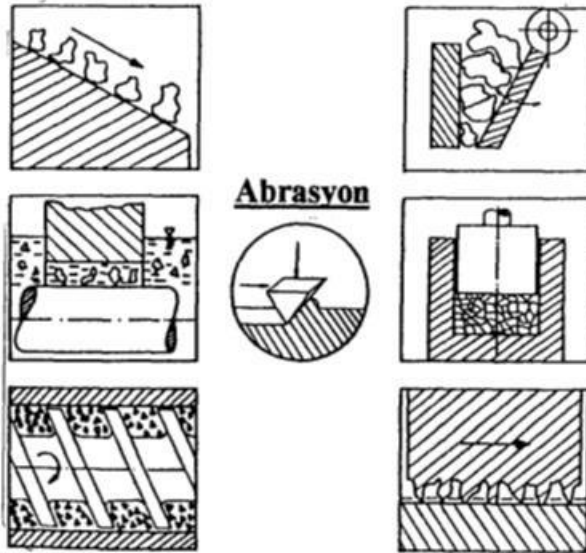
Yürüttüğümüz bu yüksek lisans çalışmasında da PLC kontrol sistemi ile denetlenen, üzerinde bilgisayar bulunan eksen kontrollerinde servo motorların kullanıldığı üç eksenli bir makine geliştirilmiştir.

Geliştirilen makine özellikle Ar-Ge araştırmalarında abrazif kesme koşullarının tanımlanabilmesi amacıyla sıcaklık, kuvvet, devir ve tork kontrolü gibi özellikleri üzerinde barındırmaktadır.

Günümüzde endüstride kullanılan çeşitli numune kesme makinaları bulunmaktadır. Bu araştırmaya konu olan makinalar diskli tip numune kesme makinalardır. Kesme diskli makinalar sabit diskli ve hareketli diskli olarak temelde iki ayrı sınıfa ayrılmaktadır. Fakat iki tipte de kullanılan temel çalışma prensibi abrazif kesmedir.

1.1. Abrazif Aşınma

Numune kesme makinalarında temel kesme mekanizması, abrazif aşınma prensibine dayanır. Abrazif aşınma uygulanan yük ve hareketin etkisiyle temas eden iki cisimden daha sert olanın, yüzeyindeki pürüzler vasıtasıyla diğer cismi çizerek üzerinden mikron mertebesinde talaş kaldırması olayıdır. Aşınma talaşları; çizme, kesme, raybalama ve çarpma sonucunda meydana gelebilir. Burada katı/katı, tanecik/katı, katı/sıvı gibi pek çok aşınma çiftleri oluşabilir. Abrazif aşınmanın olduğu tribolojik sistemler Şekil 1.1'de gösterilmiştir (Sevim, 1998).

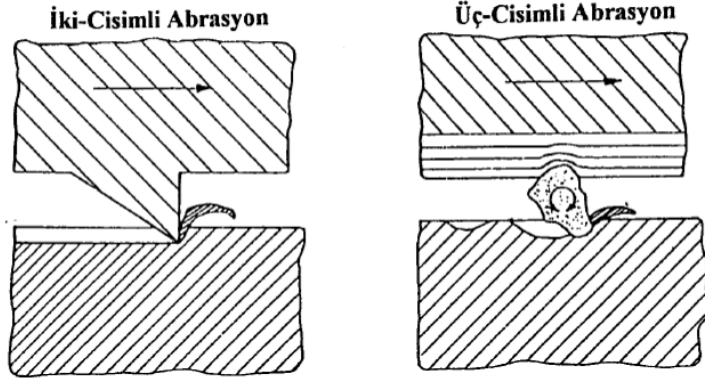


Şekil 1-1. Abrazif aşınmanın olduğu tribolojik sistemler (Sevim, 1998)

Abrazif aşınma iki şekilde meydana gelir:

Sürtünen iki malzemedен daha sert olanın yüzeyindeki pürüzleri ile daha yumuşak olan malzeme yüzeyini çizerek tahrip etmesi şeklindeki aşınmaya "İki Cisimli Abrazif Aşınma" denir.

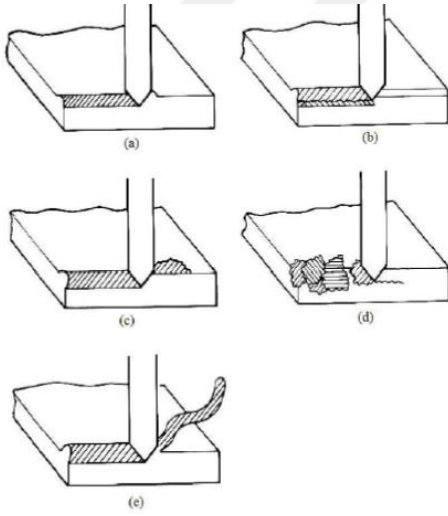
Sürtünen yüzeyler arasında yuvarlanan sert taneciklerin yüzeyleri çizerek tahrip etmesi şeklindeki aşınmaya da "Üç Cisimli Abrazif Aşınma" denir. Şekil 1.2'de iki ve üç cisimli abrazif aşınma şematik olarak gösterilmiştir (Avcu, 2011).



Şekil 1-2. İki ve üç cisimli abrazyonun şematik gösterimi (Sevim, 1998)

1.1.1. Abrazif Aşınmada Yüzeiden Malzeme Kaybı

Abrazif aşınmada yüzeiden malzeme kaybı; kırılma, yorulma, kesme ve ergime şeklinde olur. Bazen başka bir mekanizma veya birçok mekanizma birlikte oluşur. Bu mekanizmalardan bazıları pulluklama (Ploughing), mikro yorulma (Mikrofatigue), takozlama (Wedging), mikro çatlak (Mikrocracking), kesme (Cutting)' dir. Malzemede oluşan aşınma mekanizmaları Şekil 1.3'de şematik olarak gösterilmiştir (Çelik, 2010).



Şekil 1-3. Tek bir abrazyon ucunun üzerinden geçmesi ile malzemede oluşan aşınma mekanizmaları a) pulluklama b) mikro yorulma c) takozlama d) mikro çatlak e) kesme (Çelik, 2010)

Pulluklama, bir yivden malzemenin kenarına doğru transferdir. Hafif yüklerde oluşur. Mikro yorulma, malzeme yüzeyinde oluşan hasarlar dislokasyonları üretir. İlave hasar (aşınmanın devam ettirilmesi) malzemenin mikro çatlak yorulmasına yol açar. Takozlama, aşındırıcının kesme kuvveti/ aşınan kütleinin kesme mukavemeti= 0,5-1 arasındır. Abrazif ucun

önünde takoz şeklinde malzeme transferi oluşur. Mikro çatlak, yüzeye çarpan sert partikül veya iki yüzey arasında yüksek gerilme konsantrasyonlu bölgelerin çatlak oluşarak kopmasıdır. Kesme, şiddetli aşınmadır. Abrazif uç talaşlar halinde malzemeyi yüzeyden transfer eder (Çelik, 2010).

1.1.2. Abrazif Aşınmayı Etkileyen Faktörler

Abrazif aşınma direnci aşağıdaki faktörlerin artması ile artar:

- Sertlik
- Azalan deformasyon sertleşmesi hızı (Deformasyon kabiliyetinin düşmesi)
- Alaşımlama

Yabancı partiküller aşınma direncini arttırabilir. Ana fazdan daha sert, tok, elastiklik modülü yüksek ve iri boyutlu partiküller aşınma direncini arttırır (Çelik, 2010).

1.2. Diskli Numune Kesme Makinaları

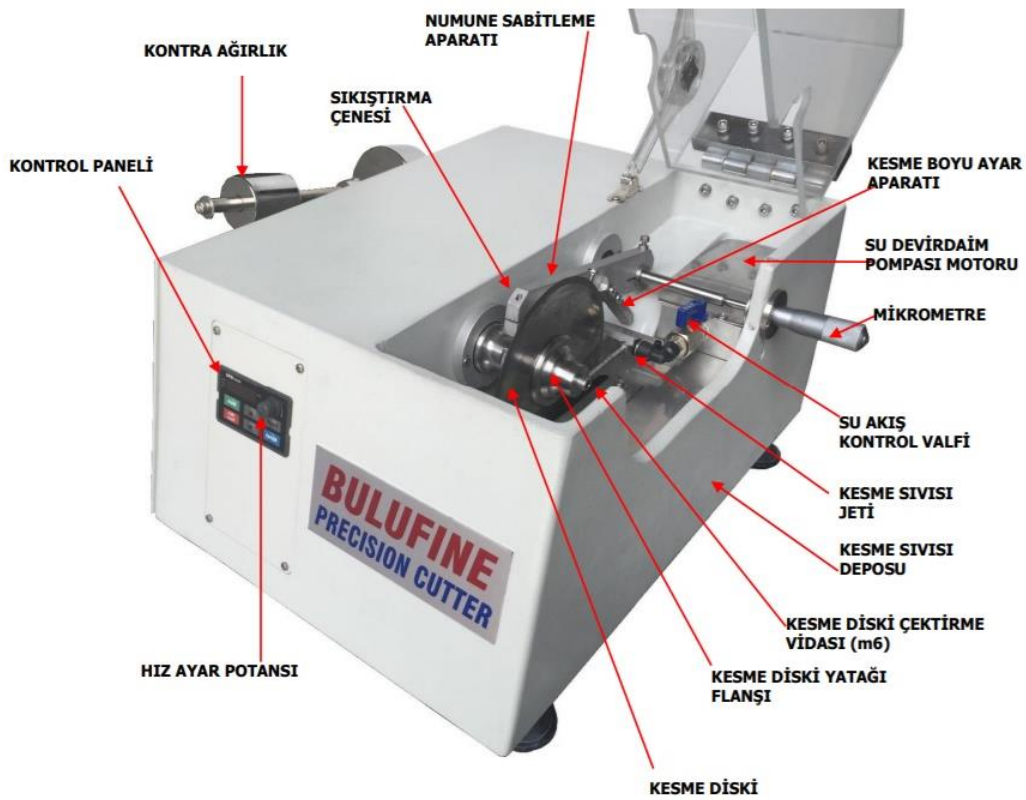
1.2.1. Sabit Diskli Numune Kesme Makinası

Bu sistemle çalışan makinalarda kesim yapılabilecek malzeme türleri metal malzemeler, seramik malzemeler, elektronik ekipmanlar, kompozit malzemeler, biyomedikal malzemeler ve minerallerdir. Bu cihaz diğer kesme cihazlarında ayıran en önemli özelliği hassas kesim yapabilmesidir. Bu cihazlarla çok parlak kesme yüzeyi elde edilmektedir. Numune üzerinde bağlama şeklinden dolayı deformasyon gerçekleşmemektedir. Cihaz üzerinde kesim yapılabilecek parça boyutları verilebilecek düşük kuvvetlerden dolayı oldukça küçüktür.

Cihazın çalışma sistemi; değişken devirlerde dönebilen kesme diski, sabit tutulmaktadır. Kesme işlemi yapılmak istenilen malzeme kesme diskine açılacak olarak yaklaştırılmaktadır. Bu yaklaşma sonunda numune ile kesme diski arasında bir kesme kuvveti oluşmakta ve kesme işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu baskı kontra ağırlıklar ile sağlanmaktadır. Bu şekilde malzeme ile kesme diski arasında belirlenebilir ve sabit bir baskı şiddeti elde edilebilmektedir. Ayrıca bu baskı kuvveti çok düşük değerlerde uygulanabilmektedir. Bu şekilde hassas kesim yapabilmek imkânı elde edilmektedir.

Numune sabitleme aparatına mikrometre bağlanarak hassas ölçü değişkenlikleri elde edilmektedir. Numune sabitleme aparatı kırılğan malzemeleri bağlama şekline uygun dizayn edilmiştir. Sıkma kuvveti değeri düşük değerlerde kalmaktadır. Ayrıca numune sabitleme aparatına kesme derinliği ayarı için boy ayar aparatı montaj edilmektedir. Parça bağlama aparatı hassas bir şekilde yuvarlanmalı yataklar ile yataklanmıştır. Bu özellikler sayesinde malzeme üzerinde hassas ölçülerde kesim yapabilme imkânı elde edilmektedir. Numune bağlama aparatı değişken şekilde tasarlanarak farklı kesim biçimleri elde edilebilmektedir.

Kesme işlemi sırasında ısınma sebebiyle kayıpları engellemek amacıyla kesme ve soğutma sıvısı kullanılmaktadır. Pompa yardımı ile bu sıvı tanka devridaim edilmektedir. Bu şekilde kesilen malzeme ve kesme diski soğutulmaktadır (Şekil 1.4).



Şekil 1-4. Sabit diskli numune kesme makinası (Bulut, 2018)

1.2.2. Hareketli Diskli Numune Kesme Makinası

Bu sistemle çalışan makinalarda kesim yapılabilecek malzeme türleri metal malzemeler, seramik malzemeler, minerallerdir. Bu cihazı diğer cihazlardan ayıran özellik büyük boyutlu parçalar bağlanabilme ve kesebilme özelliğidir.

Cihazın çalışma sistemi; değişken devirlerde dönebilen kesme diski, açısız olarak hareket etmektedir. Kesme işlemi yapılmak istenilen malzeme mengeneye bağlanarak sabitlenmektedir. Makine üzerinde bulunan kolla manuel olarak verilen hareket sayesinde, kesme diski açısız olarak hareket etmekte ve mengene üzerine bağlanan parçaya kesme kuvveti uygulamaktadır. Bu şekilde numune kesme işlemi gerçekleştirilmektedir. Ayrıca kesme diski manuel olarak en alt konuma getirildikten sonra numune lineer olarak kesme diskine doğru operatör tarafından hareket ettirilebilmektedir. Bu şekilde kesme diski ile numune arasında kesme kuvveti oluşmaktadır. Bu şekilde iki farklı kesim şekli elde edilmektedir. Kesme diski açısız, olarak kol yardımıyla hareket ettirildiğinde baskı kuvveti operatöre bağımlı kılınmaktadır. Numune lineer olarak sabit kesme diskine hareket ettirildiğinde ise kesme ilerleme değeri ve baskı kuvveti operatör tarafından belli değerlere sabitlenebilmektedir (Şekil 1.5).

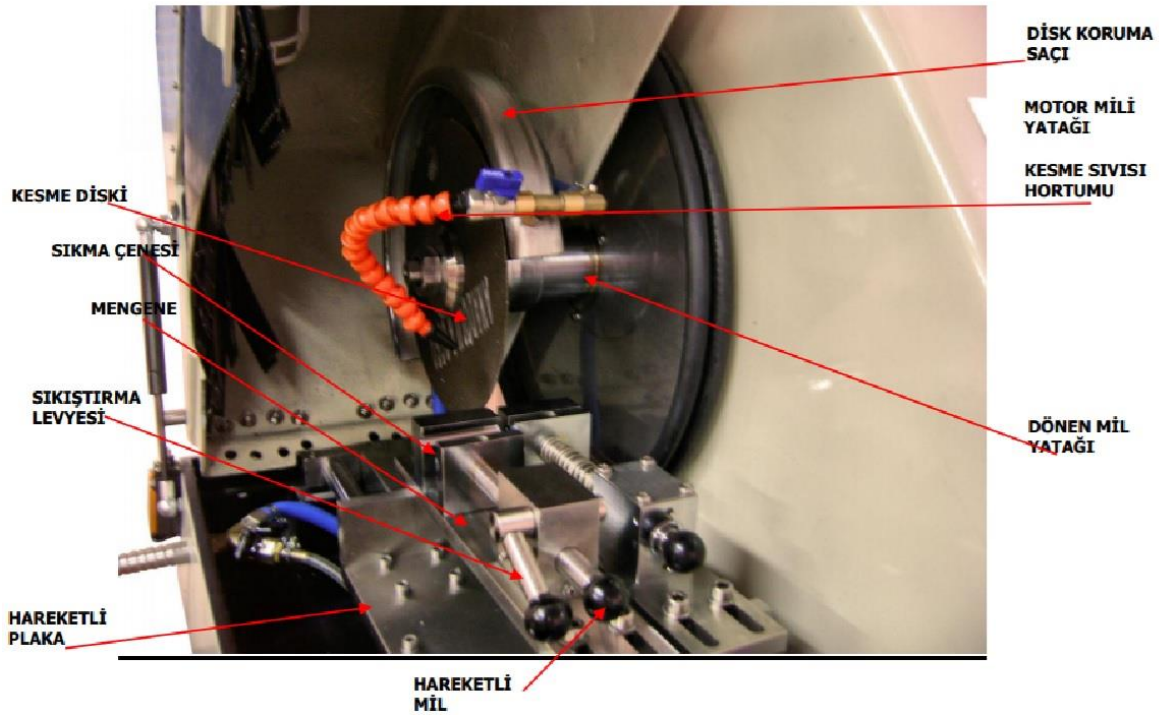


Şekil 1-5. Hareketli diskli numune kesme makinası genel görünümü (Bulut, 2018)

Parça bağlama sisteminde pratik bir mengene sistemi kullanılmaktadır. Malzemeler seri bir şekilde sökölüp bağlanabilmektedir. Sıkma kuvveti değeri yüksek olduğu için yüksek kesme

kuvveti ve ilerlemelere çıkılabilmektedir. Ancak kırılğan malzemeleri bağlama sırasında bu bağlama türünde deformasyon görülme olasılığı yüksektir. Kullanılan bağlama sistemlerinin farklı geometrilerde parçaları bağlayabilecek yapıda olması beklenmektedir. Numune alma işlemleri, zaman zaman imalatı gerçekleştirilmiş ürünler üzerinden de kesilerek oluşturulmak zorunluluğu doğurabilmektedir. Bu amaçla özellikle bağlama sistemlerinin gerekli durumlarda özel bağlantılar için üzerinde t kanalları da barındırması beklenir.

Kesme işlemi sırasında ısınma sebebi kayıpları engellemek amacıyla kesme ve soğutma sıvısı kullanılmaktadır. Pompa yardımı ile bu sıvı tanka devridaim edilmektedir. Bu şekilde kesilen malzeme ve kesme diski soğutulmaktadır (Şekil 1.6).



Şekil 1-6. Hareketli diskli numune kesme makinası bağlantı elemanları (Bulut, 2018)

1.3. Numune Kesme Diskleri

Numune kesme makinasında kesme işlemini disk şeklindeki kesici takımlar gerçekleştirmektedir. Disklerin kullanımı kesilecek malzemenin türüne, sertliğine göre değişkenlik göstermektedir. Uygun kesme diski seçilerek numunenin yüzey yanması veya deformasyonu önlenir. Bu diskler aşındıkça yenisi ile değiştirilmektedir.

Kesme disklerinin abrazif kesme diskleri ve elmas kesme diskleri olmak üzere 2 ana şekli bulunmaktadır;

Abrazif kesme diskleri Al_2O_3 , SiC, elmas gibi aşındırıcıların uygun bir bağlayıcı ile preslenmesi sonucu elde edilmektedir (Şekil 1.7). SiC daha çok demir dışı malzemelerde, Al_2O_3 ise daha çok demir ve demir alaşımlı malzemelerde tercih edilmektedir. Sert bağlayıcılı diskler daha çok yumuşak malzemelerde, yumuşak bağlayıcılı diskler daha çok sert malzemelerde tercih edilmektedir (Metkon, 2018).

Elmas kesme diskleri içerdikleri bağlayıcı türüne göre ikiye ayrılmaktadırlar. Bunlar metal bağlayıcılı kesme diskleri ve reçine bağlayıcılı kesme diskleridir. Her ikisi de son derece sert malzemelerin kesme işlemleri için kullanılmaktadır. Seramikler, minareler gibi daha kırılğan malzemeler için metalik bağlayıcı kullanılmaktadır. Reçine bağlayıcı ise sinterlenmiş karbürler veya kompozit malzemeler gibi malzemelerin kesme işlemi için kullanılmaktadır. Elmas Kesme Diski seçimini etkileyen faktörler; Elmas konsantrasyonu (düşük/yüksek), elmas bağlayıcı türü (elmas/reçine), elmas tane boyutu (ince/orta), disk çapı ve disk kalınlığıdır. Kesim esnasında uygulanan yüklerle doğrudan etkili olmasından ötürü elmas konsantrasyonu en önemli faktörlerden biri olduğu belirtilmiştir. Düşük elmas konsantrasyonlu kesme diskleri çok kırılğan malzemelerin (seramik, minareler, vb.) kesimi için önerilmektedir (Şekil 1.8). Yüksek elmas konsantrasyonlu kesme diskleri ise sünek malzemelerin kesimi için uygun olduğu belirtilmiştir (Metkon, 2018).

TRENO

METACUT ve SERVOCUT Serisi için Abrasiv Kesme Taşları

Sipariş No.	Kod:	Çap mm:	Göbek Çapı mm:	Kalınlık mm:	Aşındırıcı Türü	Uygulama	Adet/Paket
19-019	TRENO-Ti	250	32	1.5	SiC	Titanyum ve Sünek Malzemeler için	10
19-020	TRENO-NF	250	32	1.5	SiC	Demir Dışı Malzemeler	10
19-021	TRENO-H	250	32	1.5	Al ₂ O ₃	Yumuşak Malzemeler <23 HRC	10
19-022	TRENO-M	250	32	1.5	Al ₂ O ₃	Orta Sertlikteki Malz. >23-50 HRC <	10
19-023	TRENO-S	250	32	1.5	Al ₂ O ₃	Sert Malzemeler >50-60 HRC <	10
19-024	TRENO-SS	250	32	1.5	Al ₂ O ₃	Aşırı Sert Malzemeler >60 HRC	10
19-040	TRENO-NF	300	32	2	SiC	Demir Dışı Malzemeler	10
19-041	TRENO-H	300	32	2	Al ₂ O ₃	Yumuşak Malzemeler <23 HRC	10
19-042	TRENO-M	300	32	2	Al ₂ O ₃	Orta Sertlikteki Malz. >23-50 HRC <	10
19-043	TRENO-S	300	32	2	Al ₂ O ₃	Sert Malzemeler >50-60 HRC <	10
19-044	TRENO-SS	300	32	2	Al ₂ O ₃	Aşırı Sert Malzemeler >60 HRC	10
19-060	TRENO-NF	350	32	2.4	SiC	Demir Dışı Malzemeler	10
19-062	TRENO-M	350	32	2.4	Al ₂ O ₃	Orta Sertlikteki Malz. >23-50 HRC <	10
19-063	TRENO-S	350	32	2.4	Al ₂ O ₃	Sert Malzemeler >50-60 HRC <	10
19-064	TRENO-SS	350	32	2.4	Al ₂ O ₃	Aşırı Sert Malzemeler >60 HRC	10
19-070	TRENO-NF	400	32	3	SiC	Demir Dışı Malzemeler	10
19-072	TRENO-M	400	32	3	Al ₂ O ₃	Orta Sertlikteki Malz. >23-50 HRC <	10
19-073	TRENO-S	400	32	3	Al ₂ O ₃	Sert Malzemeler >50-60 HRC	10
19-074	TRENO-SS	400	32	3	Al ₂ O ₃	Aşırı Sert Malzemeler >60 HRC	10
19-082	TRENO-M	432	32	3	Al ₂ O ₃	Orta Sertlikteki Malz. >23-50 HRC <	10
19-083	TRENO-S	432	32	3	Al ₂ O ₃	Sert Malzemeler >50-60 HRC	10
19-092	TRENO-M	500	32	3	Al ₂ O ₃	Orta Sertlikteki Malz. >23-50 HRC <	10
19-093	TRENO-S	500	32	3	Al ₂ O ₃	Sert Malzemeler >50-60 HRC	10
19-097	TRENO-M	600	32	5	Al ₂ O ₃	Orta Sertlikteki Malz. > 23-50 HRC <	5
19-098	TRENO-S	600	32	5	Al ₂ O ₃	Sert Malzemeler >50-60 HRC	5

Şekil 1-7. Abrasiv kesme diskleri (Metkon, 2018)

DIMOS

MICRACUT Serisi için Elmas Kesme Diskleri

Sipariş No:	Çap mm:	Bağlayıcı Türü	Göbek Çapı mm:	Kalınlık mm:	Elmas Katman Kalınlığı (X) mm:	Elmas Boyutu/ Konsantrasyon:	Tane Büyüklüğü (Mesh)	Uygulama
19-100	101,6	metal	12,7	0,35	14	orta/yüksek	150	• Demir ve demirdışı malzemelerin genel uygulamaları, bakır, alüminyum, metal matrisli kompozitler, PC kartları, termal sprey kaplamalar ve titanyum alaşımları
19-125	127	metal	12,7	0,4	4	orta/yüksek	150	• Demir ve demirdışı malzemelerin genel uygulamaları, bakır, alüminyum, metal matrisli kompozitler, PC kartları, termal sprey kaplamalar ve titanyum alaşımları
19-130	127	metal	12,7	0,4	4	ince/düşük	220	• Sert/gevrek malzemeler, boron karbid, boron nitrit ve silikon karbid
19-126	127	reçine	12,7	0,5	5	orta/yüksek	150	• Sert ve gevrek malzemeler
19-150	152	metal	12,7	0,5	4	orta/yüksek	150	• Demir ve demirdışı malzemelerin genel uygulamaları, bakır, alüminyum, metal matrisli kompozitler, PC kartları, termal sprey kaplamalar ve titanyum alaşımları
19-157	152	metal	12,7	0,5	4	ince/düşük	220	• Sert/gevrek malzemeler, boron karbid, boron nitrit ve silikon karbid
19-151	152	reçine	12,7	0,5	5	orta/yüksek	150	• Sert ve gevrek malzemeler
19-200	203	metal	12,7	0,81	5	orta/orta	120	• Demir ve demirdışı malzemelerin genel uygulamaları, titanyum alaşımları
19-205	203	metal	12,7	0,81	5	ince/yüksek	220	• Sert/gevrek malzemeler, boron karbid, boron nitrit ve silikon karbid
19-201	203	reçine	12,7	0,88	5	orta/yüksek	220	• Sert ve gevrek malzemeler

Şekil 1-8. Elmas kesme diskleri (Metkon, 2018)

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Numune kesme makineleri ve abrazif aşındırma ile ilgili akademik çalışmalar literatürde geniş bir yer bulmaktadır. Aşağıda abrazif aşındırma ve kesme ile ilgili bazı örnek çalışmalara yer verilmiştir.

Hammadde veya işlenmiş malzemelerin özelliklerini garanti etmek ve değerlendirmek için, endüstriler ve laboratuvarlar metalografik analiz teknikleri kullanır. Bu tür bir karakterizasyon yönteminde, numune hazırlama önemli bir rol oynar ve en ilgili adımlardan biri, numunedeki metalurjik değişikliklerden kaçınmak için doğru şekilde planlanması gereken yaygın olarak aşındırıcı kesme işlemleriyle gerçekleştirilen kesit alma işlemidir. Bu bağlamda Braz, Ventura, Oliveira, Antonialli ve Ishikawa (2019), yüksek sıcaklıkların üretilmesi gibi, titanyumun kesilmesiyle ilgili zorlukları göz önüne alarak, çalışmalarında, özel olarak tasarlanmış abrazif kesme disklerini, ticari olarak saf titanyumun metalografik kesiminde uygulanmasını araştırmışlar, bu yolla yüzeysel hasarları azaltmayı amaçlamışlardır. Araştırmacılar çalışmalarında, ayrıca, iyi planlanmış bir kesim işlemi, numuneyi parlatma ve uygun bir yüzey elde etme için gereken zamanı azalttığını belirtmişlerdir. Sonuçlar, son derece sert bir bağ malzemesi ile birlikte silisyum karbür ve 30 gözenekli tane büyüklüğünde aşındırıcı olan disklerin kesme sonucu etkilenen bölgenin en düşük derinlik değerlerine yol açtığını göstermiştir.

Nosenko ve Krutikova (2019) yürüttükleri araştırmada emprenye, kesme bölgesine yağlayıcı mikrodoz beslemede en yaygın kullanılan yöntemlerden biri olduğunu belirtmişlerdir. Emprenye edici olarak kesme bölgesinde termal ayrışma sırasında kimyasal olarak aktif gaz ortamını, özellikle halojenleri ve kalojenleri serbest bırakabilen maddelerin kullanılmasının uygunluğu kanıtlanmıştır. Önerilen bileşimlerin aşındırıcı aletlere emdirilerek uygulanmasının, kesme kuvveti bileşenlerinde, aşındırıcı alet aşınmasında ve işlenmiş yüzeyin pürüzlülüğünde azalma sağladığını belirtmişlerdir. Yerel mikroprob analizi, aşındırıcı malzemenin işlenmiş yüzeye transferinde bir azalma olduğunu göstermiştir. Üretim testleri yeni emprenye edicilerin etkinliğini doğrulamıştır.

Rakimyanov, Yanpolskiy ve Kadyrbaev (2018) yaptıkları araştırmada sertleştirme işlemine tabi tutulmamış C45 imalat çeliğinin kesilmesi esnasında aşındırıcı disk yüzeyine yapışan partiküller nedeniyle oluşan yüzey incelenmiştir. Kesme işlemi, $V = 35$ m/sn taşlama hızında $t = 0.02$ mm derinlikte elektro-korundum beyaz WA F80 P 5V diski ile yapılmıştır ve

S= 1,5 m/dk olarak kullanılmıştır. Disk yüzeyinde oluşan yükleme katmanının aşındırıcı diskin taneleri arasındaki boşlukta oluşturulduğu tespit edilmiştir. Yüklenen katmanın spektral analizinin sonuçları elde edilmiş ve bileşiminin bakır, karbon ve silikon gibi elementlerden oluştuğu bulunmuştur.

Ni, Yang ve Wu (2018)' ya göre kesme akışkanlarının aşındırıcı disk ile kesme işleminde uygulanması, üretim maliyetini ve enerjiyi en aza indirmede önemli bir rol oynamaktadır. Bununla birlikte, taşlama diski ile kullanılan çok ince diski (3,5 mm), büyük çap (400 mm), büyük kesme derinliği (birkaç ve hatta on milimetre) ve kurşun akışkanları olmayan taşlama diski ile normal taşlama işleminden önemli ölçüde farklıdır. Kesme diskleri normal taşlama işlemlerine göre daha az kıvılcım, talaş sıçraması, duman, toz vb. gibi çevre kirliliğine etkilerinin de daha az olduğunu belirtmişlerdir.

Putz, Cardone ve Dix (2017) farklı kesme koşullarının sertleştirilmiş bir çeliğin adhezif kesme sırasındaki sıcaklık üzerindeki etkisini araştırmış ve kesme hızındaki ve ilerleme hızındaki düşüşün düşük sıcaklıklara ve disk aşınmasına neden olan daha düşük güç değerlerine yol açtığını gözlemlemiştir.

Elitaş ve Çiftçi (2017), çalışmalarında tasarım ve imalatı gerçekleştirilen abrazif kesme makinası yardımı ile AISI 52100 rulman çeliğinin kesilebilme potansiyeli araştırmışlardır. Kesme işlemi için aşındırıcı bir disk kullanmışlardır. Numuneler kesme işlemi öncesinde ısıtım işlemi uygulanarak sertleştirilmiştir. Sertleştirilen parçaların, optik mikroskop mikro yapıları incelenmiştir. Kesme deneyleri 1600, 1800, 2000, 2200 dev/dk'da ve 5, 10, 15, 20 mm/dk ilerleme hızlarında gerçekleştirmişlerdir. Kesme sıvısı kullanmadan gerçekleştirilen deneyler, kesme sıvısı kullanarak tekrarlanmıştır. Kesme işlemi sonrasında kesilen yüzeylerin yüzey pürüzlülük değerleri belirlenmiş ve makro sertliklerini incelemişlerdir. İlerleme hızı düşükçe ve devir sayısı artıkça yüzey pürüzlülük değerinin düştüğünü gözlemlemiştirlerdir. Kesilen yüzeyden uzaklaştıkça numunelerin sertliği arttığını belirlemişlerdir. Kesme sıvısı kullanmadan yapılan deneylerde ilerleme hızı ve devir sayısı artıkça numunelerin yüzey katmanlarının sertliği azaldığını tespit etmişlerdir. Kesme sıvısı kullanılarak gerçekleştirilen deneylerde ise ilerleme hızı artıkça numunelerin yüzey katmanlarının sertliği arttığını gözlemlemiştirlerdir.

Binder ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada; metal kesme işleminin tribolojik sistemi, ağır koşullar ile karakterize edildiğini vurgulamışlardır. Düşük bağıl hız ve sıcaklıklarda

yapılan birçok tribolojik test metal kesme koşullarını temsil etmediğini ve sürtünme ve aşınma için kantitatif ilişkilerin türetilmesinin pek mümkün olmadığını belirtmişlerdir.

Saraçyakupoğlu (2016), teknolojide oldukça geniş bir kullanım alanı olan aşındırıcılı su jeti ile yapılan kesme işlemi sonrasında yüzey kalitesinin istenilen seviyede olması, malzeme türü, basınç, ilerleme hızı ve su jeti çapına bağlı olduğunu değerlendirmiştir. Bu çalışmasında iki farklı malzeme türü üzerinde basınç, ilerleme hızı ve su jeti çapının değiştirildiği deneyler icra edilmiştir. Daha sonra yüzey kalitesi incelenerek bir analiz yapılmıştır. Sonuç olarak; basınç, ilerleme hızı, nozul çapı azaldıkça yüzey kalitesinin arttığını belirtmiştir.

Anderson ve ark. (2011), iş parçası malzemesi olarak AISI 4340 çeliğini kullanarak deney düzeneği kurmuşlardır. Farklı kesme hızlarında ve farklı kesme derinliğinde aşındırıcılarla kesme işlemi gerçekleştirmişlerdir. Bu işlemin sonuçlarını sonlu elmanlar yönetimi ile birleştiren bir çalışma yapmışlardır. Sonuç olarak kesme hızı arttığında normal kuvvetlerin arttığını, teğetsel kuvvetlerin azaldığını ve kesilmemiş talaş kalınlığındaki elastik deformasyondan plastik deformasyona geçişin arttığı ifade etmişlerdir. Ayrıca talaş kalınlığı değeri artırıldıkça sürtünme oranının azaldığı ve talaş kalınlığı daha çok artırıldığında kesmenin başlayıp sürtünmenin azaltıldığını belirtmişlerdir.

Kaczmarek (2008), abrazif kesme sırasında aşındırıcı diskinin sıcaklığının tespiti için ısı işlem metodu uygulamıştır. 3 farklı üreticiden satın alınan aşındırıcı diskleri kullanarak çelik iş parçalarının abrazif kesme işlemi, farklı koşullar altında gerçekleştirilmiştir. Aşındırıcı disk çevresi boyunca ve radyal kesiti boyunca sıcaklık dağılımı belirlenmiş ve aşındırıcı diskin göreceli etkinliği hesaplanmıştır.

Sensör sistemlerinin uygulanması verimliliği, otomasyonu ve güvenilirliği artırmada daha yaygın hale geliyor. Bu tür sistemlerde kullanılan sensörler, işleme proseslerinin izlenmesini ve kontrolünü iyileştirmek için sinyal ve bilgi yeteneğine sahiptir. Her ne kadar metal işleme işlemlerinin izlenmesi için ölçüm kuvveti ve ivme sinyalleri yaygın olarak kullanılsa da, taş kesme işlemine uygulanması, muhtemelen taş ve elmas disk arasındaki etkileşimin karmaşıklığından dolayı iyi gelişmemiştir. Bu uygulama alanındaki bilgiyi arttırmak için, elmas testere tarafından taş kesiminin izlenmesi için bir çoklu sensör sistemi geliştirildi ve kuruldu. Sistem tarafından elde edilen ve analiz edilen sinyaller, farklı işleme koşullarında kuvvet ve ivmeyi içerir. Ölçülen sinyal verileri zaman bölgesi analizi yapmak için kullanıldı. Sonuçlar, disk aşınmasının izlenmesi için z eksenini boyunca kuvvet veya ivme

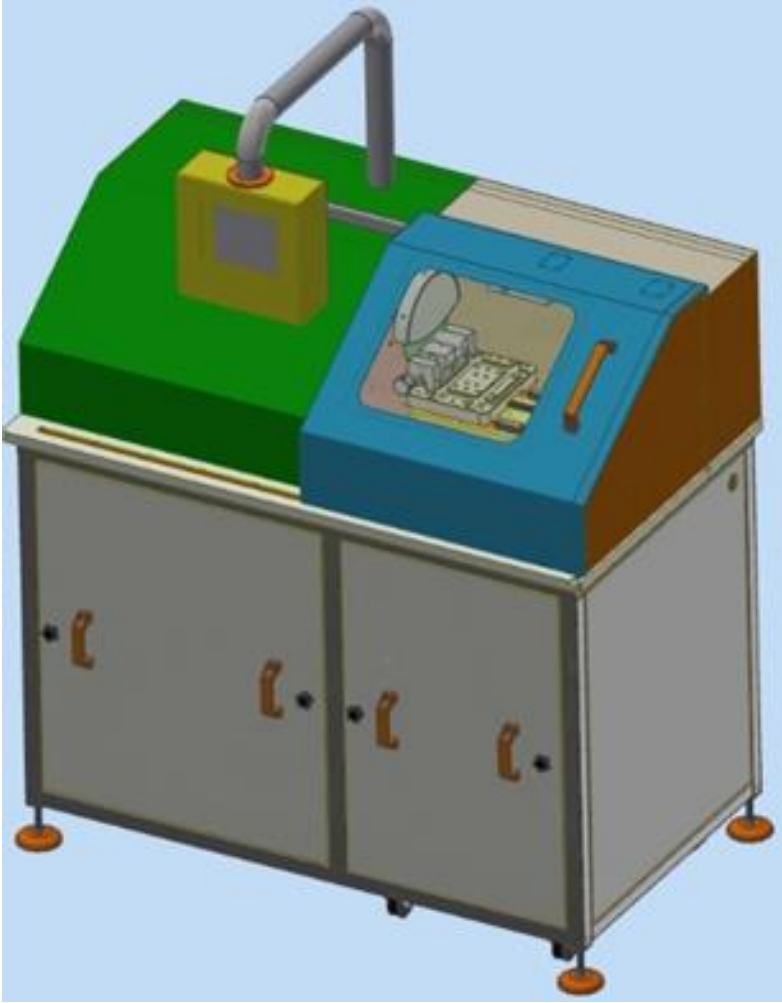
sinyallerinin RMS özelliklerini kullanmanın uygulanabilirliğini göstermektedir (Polini ve Turchetta, 2007).

Neugebauer ve ark. (2005), abrazif kesmede takım aşınmasını incelemek için deney düzeneği kurmuşlardır. Al_2O_3 esaslı 3 farklı tane boyutuna sahip aşındırıcı disk kullanarak kesme işlemi gerçekleştirmişleridir. Deneylerin sonucunda daha yüksek tane dayanımı ve bağlayıcı maddenin daha iyi adezyonundan dolayı en uzun takım ömrünün kübik taneli kesici disk ile sağlandığını görmüşlerdir.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

Yürütülen bu yüksek lisans çalışmasında Şekil 3.1’de son tasarım resimi sunulan prototip bir numune kesme makinesi tasarlanmıştır. Sonrasında Şekil 3.2’ de gösterilen Prototip numune kesme makinesi üretimi gerçekleştirilmiştir. Numune kesme makinası adhezif aşınma prensibi ile çalışmaktadır. Üretilen makine ile farklı malzemeler üzerinde kesim yapılarak kesme koşulları incelenmiştir



Şekil 3-1. Prototip numune kesme makinesi son tasarım modeli



Şekil 3-2. Prototip numune kesme makinesi

3.1. Materyal

3.1.1. Şase ve Üst Tabla

Makinanın bütün ekipmanlarının üzerinde bulunduğu kısımdır (Şekil 3.3). Tasarım yapılırken kesme esnasında oluşabilecek rezonans etkisi dikkate alınmıştır. Üretim yöntemi olarak kaynaklı birleştirme, malzeme olarak ST37-2 profil kullanılmıştır. Üst tabla eksen hareket modüllerinin bağlandığı parçadır. Malzeme cinsi olarak ST52-3 kullanılmıştır. Üst tabla frezeleme işleminden sonra şaseye kaynak yöntemiyle monte edilmiştir. Korozyona karşı astarlama ve boyama işlemi yapılmıştır. Şase alt kısmına zemin ile bağlantı sağlamak adına yükseklik ayarlı ayak monte edilmiştir. Şasenin açık kısımlarına paslanmaz çelik malzemeden sac kapak yapılmıştır.



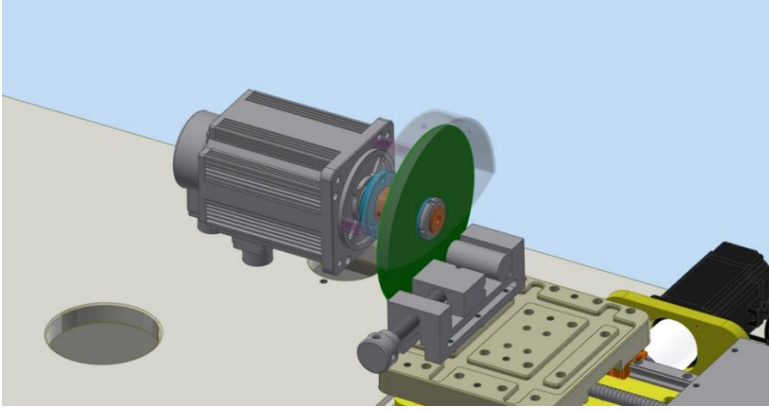
Şekil 3-3. Tezgah şasesi ve üst tabla

3.1.2. Kesme Diski Tahrik Motoru

Kesme diskinin dönme hareketini kazandırmak ve kesme diskini yataklamak için tahrik motoru kullanılmıştır (Şekil 3.4). Tahrik motoru olarak servo motor tercih edilmiştir. Servo motorlardan veri kontrolü yapılabilmektedir. Kesme diski üzerinden motor miline gelen moment değeri ve kesme diskinin devir değeri ölçülebilmektedir. Makinada kullanılacak kesme diski çapına göre yapılan hesaplamada 3000 dev/dk devir sayısına sahip servo motor kesme işlemi için yeterli görülmüş ve kullanılmıştır. Gerekli olan kesme kuvvetlerine göre bunu karşılayabilecek servo motor gücü 1.5 kW olarak belirlenmiş ve kullanılmıştır (Şekil 3.5). Kesme diski maksimum tork değeri 9.5 Nm'dir.

3.1.3. Kesme Diski Dış Çap Ölçme Kumpası

Kesme diski her kesme işlemi sonrasında aşınmakta ve çap düşüşü olmaktadır. Bu aşınma miktarını ölçmek için çap 200 mm'den fazla ölçüm yapabilen bir kumpas kullanılmıştır.



Şekil 3-4. Kesme diski tahrik motoru



Şekil 3-5. Kesme diski tahrik motoru ve bağlantısı

3.1.4. Kesme Diskleri

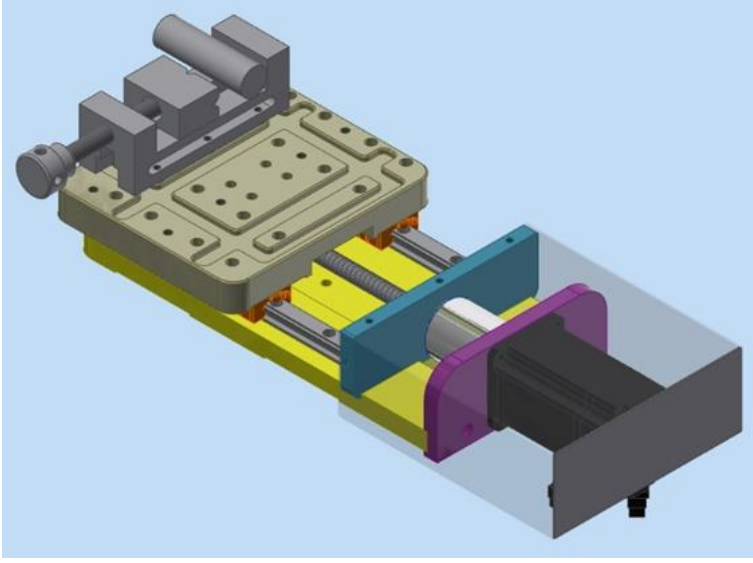
Numuneyi belli ölçülerde kesmek için kullanılan disklerdir. Bu diske belli devirlerde dönme hareketi verilmektedir. Daha sonra malzeme üzerinde ilerleyerek kesme hareketi sağlanmaktadır. Kesme işlemi için 2 farklı kesme diski tercih edilmiştir. Sertliği az malzemeler için HSS disk, sert malzemeler için karbür disk tercih edilmiştir. Kesme diskleri ölçüleri için çap 200 mm, kalınlık ise 1.4 mm olarak seçim yapılmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3-6. Kesici diskler

3.1.5. X Eksen Hareket Modülü

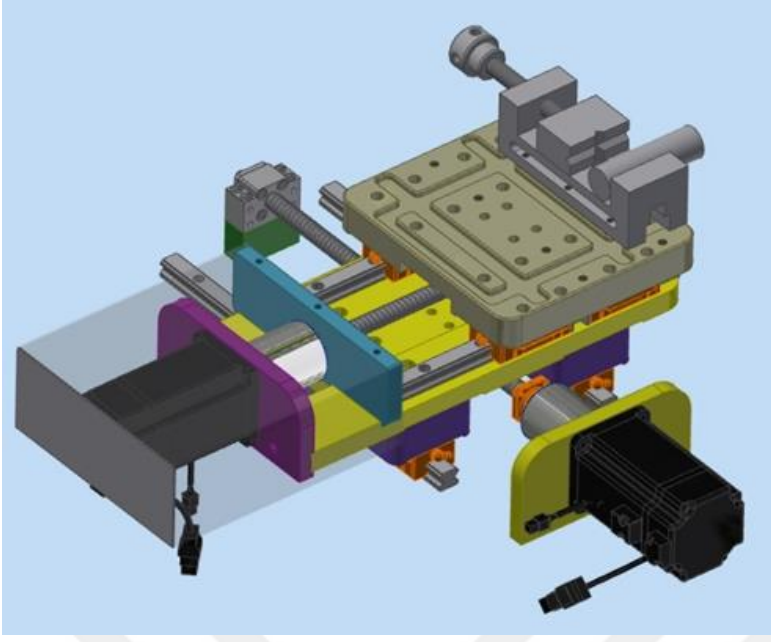
Parçayı X ekseninde hareket ettiren eksenidir. Modül içerisinde 4 adet lineer araba ve 2 adet lineer kızak kullanılmıştır. Motordan gelen dönme hareketi, vidalı mil ve somun ile eksen hareketine çevrilmiştir. Vidalı milin hadvesi ve çapı belirlenirken gerekli en yüksek ilerleme hızı, en yüksek kuvvet hesaplanmıştır. 16mm çapında ve 5mm/tur hadvede vidalı mil tercih edilmiştir. Bu eksen kesilecek parça boyunu ve konumunu belirlemede kullanılmıştır. Pozisyon bilgisini ölçebilmek için 0,75 kW gücünde servo motor ile sistem tahrik edilmiştir (Şekil 3.7). 3000 dev/dk devir sayısına sahip servo motor ilerleme için yeterli görülmüş ve kullanılmıştır. Kesme diski maksimum tork değeri 2.4 Nm'dir.



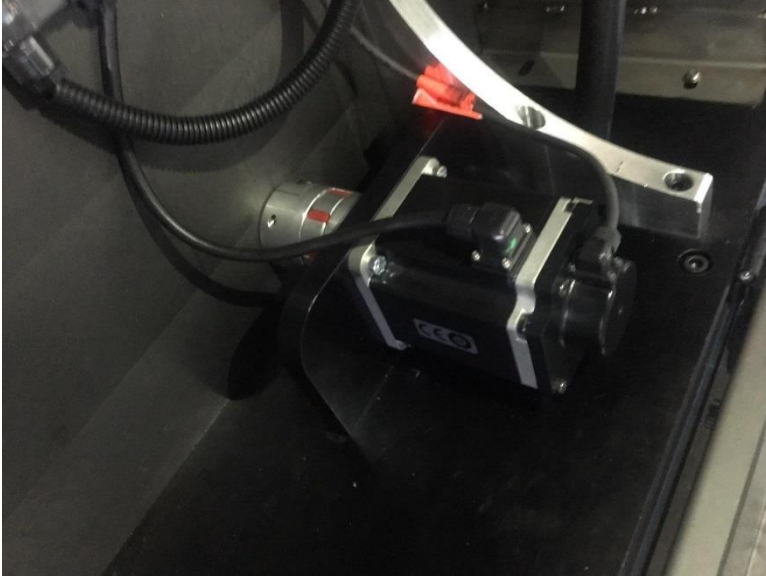
Şekil 3-7. X eksen hareket modülü

3.1.6. Y Eksen Hareket Modülü

Parçayı Y ekseninde hareket ettiren eksendir. Modül içerisinde 4 adet lineer araba ve 2 adet lineer kızak kullanılmıştır (Şekil 3.8). Motordan gelen dönme hareketi, vidalı mil ve somun ile eksen hareketine çevrilmiştir. Vidalı milin hızı ve çapı belirlenirken gerekli en yüksek ilerleme hızı, en yüksek kuvvet hesaplanmıştır. 16 mm çapında, 5mm/devir hızda vidalı mil tercih edilmiştir. Bu eksen kesme ilerlemesinin sağlandığı eksendir. Pozisyon bilgisini elde edebilmek ve aynı zamanda kesme ilerlemesini değişken yapabilmek, gajalama yaparak kesim yapabilmek, ilerleme esnasında oluşan momenti ölçebilmek için bu eksen servo motorla tahrik edilmiştir. Hesaplamalara göre 0,75 kW gücünde servo motor, sistemin çalışması için yeterli görülmüştür (Şekil 3.9).



Şekil 3-8. Y eksen hareket modülü

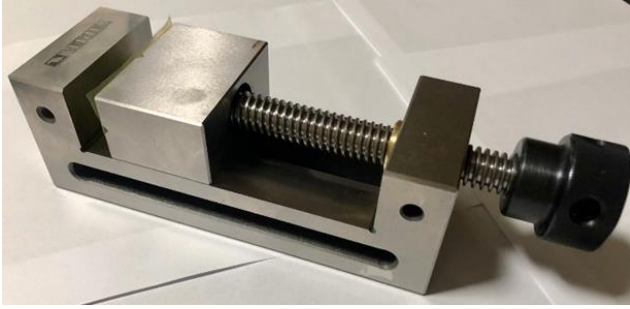


Şekil 3-9. Y eksen hareket modülü

3.1.7. Bağlama Mengenesi

Kesilecek numunelerin öncelikle çok iyi sabitlenmesi gerekmektedir. Malzemede oluşabilecek rezonanslardan dolayı kesilen malzemede yüzey bozukluğu veya kesme diskinde kırılma görülebilir. Bundan dolayı parça bağlamak için trapez vidalı mengene kullanılmıştır (Şekil 3.10). Vidalı mengene x eksen tablasına civatayla bağlanmıştır. Mengenesiz bağlantı

için x eksenli tablasına delikler delinip dış açılmıştır. Kesilecek malzemeler x eksenli tablasına pabuç ile bağlanabilecektir. Mengene en çok 55 mm çapında malzeme bağlanabilmektedir.



Şekil 3-10. Bağlama mengenesi

3.1.8. Güvenlik Kabini

Numune kesme sırasında kesme diskini soğutmak için sıvı yağ ve hava kullanılabilir. Disk üzerinde saçılan yağ ve talaşlar etrafa saçılmaktadır. Bundan dolayı makine üzerine tam kapalı kabin giydirilmiştir (Şekil 3.11). Kabinin ön kısmına gözetleme için PVC cam konulmuştur. Makine çalışırken kesme diski döndüğü için kesilme tehlikesi vardır. Bundan dolayı kapak açıldığında makinenin otomatik durması için güvenlik kabini kapağına güvenlik sensörü takılmıştır.



Şekil 3-11. Güvenlik kabini

3.1.9. Güvenlik Sensörü

Kapak açıldığında makinenin otomatik durması için manyetik sensörün bir parçası kapak üzerine, bir parçası kabin üzerine takılmıştır. İki parça birbirinden ayrıldığında PLC ye bilgi gitmekte ve kesim otomatik durmaktadır. Prototipte SICK marka i12-SB213 model temassız sensör kullanılmıştır (Şekil 3.12).

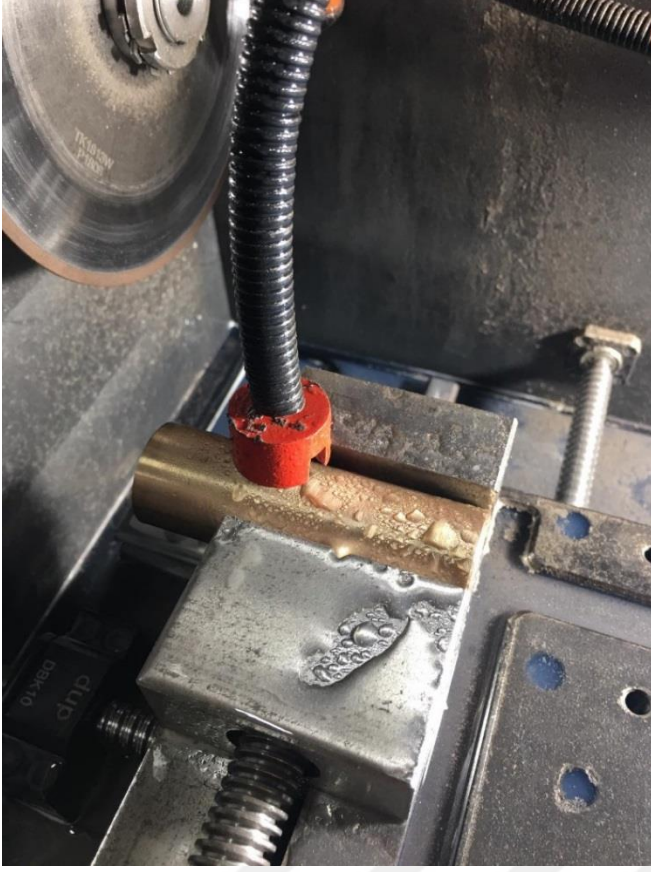


Şekil 3-12. Güvenlik Sensörü

3.1.10. Manyetik PT 100 Termokupl

Kesme sırasında diskle malzeme arasında ısı açığa çıkmakta, bunun sonucunda diskle kesilen malzemenin sıcaklığı artmaktadır. Bundan kaynaklı kesme diskinin kesim performansı düşmekte, aynı zamanda kesilen malzemede yapısal değişiklikler oluşmaktadır. Burada ortaya çıkan sıcaklık değeri kesim işleminde etkileyici bir faktör olmaktadır.

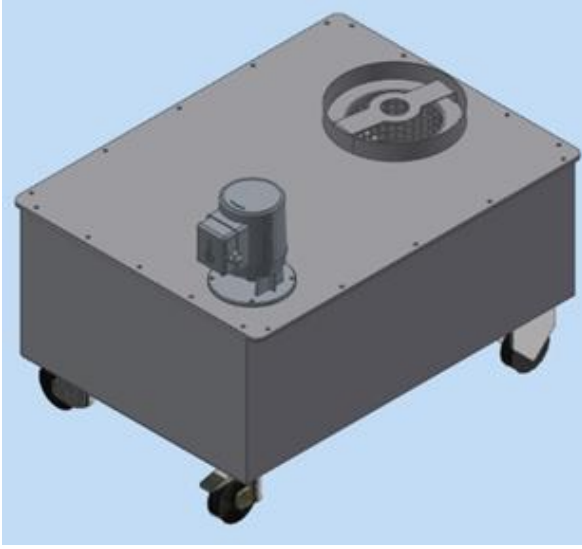
Sistemde kullandığımız PT100 manyetik termokupl (Şekil 3.13) kesim bölgesine yakın malzeme üzerinde mıknatısla sabitlenmiştir. Bu sayede kesim sırasında oluşan sıcaklıklar PLC üzerinden okunabilecektir. Bu yolla farklı malzemeler üzerinde sıcaklığın etkisi gözlemlenebilmektedir.



Şekil 3-13. PT 100 manyetik termokupl

3.1.11. Soğutma Sıvısı Tankı

Kesme işlemi sırasında disk üzerinde oluşan sıcaklığın etkisini ortadan kaldırmak için diskin soğutulması gerekmektedir. Soğutma sıvısı makinede bu işlem için kullanılmıştır. Sıvının kesintisiz olarak diske ve parçaya ulaşması için pompa ile devridaim yaptırılmıştır. Devridaim şeklinde hareket eden soğutma sıvısının biriktirilmesi için bir tank gerekmektedir. Bu tank içerisinde gerekli soğutma sıvısı konularak hazır halde beklemektedir (Şekil 3.14). Aynı zamanda soğutma sıvısı tank içerisinde kendini soğutmaktadır.



Şekil 3-14. Soğutma sıvısı tankı

3.1.12. Soğutma Sıvısı Devridaim Pompası

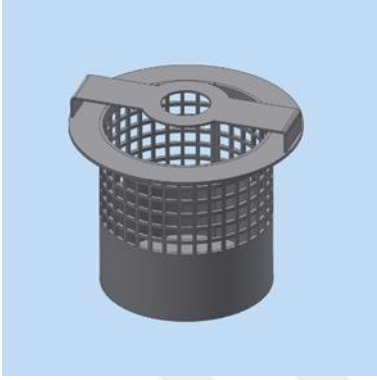
Kesme diski ile soğutma sıvısı tankı arasında soğutma sıvısının devridaim yapılabilmesi için bir pompa kullanılmıştır. Yapılan hesaplamalara göre 50 lt/dk debili bir pompa bu sirkülasyonu verimli bir şekilde sağlamakta ve soğutma sıvısını soğutmaktadır. Pompa tipi olarak şaft millî pompa kullanılmıştır (Şekil 3.15).



Şekil 3-15.Devridaim pompası

3.1.13. Soğutma Sıvısı Filtresi

Soğutma işlemini gerçekleştiren soğutma sıvısı ile birlikte soğutma tankına kesilen malzemeden çıkan talaş tozları gelmektedir. Bu sebepten dolayı soğutma sıvısı tanka giriş yapmadan önce filtreden geçirilmiştir. Böylece pompa zarar görmemekte ve soğutma sıvısı temizlenmektedir. 100 mesh ölçüsünde filtre takılmıştır (Şekil 3.16).



Şekil 3-16. Soğutma sıvısı filtresi

3.1.14. Hava Regülatörü

Kesme diskini sıvıyla soğutmanın yanında havayla soğutmada mevcuttur. Soğutma havasının basınç ayarını düzenlemek için hava regülatörü kullanılmıştır (Şekil 3.17).



Şekil 3-17. Hava regülatörü

3.1.15. Hava Kontrol Valfi

Soğutma işlemi için kullanılan havanın gerekli olduğu zamanlarda açılıp, gerekli olmadığı zamanlarda kapatılması için hava kontrol valfi kullanılmıştır (Şekil 3.18).



Şekil 3-18. Hava kontrol valfi

3.1.16. Kontrol Ekran ve Panosu

Makinenin kontrolü için makine üzerine bilgisayar eklenmiştir. Makinenin PLC programlanması bilgisayar üzerinden kontrol edilmiştir. Bilgisayar aracılığıyla kesim işleminin programlanması yapılabilmektedir. Aynı zamanda kesim verileri gözlemlenebilmektedir. Pano üzerindeki butonlar ile makine açılıp kapatılabilmektedir (Şekil 3.19). Manuel hareketler butonlar ile sağlanmaktadır.



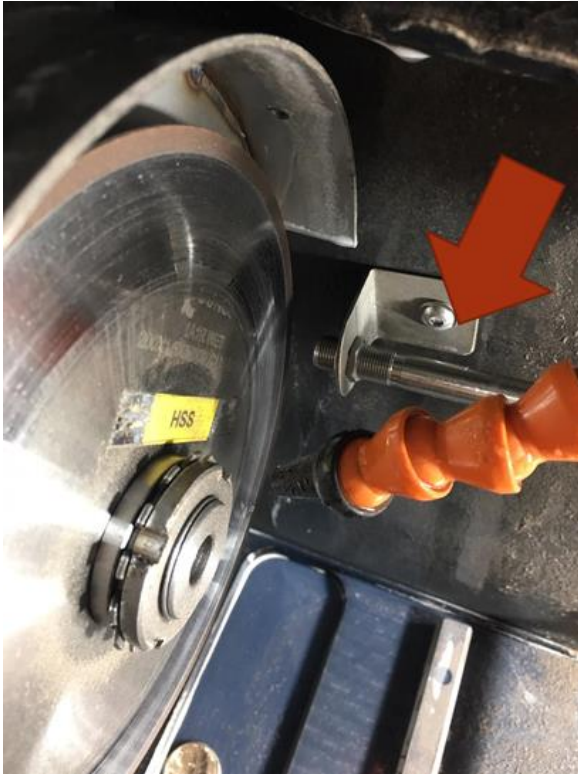
Şekil 3-19. Kontrol ekran ve Panosu

3.1.17. Elektrik ve Otomasyon Panosu

Servo sürücülerin, PLC'nin ve elektrik devrelerinin bulunduğu panodur. Makinenin yönetimi bu panodan sağlanmaktadır.

3.1.18. Disk Sıcaklık Kontrol PT100 Lazer Sensörü

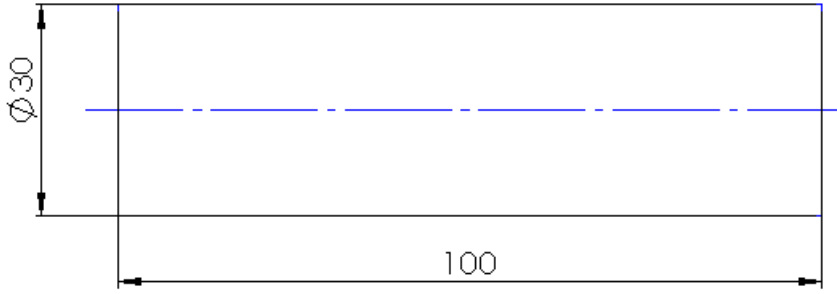
Kesme işlemi yapılırken kesme diski üzerinde sıcaklık artışı meydana gelmektedir. Kesme diskinin başlangıç ve kesim sonrası sıcaklıklarını ölçüm yaparak malzeme üzerindeki etkileri incelenebilmektedir. Bu ölçümleri yapabilmek için sisteme sıcaklık ölçüm sensörü eklenmiştir. (Şekil 3.20). Ancak kesme diski, kesim sırasında döndüğü için temassız bir şekilde sıcaklık ölçülebilmektedir. Bundan dolayı lazerli sensör kullanılmıştır. Ayrıca bir kesim parametresi olarak bu ölçü bilgisi kullanılmıştır.



Şekil 3-20. Disk sıcaklık kontrol PT100 lazer sensörü

3.1.19. Test Numuneleri

Geliştirilen prototip numune kesme makinesinin başarısı endüstride yaygın olarak kullanılan metaller ile test edilmiştir. Kullanılan numuneler (Çizelge 3.1) standart 30 mm çapında ve 100 mm boyunda tornalanarak hazırlanmıştır (Şekil 3.21) Daha sonra hazırlanan malzemelere ısıl işlem yapılmıştır.



Şekil 3-21. Test numuneleri ölçüsü

Çizelge 3.1. Denemelerde kullanılan test parçaları

Numune No:	Numune Malzemesi	Sertlik (HRC)
1	AISI 4140	40
2	AISI 4140	50
3	AISI 1050	40
4	AISI 1050	50
5	AISI 1050	İndüksiyon İşlemi
6	1.2379	40
7	1.2379	50
8	12SN Bronze	20
9	Prinç	20
10	AISI Inox304	20

3.1.20. Kabin Sıcaklık Ölçüm Sensörü

Kesme işlemi yapılırken soğutma sıvısında sıcaklık artışı meydana gelmektedir. Soğutma sıvısı buharlaşması ile kabin içi sıcaklıkları artmaktadır. Bu sıcaklık değerlerini ölçüm yaparak malzeme üzerindeki etkilerini incelenebilmektedir. Bu ölçümleri yapabilmek için tank üzerine çubuk sıcaklık ölçüm sensörü eklenmiştir (Şekil 3.22).



Şekil 3-22. Kabin sıcaklık ölçüm sensörü

3.1.21. Yüzey Pürüzlülük Ölçme Cihazı

Kesme işlemi yapılırken kesme diskinin titreşiminden dolayı kesilen numunenin yüzeyinde pürüzler oluşmaktadır. Bu yüzeyler mitutoyo marka SJ-210 portatif yüzey pürüzlülük ölçme cihazı ile ölçülmüştür (Şekil 3.23). Elde edilen veriler kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülük değerine olan etkisini değerlendirebilmek amacıyla kullanılabilir.



Şekil 3-23. SJ-210 portatif yüzey pürüzlülük ölçme cihazı

3.2. Yöntem

3.2.1. Standart Ürünler İle İlgili Hesaplama Yöntemleri

Standart ürünleri tercih ederken seçim kriterleri bulunmaktadır. Bu seçim kriterleri çeşitli hesaplamalar ile elde edilmektedir. Aşağıdaki formülleri kullanarak tasarımımız için standart ürünlerin seçimleri yapılabilmektedir.

3.2.1.1. Kesme Diski Kesme Hızı Hesabı

Denklem 3.1 'de kesme diskinin kesme hızı V_c (m/dk) ile gösterilmektedir. Formüldeki n (dev/dk) değeri kesme diskinin dönme devrini belirtmektedir. $D_{\text{çap}}$ (mm) ifadesi ise kesme diskinin dış çapını belirtmektedir.

$$V_c = \frac{D_{\text{çap}} \times \pi \times n}{1000} \quad (3.1)$$

3.2.1.2. Parça İlerleme Hızı Hesabı

Denklem 3.2 'de parça ilerleme hızı F (mm/dk) ile gösterilmektedir. Formüldeki n değeri kesme diskinin dönme devrini belirtmektedir. f_z ifadesi ise bir devirdeki disk ilerlemesini göstermektedir.

$$F = n \times f_z \quad (3.2)$$

3.2.1.3. Soğutma Sistemi Basınç Hattı Boru Çapı Hesabı

Denklem 3.3 'de D soğutma sıvısının taşınacağı borunun çapını belirtmektedir. Q pompanın debisini belirtmektedir. v ise akışkan hızını belirtmektedir.

$$D = \sqrt{\frac{Q \times 21,22}{v}} \quad (3.3)$$

Akışkan hızı için:

$v(\text{emiş})$: 0,6 – 1,2 m/s, $v(\text{basınç})$: 2 – 5,5 m/s, $v(\text{dönüş})$: 1,5 – 4 m/s alınır. Bu formülden basınç hattının, emiş hattının ve dönüş hattının yaklaşık boru çapları elde edilmektedir.

3.2.2. Üretilcek Makinanın Tasarımı ve Resimlendirilmesi

Makine üretim aşamasına geçilmeden önce tasarım ve üç boyutlu resimlendirme işlemleri yapılmıştır. Bu bölümde, materyal kısmında bahsedilen parçaların işleyişe uygun bir şekilde montajı gerçekleştirilmiştir. Bu işlemler yapılırken inventor katı model çizim programı kullanılmıştır. Daha sonrasında, çizilen parçalara uygun malzeme atamaları yapılarak ve gerekli toleranslar verilerek teknik resimler oluşturulmuştur. Bu teknik resimler ile malzeme tedarik ve üretim süreci desteklenmiştir.

3.2.3. Makinanın Parçalarının Üretilmesi ve Montajlanması

Teknik resimleri hazırlanan ve üretim yöntemleri belirlenen parçalar için paylı bir şekilde hammadde siparişi verilmiştir. Parçalar CNC freze ve CNC tornalarda talaş kaldıracak teknik resime uygun işlenmiştir (Şekil 3.25). Şase malzemeleri ve koruma kapakları kaynaklı olarak birleştirilmiştir (Şekil 3.24). Üretimi biten parçalar kaplama veya boyama işlemi yapılarak korozif etkilerden korunmuştur. İşlemleri tamamlanan malzemeler projeye göre montajlanmıştır (Şekil 3.26).



Şekil 3-24. Kaynaklı birleştirme işlemi



Şekil 3-25. Cnc freze tezgahında şasenin işlenmesi



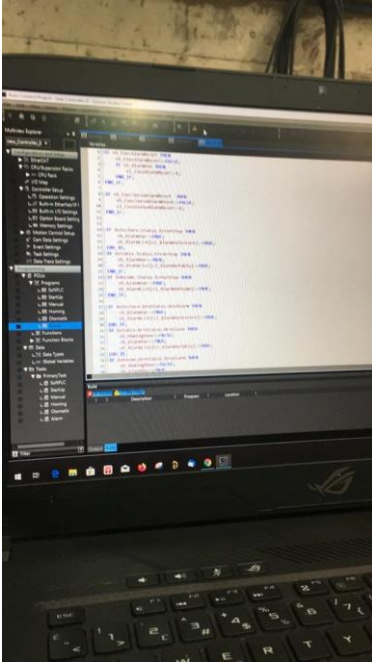
Şekil 3-26. Makinanın montajlanması

3.2.4. Makinanın Yazılımı ve Kontrol Sisteminin Yapılması

Mekanik montajı tamamlanan makinarya elektrik projesine göre pano toplanıp montaj edilmiştir (Şekil 3.27). Motor ve sensörlerin kablolama işlemleri yapılmıştır. Makine üzerine montaj edilen bilgisayar ile kontrol ve kesim parametrelerinin programlaması sağlanmıştır. Kontrol ünitesi olarak Omron marka sürücü ve servo motorlar kullanılmıştır. Bilgisayar ve kontrol ünitesi arasındaki veri aktarımı Ethernet kablo ile sağlanmıştır. Makinanın yazılımı için C sharp programlama dili kullanılmıştır (Şekil 3.28).



Şekil 3-27. Pano montajı



Şekil 3-28. Program yazma işlemi

3.2.5. Kesme Numunelerinin Hazırlanması

Daha önce belirlenen ve çizelge 3.1 de belirtilen malzeme türlerinden 35 mm çapında, 105 mm ölçülerinde malzemeler, boy malzemedan şerit testere ile kesilmiştir. Daha sonra Cnc torna tezgahında işlenen malzemeler standart olarak 30 mm çapında ve 100 mm boyunda ölçüye getirilmiştir. Malzemelerin farklı sertlikteki kesme koşullarını inceleyebilmek için öncesinde belirlenen malzemelerin bazılarında ısıl işlem uygulanmıştır. Aynı türden malzemelerin farklı kesme koşulları bu şekilde incelenebilecektir.

3.2.6. Kesme Koşullarının Belirlenmesi

Aynı kesme koşullarında, farklı malzemelerin kesim parametreleri veya aynı kesme koşullarında aynı malzemelerin, farklı sertlikteki kesim parametreleri bu prototip makine ile incelenebilmektedir. Bir diğer seçenek olarak aynı türde ve aynı sertlikteki malzemelerin farklı kesme koşullarındaki kesme parametreleri incelenebilmektedir.

Bu yüksek lisans tezindeki çalışmalarda aynı kesme koşullarında, farklı malzemelerin kesim parametreleri veya aynı kesme koşullarında aynı malzemelerin, farklı sertlikteki kesim parametreleri incelenmiştir.

Bütün malzemeler için kesme işleminde, kesme diskinin devri 2000 dev/dk belirlenmiştir. Kesme hızı ise kesme koşullarına bağlı olarak her numune için kesime başlandığı andaki disk çapına bağlı olarak hesaplanmıştır. Kesme ilerlemesi 15 mm/dk olarak belirlenmiştir. Soğutma işlemi için soğutma sıvısı kullanılmıştır. Kesilecek malzeme boyları 10 mm olarak belirlenmiştir.

3.2.7. Kesme Diskinin Açısız Olarak Tahrik Edilmesi

Kesme diskinin kesim yapabilmesi için diske dönme hareketinin kazandırılması gerekmektedir. Numune kesme makinesi üretilirken kesme diskinin dönme hareketi 1,5 kW gücünde ve maksimum 4000 dev/dk kapasiteli servo motor ile verilmiştir. Servo motorun miline malzeme ile bağlanan kesme diski servo motor ile aynı devirde dönmektedir. Aynı zamanda motor dönme yönü isteğe bağlı olarak değiştirilebilmektedir. Soğutma sıvısının servo motora ulaşmaması için motor mili üzerine sızdırmazlık keçesi takılmıştır. Önceki çalışmalar incelendiğinde farklı malzeme türlerini keserken farklı devirler gerektiği öngörülmüştür. Bu sebepten dolayı, kesme devri kesim şartlarına göre ekrandan ayarlanabilir yapılmıştır. Ek

olarak, kesme işlemi esnasında motor miline gelen yüzde moment değeri ölçülebilmektedir. Bu değerler daha sonra yapılan bilimsel çalışmalarda kullanılacaktır. Aynı zamanda disk taşıyabileceğinden fazla moment değeri ile karşılaştığında kesme işlemi otomatik olarak durmaktadır.

3.2.8. Kesme İlerlemesinin Tahrik edilmesi

Kesme diskinin mengeneye bağlanan parçayı kesme işlemini gerçekleştirebilmesi için malzeme ile arasında bir baskı kuvveti oluşması gerekmektedir. Bu baskı çeşitli yöntemler ile gerçekleştirilebilmektedir. Bu makinede baskı kuvvetini oluşturmak için y eksen hareket modülü kullanılmıştır. Y eksen hareket modülü 0,75 kW , 3000 dev/dk kapasiteli servo motor ile tahrik edilmiştir. Kesme diski ayarlanan devirde sabit konumda dönerken y eksen tablası üzerine bağlanmış numune, bu eksen modülü tarafında ayarlanan ilerleme değerinde kesme diskinin doğru ilerletilmektedir. Bu şekilde, kesme işlemi gerçekleştirilir. Servo motor ile tahrik edilen y eksenine değişken ilerleme, gagalayarak kesme şeklinde programlanarak farklı şekilde kesme işlemleri gerçekleştirilebilir. Servo motor miline gelen moment değeri ölçüleri de daha sonraki bilimsel çalışmalarda kullanılabilir.

3.2.9. Kesme Diskinin Soğutulması

Kesme işleme sırasında kesme diski ile kesilecek malzemeler arasında sürtünme kuvvetinden dolayı bir ısınma gerçekleşmektedir. Kesme işleminin uygun şekilde gerçekleşmediği durumlarda malzeme üzerindeki ısınma ani yükselmeler göstermektedir. Isınan malzemede deformasyonlar meydana gelmektedir. Ayrıca, kesme diskinin erken aşınması gözlenebilmektedir. Bu durumda, dolayı kesme işlemi sırasında kapalı döngü sistem şeklinde bir devridaim pompası yardımı ile soğutma sıvısı kesme işleminin yapıldığı bölgeyi soğutmaktadır (Şekil 3.29).

Alternatif olarak soğutma işleminde hava kullanılabilir. Bu seçenek için makinaya hava regülatörü, valf ve nozul eklenmiştir. Böylece soğutma şeklinin malzeme kesim üzerindeki etkileri gözlemlenebilmektedir. Bu karşılaştırmalar bilimsel çalışmalarda kullanılabilir.



Şekil 3-29. Kesme diskinin soğutma sıvısı ile soğutulması

3.2.10. Malzeme, Disk ve Soğutma Sıvısı Sıcaklık Değişiminin Ölçülmesi

Kesme işlemi sırasında malzeme üzerindeki ısınmadan dolayı kesme bölgesinde deformasyonlar meydana gelmektedir. Bu süreci kontrol etmek ve uygun kesme değerlerini yakalamak adına malzeme üzerine yerleştirilen PT100 termokupl ile malzeme üzerindeki sıcaklık değişimi ölçülebilmektedir. Yapılan kesme işlemlerinde termokupl standart olarak kesici diskin 15 mm sağ kısmına malzeme üzerine mıknatıs ile bağlanmıştır (Şekil 3.29). Aynı zamanda, diğer eklenen PT100 sıcaklık sensörleri ile kesme diski ve soğutma sıvısı sıcaklıkları ölçülebilmektedir. Soğutma sıvısının sıcaklığını ölçen termokupl, soğutma sıvısı tankının dip bölgesine yerleştirilmiştir. Disk sıcaklığını ölçen lazerli termokupl diskin 25 mm sağ kısmına yerleştirilmiştir. Disk kesim esnasında döndüğü için sıcaklık ölçümü temassız ölçmektedir. Bu şekilde, veri işleme gerçekleştirilebilmektedir. Sıcaklığın malzeme üzerindeki etkileri karşılaştırılabilmektedir.

3.2.11. Kesme Diskinin Dış Çapının Ölçülmesi

Kesme işlemi sırasında disk çapı düşmektedir. Bu düşmenin miktarı kesilecek malzeme cinsine ve kesim şartlarına göre değişiklik gösterebilmektedir. Bu şekilde, kesme diskinin aşınması farklı numune kesme işlemleri için karşılaştırma yaparken bir parametre olarak kullanılabilir. Ayrıca kesme diskinin dış çapı değiştiğinde diskin çizgisel hızı düşeceği için kesme hızımızda düşmektedir. Bundan dolayı, bu değeri sürekli ölçülerek hata ihtimali

düşürülmektedir. Kesme işlemi sonunda 200 mm'yi ölçebilen bir kumpas ile disk çapı manuel olarak ölçülebilmektedir. Her işlem sonunda ölçme işlemi tekrarlanacaktır.

3.2.12. Kesilen Numunelerin Yüzey Pürüzlülük Değerlerinin Ölçülmesi

Makinada yapılan kesim işlemi sonucunda, kesilen malzemenin kesim yüzeylerinde pürüz oluşmaktadır. Şekil 3.30'daki portatif yüzey pürüzlülük cihazı ile kesim sonrasında malzemelerin yüzey pürüzlülük değerleri ölçülebilmektedir.



Şekil 3-30. Yüzey pürüzlülük değerinin ölçülmesi

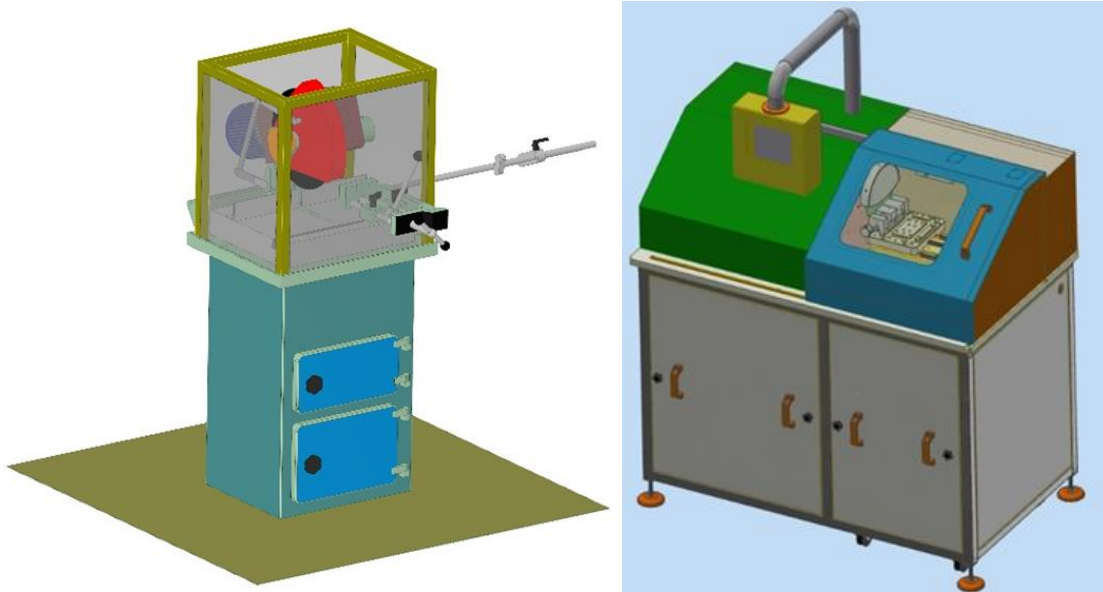
3.2.13. Elde Edilen Verilerin Grafiğe Dönüştürülmesi

Makine üzerinde elde edilen veriler, makinanın programı tarafından excel üzerinde döküm olarak verilmektedir. Buradaki değerler kullanılarak grafikler oluşturulabilmektedir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Katı Model Tasarımları

Inventor katı model programında, belirlenen tasarım verileri ve kriterlerine göre katı model tasarımları gerçekleştirilmiştir. Numune kesim makinası için öncelikle ön tasarım modeli yapılmıştır. Daha sonra, bu model üzerinden yeni yapılan yeni çalışmalarla son prototip modeline ulaşılmıştır (Şekil 4.1). Bu çizimler ile üretim ve montajlama işlemleri gerçekleştirilmiştir



Şekil 4-1. Sırasıyla ön tasarım ve prototip son tasarım

4.2. Standart Ürünler ile İlgili Hesaplamalar

4.2.1. Kesme Diski Kesme Hızı Hesabı

Denklem 3.1 kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır.

$$V_c = \frac{200 \times \pi \times 3000}{1000}$$

$$V_c = 1884 \text{ m/dk}$$

Kesme hızı değeri hesaplanırken motorun maksimum devri verilmiştir. Çap olarak 200 mm standart kesme diskinin çapı alınmıştır. Numune kesme makinasının maksimum kesme hızı hesaplanmıştır.

4.2.2. Soğutma Sistemi Basınç Hattı Boru Çapı Hesabı

Denklem 3.3 kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır.

$$D = \sqrt{\frac{Q \times 21,22}{v}}$$

Q Değeri 50 lt/dk değerinde olan bir devridaim pompası seçilmiştir.

Soğutma tankı kapasitesi 60 litre olarak seçilmiştir. 50 lt/dk debi ile tank 72 sn. de bir devri daim olmaktadır. Buda soğutma suyunun kimyasal ve fiziksel özellikleri için uygun olduğu öngörülmüştür. Çıkış hattındaki boru çapı hesabı yapılmıştır.

Akışkan hızı için:

$v(\text{emiş})$: 0,6 – 1,2 m/s, $v(\text{basınç})$: 2 – 5,5 m/s, $v(\text{dönüş})$: 1,5 – 4 m/s alınır.

$$D_{\text{basınç}} = \sqrt{\frac{50 \times 21,22}{v_{\text{basınç}}}}$$

$$D_{\text{basınç}} = \sqrt{\frac{50 \times 21,22}{3}}$$

$$D_{\text{basınç}} = 76,8 \text{ mm}$$

4.3. Prototip Numune Kesme Makinası

Daha önce bilgisayar ortamında tasarlanan numune kesme makinasının parçalarının imalatı ve montajı yapılarak prototip bir makina üretilmiştir (Şekil 4.2). Numune kesme makinası laboratuvar ortamında numune kesme ve hazırlama işlemi için kullanılabilir. Kesme işlemi sırasında sıcaklık kontrolü ve tork kontrolü sağladığı için, malzeme üzerindeki oluşabilecek deformasyonları azaltır. Kesilen numunelerin, bir sonraki cihazdaki ölçüm sonuçlarında veya başka proseste elde edilen verilerinde, doğru sonuca yakın olmasını sağlamaktadır.



Şekil 4-2 Prototip numune kesme makinası

Prototip numune kesme makinası kesme işlemi sırasında elde ettiği veriler ile kesilen numunelerin kesme koşulları hakkında çıkarımlarda bulunulabilmektedir. Bundan dolayı herhangi bir malzeme için en iyi kesme koşulları belirlenebilmektedir.

4.4. Kesme Sonucunda Elde Edilen Parametreler

Kesme işlemi sonucunda elde edilen malzemeler Şekil 4.3'de gösterilmiştir. Denemelerde kullanılan kesme parametreleri Çizelge 4.1'de sunulmuştur. Aynı çizelge incelendiğinde; kesme diski çapının da ölçüldüğü görülecektir. Geliştirilen prototip numune kesme makinasında yapılan kesimlerden önce ve sonra manuel olarak disk çapı ölçülmüştür. Bu yolla diskte oluşan aşınmalar da belirlenebilmektedir. Bu şekilde malzeme türüne, kullanılan soğutma şekline, sıcaklığa bağlı disk aşınmasının nasıl etkilendiği gözlemlenebilmektedir. Ayrıca bu yolla kesici disk ömrü tespit edilebilmektedir.



Şekil 4-3. Kesme işlemi sonucunda elde edilen test parçaları

Kesme diski servo motor ile tahrik edilmektedir. Kesici disk devri değişken olabilmektedir. Kesme sırasında zorlanma ile birlikte motor miline dönme yönünün tersi yönde direnç kuvveti oluşacaktır. Oluşan bu değer kesme diskinde oluşan zorlanmadır. Çeşitli kesim şartlarında bu değer değişecektir. Motor sürücüsünden alınan yüzde dönme momenti değerine bağlı olarak kesim işleminin grafiği çıkarılmaktadır.

Malzeme Y ekseninde servo motor ile kesme diskinde göre tahrik edilmektedir. Bu motorun baskısı ile kesme işlemi gerçekleşmektedir. Y eksenini servo motoru üzerinden motor miline gelen tork değeri tespit edilebilmektedir (Çizelge 4.2). Çeşitli kesim şartlarında bu değer değişecektir. Y eksenini motor sürücüsünden alınan dönme momenti değerine bağlı olarak kesim işleminin grafiği çıkarılmaktadır. Aynı zamanda servo motor kullanılmasından dolayı ilerlemenin değişken olduğu durumlardaki şartlar da değerlendirilebilmektedir.

Kesme koşullarına bağlı olarak malzemeler üzerinde oluşan yüzey pürüzlülük değerleri de Çizelge 4.2’de sunulmuştur.

Termokupl ve sıcaklık sensörleri ile bölgesel olarak sıcaklık değerleri ölçülebilmektedir (Çizelge 4.3). Numune kesme makinasında termokupl, numune üzerine manyetik olarak kesme bölgesine tutturulur. Daha sonra malzemenin kesimi sırasında oluşan sıcaklık değişimleri kontrol sistemi tarafından kaydedilir. Bu veriler kullanılarak kesme koşullarında oluşan sıcaklık değişimleri, grafiklere dönüştürülerek de incelenebilmektedir.

Çizelge 4.1. İmalat sektöründe yaygın olarak kullanılan farklı metal malzemelerin adhezif kesme parametreleri

Numune No:	Numune Malzemesi	Sertlik (HRC)	Disk Çapı (mm)	Çap Değişimi (mm)	Kesme Hızı (m/sn)	Devir (dev/dk)	F (mm/dk)
1	AISI 4140	40	190,5	-0,5	22,26	2000	15
2	AISI 4140	50	190	-0,6	22,33	2000	15
3	AISI 1050	40	192	-0,8	22,06	2000	15
4	AISI 1050	50	191,2	-0,7	22,2	2000	15
5	AISI 1050	İndüksiyon	189,4	-0,8	22,4	2000	15
6	1.2379	40	188,6	-0,8	22,46	2000	15
7	1.2379	50	188,2	-0,4	22,53	2000	15
8	12SN Bronze	20	189,4	0	22,4	2000	15
9	Prinç	20	189,4	0	22,4	2000	15

Çizelge 4.1’deki verilere göre kesim işleminin daha kolay olacağını düşündüğümüz az sertlikte ve az alaşımlı malzemelerin kesici diski daha çok aşındırdığı gözlemlenmiştir. Kabul edilen sabit devir ve ilerlemenin, sert aynı zamanda alaşımlı malzemelere uygun yumuşak veya sünek malzemelere yetersiz kaldığı görülmüştür. Bu malzemeler için daha düşük devirde, daha yüksek ilerleme tercih edilmelidir. Pirinç ve 12 Sn Bronz malzemesinin kesiminde diskte hiç aşınma gözlenmemiştir. Yumuşak ve az alaşımlı çelik malzemelerde ise disk çapının 0,8 mm düştüğü saptanmıştır. Alaşımlı çeliklerde disk çapının yaklaşık 0,4 mm düştüğü saptanmıştır. En çok diski aşındıran malzeme 40 HRC sertlikte AISI 1050’dir.

Diğer malzemelere göre daha sünek bir yapıya sahip olan 40 HRC sertlikteki AISI 1050 malzemesine kesme diskinin dönme devri yüksek veya ilerleme değeri düşük gelmiştir. Bunun sonucunda disk ve malzeme üzerinde uygun kesme koşulları oluşmadığı için kesme işlemi kolay olması öngörülen AISI 1050 çeliği, diski en çok aşındıran malzeme olmuştur.

Çizelge 4.2' deki verilere göre malzemelerin alaşım oranı artıkça malzemedeki kesim yüzeyinin pürüzlülüğünün azaldığı gözlemlenmiştir. Aynı zamanda malzeme sertliği artıkça yüzey pürüzlülüğünün yine azaldığı gözlemlenmiştir. En az yüzey pürüzlülüğü 50 HRC sertliğe sahip 1.2379 soğuk iş takım çeliğinde görülmüştür. Başta kabul edilen sabit devir değeri düşük seçildiği için yüzey pürüzlülük değerleri bütün test malzemelerinde düşük çıkmıştır. Devir düşük seçildiği için yüzey pürüzlülüklerin düşük çıkması kesme hızının düşük kalması ile alakalıdır. Bundan dolayı kesim işlemleri için ilerlemeler artırılabilir. Bu şekilde disk ile daha fazla malzeme kesme işlemi yapılabilir. En yüksek yüzey pürüzlülüğü AISI 4140 çeliğinde çıkmıştır.

Çizelge 4.2' deki verilere göre ilerleme bütün malzemelerde sabit seçildiği için kesme süreleri 225 sn olarak aynı çıkmıştır. Ancak elde ettiğimiz parametreler bakıldığında bu sürenin çok daha kısaltılabileceği görülmektedir.

Çizelge 4.2' deki verilere göre tork değerleri karşılaştırıldığı zaman diğer kesme parametreleri ile birbirine uygun seyretmiştir. Yumuşak ve az alaşım malzemelerde tork değerlerinin daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte kesici diskin sert ve alaşım malzeme kesmeye daha uygun olduğu yorumu yapılmıştır. Maksimum disk tork değeri, 40 HRC sertlikte 1050 malzemedeki %50 olarak gözlemlenmiştir. Minimum disk tork değeri %19,9 olarak pirinç malzemedeki gözlemlenmiştir. Maksimum ilerleme tork değeri 12 Sn bronz malzemedeki %10, minimum ilerleme tork değeri 40 HRC sertlikte 1050 malzemedeki %4,8 olarak gözlemlenmiştir. İki tork değeri karşılaştırıldığında 1050 malzemenin diskte maksimum tork, ilerlemede ise minimum tork değeri çıkarttığı görülmüştür. Bunun sebebi ise malzemenin sünek olmasından dolayı kesme diskine yapışma yapması ve çıkan talaşların kırılmamasıdır. 1050 malzemenin alaşımsız olması ve yumuşak olmasından dolayı ilerleme işlemi daha kolay olmaktadır. Bundan dolayı ilerleme tork değeri düşük çıkmaktadır.

Elde edilen yüzde tork değerleri materyal bölümünde verilen servo motor tork değeri ile oranlanarak reel tork değerleri elde edilebilir.

Çizelge 4.2. Kesme esnasında oluşan dönme momentleri, kesme süreleri yüzey pürüzlülük değerleri

Numune No:	Numune Malzemesi	Sertlik (HRC)	Maksimum Disk Torku (%)	Maksimum Y Motor Torku (%)	Ra (μm)	Kesme Zamanı (sn)
1	AISI 4140	40	42,8	8,9	0,51	225
2	AISI 4140	50	40,8	7,4	0,56	225
3	AISI 1050	40	50,1	5,9	0,21	225
4	AISI 1050	50	47,8	4,8	0,3	225
5	AISI 1050	İndüksiyon	42,6	9,1	0,31	225
6	1.2379	40	34	5,3	0,15	225
7	1.2379	50	32	8	0,06	225
8	12SN Bronze	20	20,9	10	0,05	225
9	Prinç	20	19,9	9,8	0,07	225

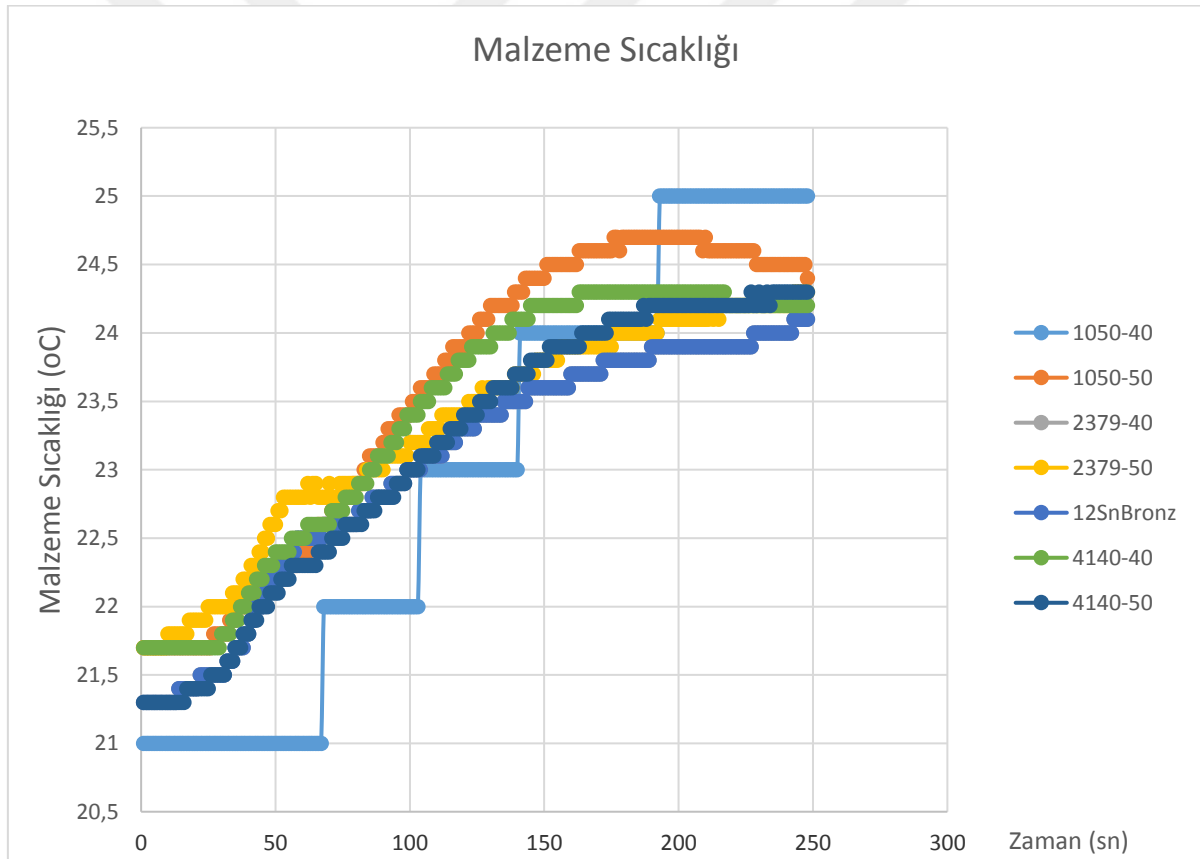
Çizelge 4.3. Kesme koşullarında ölçülen başlangıç sıcaklıkları ve oluşan maksimum sıcaklıklar

Numune No:	Numune Malzemesi	Sertlik (HRC)	Soğutma Sıvısı Başlangıç Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	Soğutma Sıvısı Maks. ($^{\circ}\text{C}$)	Disk Sıcaklığı Başlangıç ($^{\circ}\text{C}$)	Disk Sıcaklığı Maks. ($^{\circ}\text{C}$)	Malzeme Sıcaklığı Başlangıç ($^{\circ}\text{C}$)	Malzeme Sıcaklığı Maks. ($^{\circ}\text{C}$)
1	AISI 4140	40	22,2	22,6	24,8	29,4	21,7	24,3
2	AISI 4140	50	22,7	23	25,8	30,1	21,3	24,3
3	AISI 1050	40	21	21	24	27	21	26
4	AISI 1050	50	21,6	22,1	25	28,6	21,7	24,7
5	AISI 1050	İndüksiyon	23,3	23,6	25,2	29,8	22	25,5
6	1.2379	40	23,7	23,8	25,7	29,1	21,3	24,1
7	1.2379	50	23,8	24	26,5	29,2	21,7	24,3
8	12SN Bronze	20	23,2	23,3	25,45	27,15	21,8	23,6
9	Prinç	20	23,1	23,2	26	27,2	21,2	23,7

Çizelge 4.3’de malzeme üzerindeki sıcaklık parametrelerindeki en büyük değişim 40 HRC sertlikte 1050 malzemedeki gözlemlenmiştir. Başlangıç sıcaklığı 21 $^{\circ}\text{C}$, bitiş sıcaklığı 26 $^{\circ}\text{C}$ ’dir. En düşük miktarda değişim 12 Sn bronz ve pirinç malzemedeki gözlemlenmiştir. Başlangıç sıcaklığı 21,8 $^{\circ}\text{C}$ derece, bitiş sıcaklığı 23,6 $^{\circ}\text{C}$ derecedir. Bütün değerler için kesimi zor gerçekleşen 40 HRC sertlikte 1050 malzeme diski en çok zorlayan ve sıcaklık artışına sebep olan malzeme olmuştur.

Kesme diski sıcaklık değişimlerinde, en büyük değişim indüksiyonlu 1050 malzemede gözlemlenmiştir. Başlangıç sıcaklığı 25,2 °C, bitiş sıcaklığı 29,8 °C'dir. En düşük miktarda değişim 12 Sn bronz ve pirinç malzemede gözlemlenmiştir. Başlangıç sıcaklığı 26 °C, bitiş sıcaklığı 27,2 °C 'dir. Malzeme üzerindeki indüksiyon işleminden dolayı kesme işlemi sırasında malzeme kesitindeki sertlik farkından ve giriş kısmında sert bölgeden giriş yapmasından dolayı disk sıcaklığı artışı en çok bu malzeme görülmüştür. Bu artış bölgesel olarak anlık artmıştır. Bundan dolayı malzeme maksimum sıcaklık bu malzemede elde edilmemiştir.

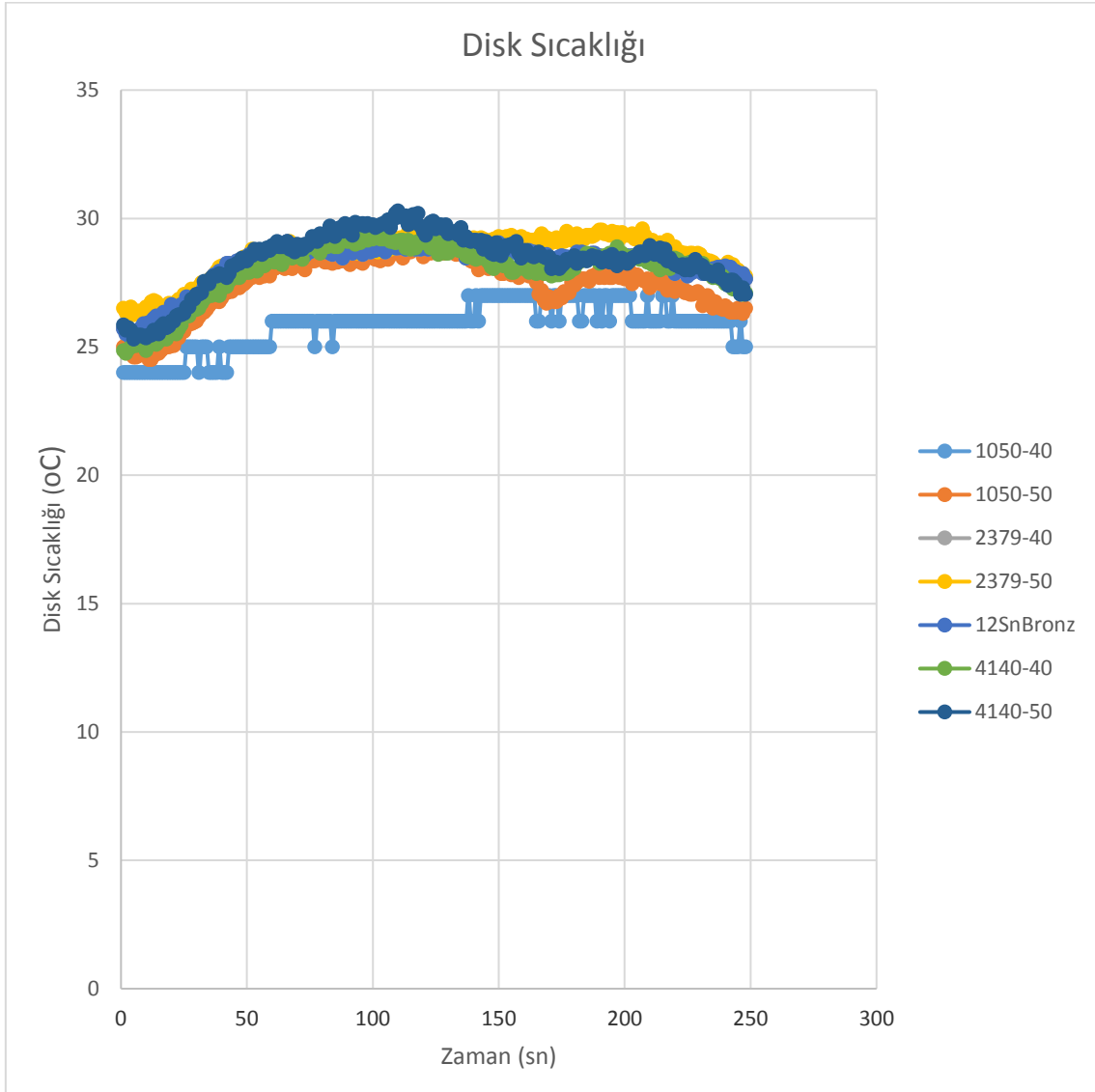
Yukarıdaki çizelgelerde elde edilen verilerin tümü deneysel veri olarak elde edilmiştir, bilimsel çalışmalarda kullanılabilir. Yapılan denemeler ile malzemelerin kesim şartları karşılaştırılabilir ve ideal kesme koşulları belirlenebilir.



Şekil 4-4. Malzeme sıcaklığı-zaman grafiği

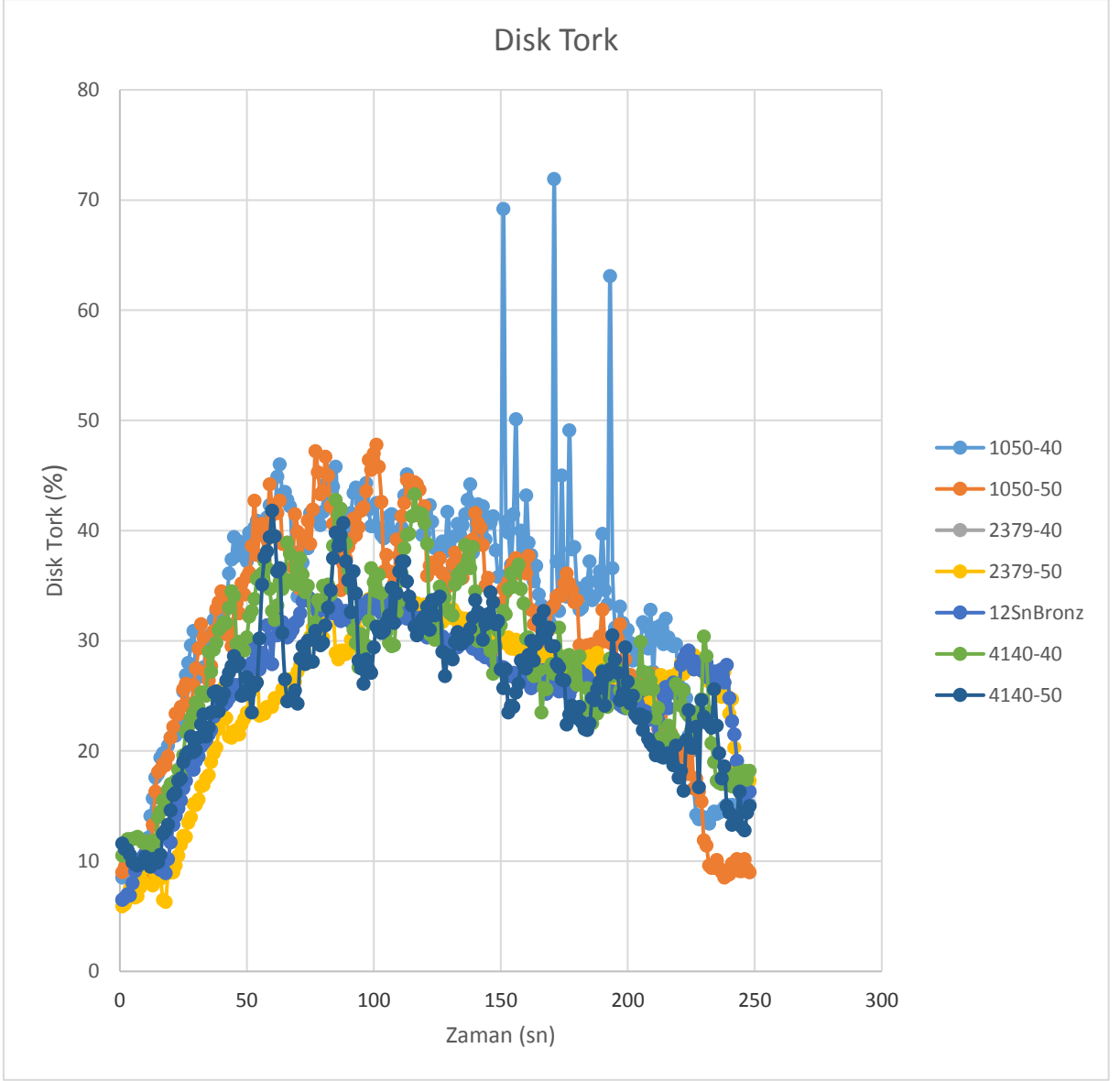
Şekil 4.4'deki grafikte malzeme sıcaklıklarının düzenli olarak arttığı gözlemlenmiştir. 1050-40 malzemesinin kesme işlemi sırasında, makinanın PLC'den okunma sıklığı tam sayı olarak ayarlanmıştır. Grafik üzerinde değişim net gözlemlenemediği için sonraki malzemelerin

kesimlerinde okuma sıklığı ondalık değere ayarlanmıştır. Bu çıkarım diğer grafikler içinde gözlemlenmiştir. Şekil 4.4’de 150. saniyeden sonra sıcaklık değişimi azalmıştır.



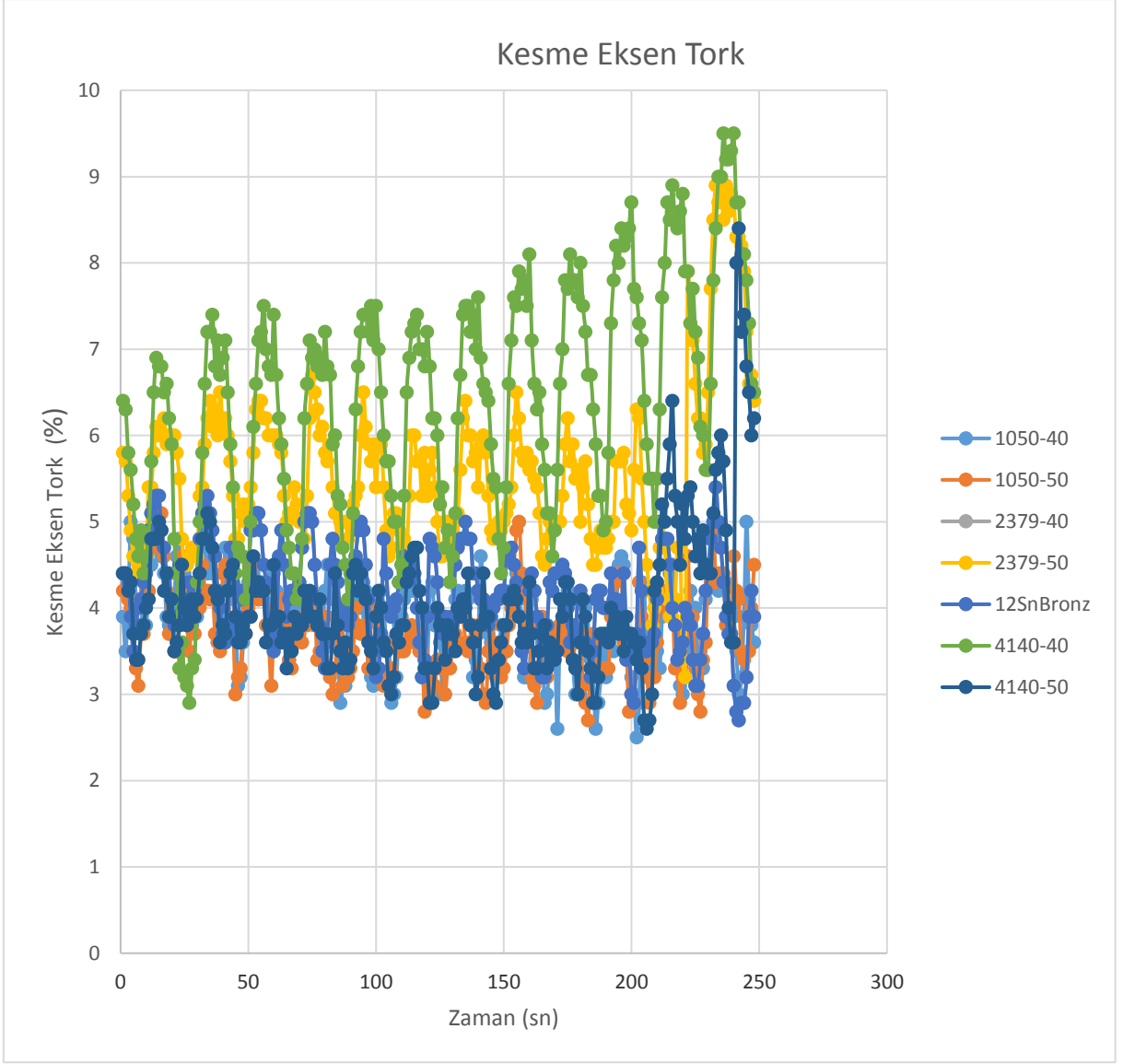
Şekil 4-5. Disk sıcaklığı-zaman grafiği

Şekil 4.5’deki grafikte tüm malzemelerde disk sıcaklıkları 120. saniyede en üst noktaya çıkmıştır. Kesme diskinin malzemedeki kesiti 120. Saniyede maksimumdur. Malzemenin kesilme kesiti sıcaklık değişimini doğru orantılı olarak doğrudan etkilemektedir. Kesilen malzemenin kesme hızı belirlenirken bu çıkarım mutlaka değerlendirilmelidir.



Şekil 4-6. Disk tork-zaman grafiği

Şekil 4.6'deki grafikte disk tork değeri sıcaklıktaki gibi kesilme kesinti ile doğru orantılı olarak değişmiştir. 1050-40 malzemenin kesilme işlemi sırasında 150. ve 200. Saniyeler arasında disk tork değeri ani yükselmeler yaptığı gözlemlenmiştir. Bunun sebebi malzemenin kopma işlemine yaklaşmasından dolayı rezonans oluşmaktadır. Rezonanstan dolayı bu bölgelerde disk sıkışmış ve grafiğe yansımıştır.



Şekil 4-7. Kesme eksen tork-zaman grafiği

Şekil 4.7'deki grafikte kopma noktasına doğru değerler bütün malzemelerde yükselmiştir. Ancak genel olarak moment diyagramı anlık net sonuçlar vermemiştir. Motor mili ile tabla arasında bulunan mekanik sistemlerden dolayı kayıplar yaşandığı düşünülmektedir. Motorun tork diyagramı, ilerleme tork diyagramı olarak grafiğimize yansımıştır.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Laboratuvar koşullarında kullanılacak metalografik numune kesme makinası tasarımı ve üretimi başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Aynı şekilde kullanılan standart ürünlerin seçim kriterleri belirlenmiştir. Bu kriterle göre tedarik işlemi yapılmıştır. Elde edilen verilere göre parçaların üretim işlemleri gerçekleştirilmiştir. Üretimde elde edilen parçalar ve standart ürünler tasarım kriterlerine göre montajlanmıştır.

Tasarımı ve üretimi yapılan numune kesme makinasında kullanılan ölçme sistemleri sayesinde, kesim sırasında veri okuma imkânı elde edilmiştir. Mevcut laboratuvarlarda kullanılan standart makinalarda bu özellikler bulunmamaktadır. Bu veri okuma özellikleri ile tez aşamasında malzemelerin kesim işlemi sırasında ki yapıları daha farklı incelenebilmiştir. Bu ölçüm sistemleri sayesinde makinanın, kesme diskinin ve soğutucunun malzemeleri kesme kabiliyetleri belirlenebilmiştir. Ayrıca ölçülen değerlerle kesme diskini çeviren motor gücü, kesme ilerlemesini belirleyen motor gücü net bir şekilde belirlenebilecektir. Daha sonraki tasarımlarda bu standart ürünleri seçerken bu veriler kullanılabilir.

Bu makinalarda kesme diski sabittir. Kesilecek numune y eksen servo motoru ile kesme diskinin baskı yapmaktadır. Bu şekilde kesim sonrasında kesme bölgesinde parlak bir yüzey elde etmektedir. Yeni yapılacak tasarımlarda makine tasarımı universal yapılabilir. Makine hem hassas kesim hem de seri, mukavemetli ve yüksek pasolu kesim yapabilecek şekilde dizayn edilebilir. Bunun için kesme diski de malzemeye doğru hareket ettirilebilir.

Numune parça kopmaya doğru geçtikten sonra, sabit olmamasından dolayı titreşime maruz kalmıştır. Numune üzerindeki yüzey pürüzlülük değeri artmaktadır. Ayrıca titreşimden dolayı kesici diske zarar gelmektedir. Bundan dolayı bağlantı sistemi geliştirilerek kopan parçada kesim işlemi sırasında sabitlenebilir.

Ayrıca parça bağlantısı sırasında daha seri olabilmesi ve daha güvenli olabilmesi adına makine mengenesi sistemleri manuel sıkmalı yerine, pnömatik sıkmalı olarak dizayn edilebilir.

Numune kesme işleminde çıkan talaşların toz şeklinde olmasından kaynaklı filtre erken tıkanmıştır. Filtre kaldırıldığında ise metal tozları pompaya zarar vermiştir. Bundan sonraki tasarımlarda manyetik filtre kullanılabilir.

İlerleme tork değeri sistem üzerinde verimli bir şekilde ölçülememiştir. Bunun sebebi motor ile tabla arasındaki mekanik sistemlerdeki kayıplar olduğu gözlemlenmiştir. Daha sonra yapılacak tasarımlarda vidalı mil ve kaplin aktarma yerine zaman kayışlı hareket aktarma sistemi tercih edilebilir.

Yapılan testlerde kesme işlemleri öncesinde ve sonrasında disk çapı kumpas ile manuel olarak ölçülmüştür. Daha sonra yapılacak sistemlerde hassas mesafe sensörü ile çap ölçme işlemleri gerçekleştirilebilir. Bu sayede kesme sırasında zamana bağlı olarak kesme diskinin aşınma parametresi gözlemlenebilir.

Kesme işlemleri sırasında okunan verilen okuma sıklığı projede ondalık artış olarak ayarlanmış ve testler buna göre yapılmıştır. Daha sonraki yapılacak kesimlerde daha detaylı analiz yapabilmek için okuma sıklığı yüzdelik artış olarak programlanabilir.

Kesme işlemleri yapılan malzemelerde kaliteli ve ucuz bir kesim elde edebilmek için uygun kesme hızı değeri ve soğutma şekli sağlanması gerektiği gözlemlenmiştir. Bizim deneylerde seçtiğimiz kesme koşulları 40 HRC sertlikte 1.2379 soğuk iş takım çeliği malzeme için en uygun değerler olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

- Avcu E. (2011). *Farklı büyüklüklere sahip aşındırıcı partikül karışımlarının Ti6Al14V alaşımının erozif aşınma davranışına etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi), Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Anderson D., Warkentin A. ve Bauer R. (2011) "Experimental and numerical investigations of single abrasive grain cutting", *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 898-910.
- Binder, M., Klocke, F., ve Doebbeler, B. (2017). Abrasive wear behavior under metal cutting conditions. *Wear*, 376, 165-171.)
- Braz, C. O., Ventura, C. E. H., de Oliveira, M. C. B., Antonioli, A. Í. S., ve Ishikawa, T. (2019). Investigating the Application of Customized Abrasive Cutoff Wheels with Respect to Tool Wear and Subsurface Integrity in Metallographic Cutting of Pure Titanium. *Metallography, Microstructure, and Analysis*, 1-7.
- Çelik, H. S. (2010). *ZA-27 alaşımının abrazif aşınma performansının incelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi), Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Elitaş. R., ve Çiftçi, İ. (2017) "Sertleştirilmiş AISI 52100 Malzemenin Aşındırıcı Diskle Kesilmesinin Araştırılması." *TÜBAV Bilim*, 10:1-10
- Kaczmarek, J. (2008). The effect of abrasive cutting on the temperature of grinding wheel and its relative efficiency. *Archives of civil and mechanical engineering*, 8(2), 81-91.
- Metkon. (2018). Erişim adresi http://www.metkon.com/pdf/Metkon_Metacut_251_351_tr.-pdf
- Metkon. (2018). Erişim adresi http://www.metkon.com/katalog/sarf_katalog_tr.pdf
- Neugebauer R., Hess K. U., Gleich S., ve Pop S. (2005) Reducing tool wear in abrasive cutting, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 1120-1123.
- Ni, J., Yang, Y., ve Wu, C. (2019). Assessment of water-based fluids with additives in grinding disc cutting process. *Journal of cleaner production*, 212, 593-601.
- Nosenko, V. A., ve Krutikova, A. A. (2019). Improving abrasive tool cutting properties with the use of impregnators that emit chemically active gas media during thermal decomposition. *Materials Today: Proceedings*.

- Polini, W., ve Turchetta, S. (2007). Monitoring of diamond disk wear in stone cutting by means of force or acceleration sensors. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 35(5-6), 454-467.
- Putz, M., Cardone, M., ve Dix, M. (2017). Cut-off grinding of hardened steel wires-modelling of heat distribution. *Procedia CIRP*, 58, 67-72.
- Rakhimyanov, K., Yanpolskiy, V., ve Kadyrbaev, R. (2019). Forming of the Structure and Properties of the Loaded Layer in Abrasive Discs During Grinding of Carbon steels. *Materials Today: Proceedings*, 11, 15-19.
- Saraçyakupoğlu, T. (2012), *Aşındırıcı su jeti ile kesmede malzeme, basınç, ilerleme hızı ve su jeti çapının yüzey kalitesine etkisinin analizi*. (Doktora Tezi), Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 102- 120.
- Sevim, İ. (1998). *Çeliklerin abrasiv aşınmasında aşındırıcı tane büyüklüğünün aşınma direncine etkisi*. (Doktora Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

EKLER



ÖZGEÇMİŞ

1992 yılında Tekirdağ'da doğdu. Lise öğrenimini ise Gönen Anadolu Lisesinde yaptı. (2006-2010). 2015 yılında Kocaeli Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 2010 yılında Çorlu'da Doğan Mekatronik firmasında iş hayatına başladı. Halen Doğan Mekatronik firmasında uzman tasarım mühendisi olarak çalışmaktadır.

