

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



**ŞERİT TESTERE İLE KESME İŞLEMİNDE KESME  
PARAMETRELERİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ**

**AHMED MULAİTAT**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Jüri Üyeleri:**     **Prof. Dr. Ali ORAL**  
                          **Prof. Dr. Kadir ÇAVDAR**  
                          **Doç. Dr. Alaaddin TOKTAŞ**

**BALIKESİR, KASIM – 2022**

## ETİK BEYAN

Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak tarafımda hazırlanan “**Şerit testere ile kesme işleminde kesme parametrelerinin deneysel olarak incelenmesi**” başlıklı tezde;

- Tüm bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Kullanılan veriler ve sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Tüm bilgi ve sonuçları bilimsel araştırma ve etik ilkelere uygun şekilde sunduğumu,
- Yararlandığım esere atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, beyan eder, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ederim.

**Ahmed MULAİTAT**

(imza)

## ÖZET

**ŞERİT TESTERE İLE KESME İŞLEMİNDE KESME  
PARAMETRELERİNİN DENEYSEL OLARAK  
İNCELENMESİ  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
AHMED MULAİTAT  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. ALİ ORAL)  
BALIKESİR, 17.11.2022**

Testerelerde dişlerin kesme hareketi karmaşıktır. Kesme işlemi sırasında kesici uçların aşınması kaçınılmaz bir olaydır fakat üretim maliyetinin fazla olmaması için takımın aşınma süresi uzatılmalıdır. İşleme zamanı fazla etkilemeden bu olayı gerçekleştirmek için en uygun kesme parametreleri belirlenmelidir. Aşınmayı etkileyen birçok kesme parametreleri bulunmaktadır ve bunların optimum değerlerini belirlemek kolay değildir. Bu yüzden hem teorik hem de deneysel yollar izlenmeli ve araştırmalar yapılarak optimum değerler tespit edilmelidir. Metal kesme işleminde yaygın kullanılan makinelerden biri şerit testere tezgahlarıdır. Bu testerelerin çalışma ortamı, şartları, tasarımı, kesilecek parça geometrisi, kesici takım özellikleri ve kesme parametreleri, kesme verimini önemli derecede etkilemektedir. Bu çalışmada ilerleme ve kesme hızlarına farklı değerler vererek, kesici takımda kullanılan malzeme ve kesilecek numunelerin malzemesini belirleyerek kesme zamanı, kesici takımın ısınmasını ve aşınmasını, kesilecek numunelerin yüzey pürüzlülüğü, testerenin sapma değerleri ve motorun akımını ölçülerek, kesme parametrelerinin optimum değerlerinin bulunması hedeflenmektedir. Ayrıca teorik yollarla hesaplanan kesme kuvvetleriyle karşılaştırmalar yapılmıştır.

Kesme işlemine etki eden önemli parametrelerden ikisi olan ilerleme hızı ve kesme hızı parametreleri dikkate alınarak kesme işlemi gerçekleştirilmiştir. Kesme hızı ve ilerleme hızı değerleri, takım özellikleri ve kesme işlemine göre değerleri belirlenerek ilk deney grubu oluşturulmuştur. Ardından ilk deney sonuçlarına göre yeni kesme ve ilerleme hız değerleri belirlenmiştir. Üretimde kesme işlemi optimize edebilmek için tüm kesme parametrelerini bir bütün olarak değerlendirmek gerekir. İlerleme hızı sabit tutulup kesme hızı arttırıldıkça diş başına düşen talaş ve kuvvet miktarı düşmektedir. Kesme hızı sabit tutulup ilerleme hızı arttırıldıkça diş başı düşen talaş ve kuvvet miktarı artmaktadır.

**ANAHTAR KELİMELER:** Metal kesme işlemi ,şerit testere ,aşınma olayı, optimum kesme değerleri.

## **ABSTRACT**

**EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF CUTTING PARAMETERS  
IN BAND SAW CUTTING PROCESS  
MSC THESIS  
AHMED MULAITAT  
BALIKESIR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE MECHANICAL  
ENGINEERING  
(SUPERVISOR: PROF. DR. ALI ORAL )  
BALIKESİR, 17.11.2022**

The saw cutting process is too complex, the wear out of the cutting teeth edges during the cutting operation is an inevitable event. The wear out time of the tool should be extended as possible to reduce the production cost, most appropriate cutting parameters should be determined to realize this event without affecting the cutting time too much, there are excess cutting parameters that affect the wear out event and it's not easy to determine their optimum values, so both theoretical and experimental ways are followed to do this process. It's tried to obtain optimum values by researching. Band saw machines is one of the most commonly machines that use in metal cutting process. The working environment and conditions, machines design, part material, cutting tool and cutting parameters of saw effect the cutting efficiency significantly. In this study we want to find the optimum values of the cutting parameters by giving different values to the feed and cutting speeds, by determining the material that used in cutting tool and the material of samples that will cut. Measuring the cutting time, the heating and wear out of the cutting tool, the surface roughness of the samples, the deviation values of the saw and the current of the motor. It is also compared with the cutting forces calculated by theoretical means.

The cutting process was carried out by the parameters of feed rate and cutting speed, which have the most important effects on the cutting process. The first experimental group was made by determining the values for the cutting speed, feed rate according to the tool properties and cutting process specifications. Based on the first experimental group, new cutting and feed rate values were determined. In order to optimize the cutting process in production, cutting parameters are evaluated as a whole. The fate contribution that each parameter affects is calculated. While the feed rate is constant and the cutting speed increases, the amount of chip and force per tooth decreases. While the cutting speed is constant and as the feed rate increases, the amount of chip and force per tooth increases.

**KEYWORDS:** Metal cutting process, band saw, wear, optimum cutting values.

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>iv</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	<b>v</b>
<b>SEMBOL LİSTESİ</b> .....	<b>vi</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>vii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1 Kapsam.....	2
1.2 Amaç.....	3
<b>2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI</b> .....	<b>5</b>
<b>3. TESTERE TEZGAHLARI VE TALAŞ KALDIRMA İŞLEMİ</b> .....	<b>10</b>
3.1 Testere Tezgahlarıyla Kesme İşlemin Tanıtımı.....	10
3.2 Dairesel ve Şerit Testere Tezgahları.....	10
3.2.1 Dairesel Testere Tezgahları .....	11
3.2.1.1 Dairesel Testere Tezgahların Kısımları .....	11
3.2.2 Şerit Testere Tezgahları .....	11
3.2.2.1 Yatay Şerit Testere Tezgahları.....	12
3.2.2.2 Dikey Şerit Testere Tezgahları.....	12
3.2.3 Şerit Testereyle Kesmede Kesme Parametrelerin Takım Ömürüne Etkisi .....	13
3.2.4 Şerit Testeredeki Diş Yerleşim Düzenleri.....	13
3.2.5 Testere Şeridindeki Diş Geometrisi ve Özellikleri .....	14
3.2.6 Şerit Testere Takım Seçimi.....	16
3.2.6.1 Malzemelerine Göre Testere Şeritleri.....	16
3.2.7 Kesme Sıvıları .....	17
3.2.7.1 Kesme Sıvıların Özellikleri ve Sınıflandırması.....	17
3.2.7.2 Kesme Sıvıların Çeşitleri.....	18
<b>4. DENEYLER VE TEORİK HESAPLAMALAR</b> .....	<b>21</b>
4.1 İlk Deney Grubunun Kesme Kuvveti Hesaplanması.....	23
4.2 İkinci Deney Grubunun Kesme Kuvveti Hesaplanması .....	30
4.3 Deney Numune Resimleri.....	35
<b>5. SONUÇ VE TARTIŞMA</b> .....	<b>40</b>
<b>6. SONUÇLAR</b> .....	<b>42</b>
<b>7. KAYNAKLAR</b> .....	<b>44</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	<b>47</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 2.1: Kesme hızı ilerleme hızı ve kesme derinliği parametreleri ile yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişki.....	6
Şekil 2.2: Kesme hızı ilerleme hızı ve kesme derinliği parametreleri ile güç tüketimi arasındaki ilişki.....	6
Şekil 2.3: Kesme işleminde kesme kuvvet bileşenleri.....	8
Şekil 3.1: Dairesel testere tezgahı.....	11
Şekil 3.2: Yatay şerit testerenin bileşenleri.....	12
Şekil 3.3: Dikey şerit testerenin bileşenleri.....	12
Şekil 3.4: Dişlerin yerleşim düzenleri.....	13
Şekil 3.5: Şerit testere diş adımları.....	14
Şekil 3.6: Diş geometrisi ve kesme açıları.....	15
Şekil 3.7: Şerit testerenin parametreleri.....	15
Şekil 3.8: Bimetal şerit testere yapısı.....	16
Şekil 3.9: Karbür uçlu şerit testere.....	17
Şekil 4.1: Deneyde kullanılan testere tezgahı.....	21
Şekil 4.2: Deneyde kullanılan şerit testere M42.....	22
Şekil 4.3: 1.Deneyde farklı ilerleme ve kesme hız değerlerinde tek büyük dişe düşen kuvvet.....	29
Şekil 4.4: 1.Deneyde farklı ilerleme ve kesme hız değerlerinde tek küçük dişe düşen kuvvet.....	29
Şekil 4.5: İlk deney gruptan ortaya çıkan parçalardan biri .....	30
Şekil 4.6: 2.Deneyde farklı ilerleme ve kesme hız değerlerinde tek büyük dişe düşen kuvvet.....	33
Şekil 4.7: 2.Deneyde farklı ilerleme ve kesme hız değerlerinde tek küçük dişe düşen kuvvet .....	33
Şekil 4.8: Parçanın yüzeyindeki şekil ve dalgalanmalar.....	34
Şekil 4.9: 2.Deneyde ilerleme hızı 34 mm/dak ve kesme hızı 68 m/dak kullanılarak ortaya çıkan yüzey.....	35
Şekil 4.10: 2.Deneyde ilerleme hızı 30 mm/dak ve kesme hızı 60 m/dak kullanılarak ortaya çıkan yüzey.....	35
Şekil 4.11: 2.Deneyde ilerleme hızı 30 mm/dak ve kesme hızı 68 m/dak kullanılarak ortaya çıkan yüzey.....	36
Şekil 4.12: 2.Deneyde ilerleme hızı 30 mm/dak ve kesme hızı 76 m/dak kullanılarak ortaya çıkan yüzey.....	36
Şekil 4.13: 2.Deneyde ilerleme hızı 37 mm/dak ve kesme hızı 60 m/dak kullanırken ortaya çıkan yüzey.....	37
Şekil 4.14: 2.Deneyde “Program tamamlandı yeni program için resetleyiniz” gösteren ekran görüntüsü.....	37
Şekil 4.15: Otomatik çalışma ekran görüntüsü.....	37
Şekil 4.16: İstatistik ekran görüntüsü.....	38
Şekil 4.17: Makinenin kontrol paneli.....	38
Şekil 4.18: Numune tutma parçaları.....	38
Şekil 4.19: Farklı ilerleme ve kesme hızlarına göre ortaya çıkan yüzey pürüzlülüğü.....	39

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

<b>Tablo 2.1:</b> Deneylerde kullanılan kesme parametrelerinin değerleri.....	8
<b>Tablo 4.1:</b> BMSO-420 XS tezgaha ait teknik özellikleri.....	22
<b>Tablo 4.2:</b> İlk deney grubuna ait kesme ve ilerleme hız değerleri.....	23
<b>Tablo 4.3:</b> İlk deney grubun talaş boyutlarının hesaplanması .....	24
<b>Tablo 4.4:</b> Ks1.1 ve Z faktörlerinin ve Kh değerleri.....	26
<b>Tablo 4.5:</b> Sert metal plaketsli freze başlıkları için v kesme hızları ve ilerleme değerleri.....	27
<b>Tablo 4.6:</b> İlk deney grubun kesme kuvvetleri.....	27
<b>Tablo 4.7:</b> İlk deney grubun farklı derinliklerde temasta olan diş sayısına göre toplam kuvvet değerini hesaplanması.....	28
<b>Tablo 4.8:</b> İkinci deney grubuna ait kesme ve ilerleme hız değerleri.....	30
<b>Tablo 4.9:</b> İkinci deney grubunda talaş boyutlarının hesaplanması .....	31
<b>Tablo 4.10:</b> İkinci deney grubunda kesme kuvvet değerlerinin hesaplanması.....	31
<b>Tablo 4.11:</b> İkinci deney grubunda farklı derinliklerde temasta olan diş sayısına göre toplam kuvvet hesaplanması.....	32
<b>Tablo 4.12:</b> İkinci deney ilerleme ve kesme grubuna ait ortalama yüzey pürüzlüğü.....	34

## SEMBOL LİSTESİ

<b>F<sub>s</sub></b>	: Kesme kuvveti (N)
<b>k<sub>s</sub></b>	: Kesme sabiti (N/mm <sup>2</sup> )
<b>A<sub>s</sub></b>	: Talaş kesidi (mm <sup>2</sup> )
<b>b</b>	: Talaş genişliği veya şerit kalınlığı (mm)
<b>p</b>	: Diş adımı (mm)
<b>V<sub>f</sub></b>	: İlerleme hızı (mm/dak)
<b>V<sub>c</sub></b>	: Kesme hızı (m/dak)
<b>K<sub>s</sub></b>	: Kesme sabiti (N/mm <sup>2</sup> )
<b>K<sub>sh</sub></b>	: Özgül kesme kuvveti (N/mm <sup>2</sup> )
<b>K<sub>Y</sub></b>	: Talaş açısı faktörü
<b>K<sub>a</sub></b>	: Takım aşınma faktörü
<b>K<sub>ty</sub></b>	: Takım malzemesi faktörü
<b>k<sub>λ</sub></b>	: Kesme hız faktörü
<b>Y</b>	: Takımın efektif talaş açısı (Derece)
<b>Q</b>	: Talaş uzunluğu (mm)
<b>C</b>	: Öz ısı (kJ/ kg.°C , kJ/kg.K)
<b>L</b>	: Sınırlandırılan uzunluk (mm)
<b>H</b>	: Geometrik profil üst sınırı
<b>M</b>	: Profil ortalama çizgisi
<b>R<sub>a</sub></b>	: Ortalama pürüzlülük değeri ( μm)
<b>R<sub>t</sub></b>	: Pürüzlülük yüksekliği (μm)
<b>R<sub>max</sub></b>	: En büyük pürüzlülük değeri (μm)



## ÖNSÖZ

Bu tez çalışmamda lisans eğitimim başından beri tanıdığım, mükemmel anlatma üslubu ve hoş sohbetli yüksek lisansa başvuru yapmadan önce bile tez çalışmasının verimli olması için kendisiyle çalışmak istediğimi söylediğim ve bana danışmanlık yapmayı kabul etmesiyle beni mutlu eden değerli hocam Prof.Dr.Ali ORAL, araştırmamızda bize eşlik eden değerli hocamız Prof.Dr.Kadir ÇAVDAR, Türkçe dil bilgisi kurallarına hakim Kadir KESKİN ve Mehmet DEMİRASLAN arkadaşlarıma. Deneyleri yapmamız için bize şans veren Bekamak firması özellikle ArGe bölümünde Hasan Ali Civelek ve Berkan Alisinoğlu, lisans ve yüksek lisans eğitimi veren Balıkesir Üniversitesi'ne, en önemlisi benim öğrenmem için çabalayan ve benim iyi yerlere geleceğimi inanan ve gurur duyduğum babam Ghassan MULAİTAT ve değerli ailemi unutmadan herkese teşekkür ederim.

**Balıkesir, 2022**

**Ahmed MULAİTAT**

# 1. GİRİŞ

Doğa ve yaşam koşulları değişmesiyle birlikte insanların yaşam ihtiyaçları ve istekleri sürekli değişmekte ve artmaktadır. Bu yüzden teknolojinin sürekli gelişmesi gerekmektedir. Sanayilerde insan ve makine yardımıyla üretim yapılmakta olup bu çalışmalarda iş kazalarına sebep olan ve iş maliyetini arttıran hatalar bulunmaktadır. Araştırmalara göre insandan kaynaklanan hatalar tezgahlardan oluşan hatalara göre fazladır. Bu hataları azaltmak insanların işini kolaylaştırmaktadır. Üretimde kullanılan makineler üzerinde mühendisler ve araştırmacılar tarafından sürekli gelişmeler ve düzeltmeler yapılmaktadır. Üretimde çoğu parça talaşlı ve talaşsız imalat yöntemlerinden geçmektedir. Soğuk çekme, sıcak çekme, döküm, dövme ve kaynak talaşsız imalat yöntemlerindedir. Talaşlı imalat ise tornalama, frezeleme, delme, kesme vb. gibi işlemlerdir.

Kesme işleminde testere üzerinde bulunan kesici dişler farklı kuvvetlere maruz kalmaktadır. Bu nedenle kesici takımlarda istenmeyen hasarlar meydana gelmektedir. Testere dişlerinde oluşan hasarı engellemek için kesme parametreleri uygun bir şekilde seçilmesi gerekmektedir. Kesme işleminde çok sayıda değişken olduğu için uygun parametrelerinin seçilmesi bazen imkânsız olmaktadır. Bu yüzden sürekli deney yapılması gerekmektedir. Deney sayısını arttırmak doğru sonuca götürebilir fakat ne kadar çok deney o kadar zaman kaybı demektir. Bu yüzden numune ve kesici takım masrafları artmaktadır.

Mümkün olduğunca az deney sayısı ile doğru sonuçlara ulaşmak amaçlanmalıdır. Bu işlemi sağlayan yöntemler bulunmaktadır. Parametreleri belirlemek için kullanılan yöntemlerden biri TAGUCHI'dir. Kesme işlemini ilk olarak farklı kesme parametrelerinde kullanarak deneyler yapılır. Yapılan deneylerde güç tüketimi ve kesme kuvvetleri değerleri elde edilmektedir. Elde edilen bu değerlerin varyans analizleri yapılır ve tablolar oluşturulur. Bu analizlerle optimum değerler belirlenir.

Bu çalışmada kesme işleminde kullanılan yatay testere tezgâhı kullanılmıştır. Testere ile yapılan kesme işlemini incelenmektedir. Kesme parametrelerini optimum değerlerini bulmak amacıyla, kesme parametrelerinden ilerleme ve kesme hızlarını kesici takımın özelliklerini de dikkate alarak farklı değerlerde deneyler yapılmıştır. Teorik olarak hesaplanan kesme kuvveti değerleri ve deneyden elde edilen parçaların yüzey özelliklerinden yola çıkarak yorumlar yazılmıştır.

## 1.1 Kapsam

Endüstriyel çalışmalarda insanların ihtiyaçlarını ve işlerini kolaylaştıran makineler kullanılmaktadır. Bu makineler sayesinde insan gücüne göre ağır, zor, uzun zaman alan benzer işler yapılmaktadır. Söz konusu makineleri üretmek için kullanılacak olan parçalar ham ve yarı mamul malzemeler halinde hazırlanmaktadır. Bu malzemeler son işleme sokularak tezgâhın ortaya çıkması için montaja uygun hale getirilir. Parçalar doğadan hammadde olarak alındıktan itibaren montaj için uygun hale gelene kadar çok fazla işlemden geçmektedir. Günümüzde talaşlı imalat olarak tanımlanan işlem bunlardan biridir ve talaş kaldırma işlemi üretim işlemlerinin en önemlisidir. Üreticinin değişen dünyada sürekliliği sağlayabilmesi ve yarışta kalabilmesi için minimum maliyet ve minimum zamanda talep edilen kriterlere göre üretim yapmasına bağlıdır.

Talaşlı imalat işlemi adından anlaşılacağı gibi işlenecek malzemeden talaş kaldırarak kullanıma uygun hale gelmesi için bir boyuttan başka bir boyuta getiren eylemdir. Talaş kaldırmak için kesici takım kesinlikle birkaç özelliğe sahip olmalıdır. Sert, tok, kimyasal olarak stabil olması ve son olarak dayanıklı olmasıdır. Sert olma ihtiyacı takımın kolayca aşınmaması ve şekil verme olayına dayanıklı olmasından kaynaklanır. Tok olma nedeni ise kırılmaya karşı dayanabilmesidir. Oksitlenmeye ve difüzyona dayanabilmesi için kimyasal olarak sabit durumda olmalıdır. Bu özellikler kesici takımlarda farklı miktarda bulunur. Bunun sebebi ise kesilecek veya taşlanacak malzemelerin özelliklerinin farklı olmasıdır. Örneğin; çelik, paslanmaz çelik ve dökme demir gibi malzemelerin kesme işleminde sertlik değerine göre karbür, PCBN (polikristalin kübik boron nitrit) ve PCD (poli kübik elmas) gibi kesici takımlar kullanılmaktadır.

Talaş kaldırma işlemi kesici takımdaki ve işleme parçasındaki dönme veya öteleme hareketinden doğar. Talaşı koparmak için iş paçasının hareketi kesicinin hareketine göre bir farka sahip olmalıdır. Bu farka izafi veya relatif hareketi denir. Bu hareketin birkaç tipi vardır: kesme hareketi, ilerleme hareketi ve yardımcı hareket. Kesme hareketi kesici takımın parçaya dokunarak yani talaş kaldırarak yaptığı harekettir. Hem parçanın hem de kesici ucun hareketinden kaynaklanır. İlerleme hareketi ise kesici kalemin parçaya doğru yaptığı doğrusal harekettir. Bu hareket iş paçasının uzunluğu, derinliği ve genişliği boyunca işlenmesini sağlayan harekettir. Son olarak yardımcı hareket bilinen kesici takımın işlenecek parçaya göre konumlandırmasını sağlayan harekettir. Bu hareket tipleri sayesinde yapılan talaş kaldırma işlemine (kesme, delik delme, kanal açma frezeleme vb.) etki eden kesme

parametreleri bulunmaktadır. Kesme işlemine etki eden en önemli faktörler aşağıda belirtilmiştir.

### **1. Kesme Kuvvetlerinin Etkisi**

Testere ile kesmede bir miktar talaş kaldırmak için çok ağızlı dişleri olan takımın iş parçasına itilmesi ile gerçekleşir. Yüksek kayma düzlemi açısı, küçük kayma düzlemi (küçük kayma kuvveti), kesme kuvveti, güç ve sıcaklık demektir.

### **2. Kesme Hızın Etkisi**

Kayma gerilmesi malzemenin bir özelliğidir ve kesme esnasında sabit kaldığını gösterir. Kayma uzaması kesme hızının bir fonksiyonu olarak azalır. Bu nedenle bir miktar talaş hacmini kaldırmak için gerekli kayma enerjisi kesme hızı artarken azalır.

### **3. İlerleme (Dalma) Hızın Etkisi**

İlerleme hızı, kaldırılacak talaş, kesme ve itme kuvvetleriyle paralel bir ilişki içinde bulunmaktadır. Yani iş parçasına dalma hızı artarsa diş başına kaldırılan talaş miktarı, kesme ve itme kuvvetlerinin artmasına neden olur. Böylece enerji tüketimi artar.

### **4. İş Paçasının Geometrisi**

Yapılan araştırmalara göre parçanın boyutlarının değişmesi, diş başına kesme derinliği ve kesme sabitinde az etkiye sahiptir.

## **1.2 Amaç**

Testere ile kesme işlemine etki eden parametreler çoktur. Kesme işleminin yapılacağı ortam, çıkan ürünlerde istenilen hassasiyet, kesici takım ömrü ve kesme işlemin maliyetine göre en çok etki eden parametreler dikkatte alınır. Kesme işleminin uygun olması için belirlenen kesme parametrelerine optimum kesme değerleri verilmesi gerekmektedir. Bu değerleri belirlemek için teorik analizler yetersiz kalmaktadır. Bu yüzden teorik analizle birlikte deneysel çalışmalar da yapılmalıdır. Kesme ortamı, kullanılacak testerenin diş sayısı, cinsi ve tipi, kullanılacak tezgâh gibi kesme işleminde bilinen verileri kullanarak kesme deneyler yapılır ve deneylerden çıkan sonuçlar değerlendirilerek optimum değerler bulunur. Aynı zamanda teorik yolla beklenen sonuçların yapılan deneylerin sonuçlarına eşit olup olmadığı araştırılır. Eşit değilse sapma miktarını belirlemek için analizler yapılmalıdır.

Literatürde kesme işleminde optimum kesme parametreleri belirlemek için yapılan araştırmalar yeterli değildir. Türkiye Sanayisinde testereyle yapılan kesme işleminde kullanılan kesme parametreleri genellikle kesici takım üreticisi tarafından verilen katalog ile verilir. Bu değerler kullanılacak tezgâh, ürünlerde istenilen hassasiyet, çalışma ortamı ve her müşteri için aynı olamaz. Bu kesme parametreleri bir müşteriye uygun olabiliyorken bir başka müşteriye uygun olmayabilmektedir. Bu sebepten dolayı bu parametrelerin en iyi değerlerini belirleme işleminde kullanılan yöntemler ve formüller elde edilebilirse her müşteriye uygun kesme parametrelerini belirlemede mümkün olacaktır. Bu araştırmanın amacı, kesici testerenin farklı üretim sahalarında ömrünü uzatabilmek ve üretim maliyetlerini düşürmektir.

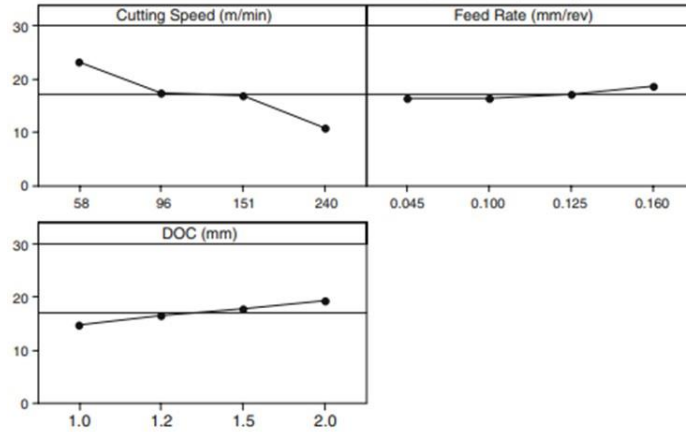
## 2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

Pin Li, Jianshe Feng, Feng Zhu , Hossein Davari, Liang-Yu Chen ve Jay Lee ark. derin öğrenme yöntemleri kullanarak kesme parametrelerinin optimum değerlerini belirlemek için çalışma yapmışlardır. Kesme hızı, ilerleme hızı ve diğer kesme parametre değerleri belirlenirken doğru seçilmelidir. Aksi takdirde farklı sorunlara neden olabilir. Kesme hızının olması gereken değerden yüksek girerse, testerede aşırı titreşime sebep olur. Bu nedenle testere dişlerinin normal aşınma süresi daha kısa zamanda gerçekleşir. Aynı zamanda kesme hızı olması gereken değerlerden düşük seçilirse, testerenin kesim verimliğinin yüksek miktarda düşmesine neden olur. Kesme parametreleriyle birlikte makinede çalışan operatörün tecrübesi önemli bir rol oynamaktadır. Mesela farklı kesme operasyonları yapan ve efektif tecrübesi olmayan bir ustanın tutarlı bir kesim elde etmesi güçtür. Aynı zamanda yeni başlayan operatörlerin düzgün kesme işlemi yapmaları zordur. Bu tecrübe ihtiyacı özellikle geliştirilmemiş klasik tezgahlarla kesme işlemi yaparken yaşanmaktadır. Bu yüzden (Li, P., Feng, J., Zhu, F., Davari, H., Chen, L.-Y., & Lee,) yaptıkları çalışmada insan etkisinin olabildiğince az olan tezgahlarla ve gelişmiş yöntemleri kullanarak denemeler yapmışlar. Araştırmada analiz için dokuz adet bıçaktan veri toplamışlar. Sekiz bıçaktan gelen veriler, CNN modelini oluşturmak için bir bıçaktan alınan veriler test için kullanılmıştır. Sonuçların rastgeleliğini azaltmak için kullanılan 4 modelin tümü on kez test etmişler. CNN yöntemi bu dört model arasında en iyi performansı göstermiştir. Bu yöntem sayesinde kesme parametreleri, kesme ortamı ve kesme verimliği arasındaki karmaşık ilişkilerin tespit edilmesinde diğer klasik makine kesme yöntemlerine göre daha efektif bir yöntem olduğunu ispatlamışlardır.

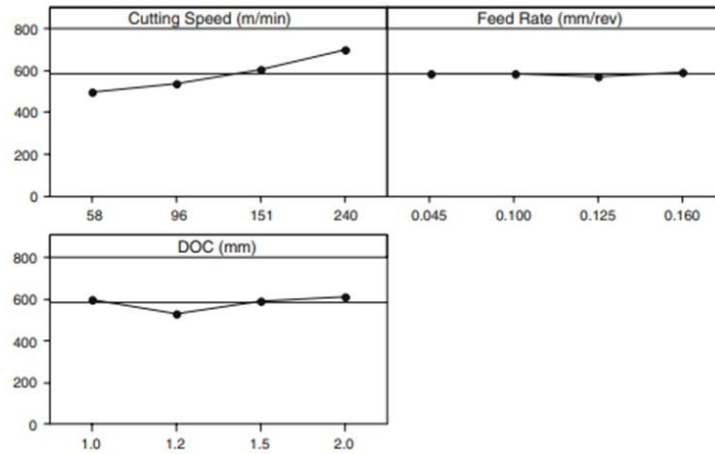
2009 yılında Bhattacharya, A., Das, S., Majumder, P., & Batish, A. yapmış oldukları çalışmada Taguchi Yöntemini kullanarak yüzey pürüzlülüğü ve güç tüketimi miktarına en çok etki eden parametrelerin kesme parametresi ve kesme hızı olduğunu belirtmiştir. Kesici takım geometrisi ve malzemesi, uygulama yöntemi ve soğutma sıvı parametreleri bu çalışmada sabit olarak kabul edildi. Kesme hızının yüzey pürüzlülüğü üzerinde %83 etkiye sahip olduğunu gösterilmiştir. Kesme hızının artmasıyla yüzey kalitesi de artmaktadır. Ancak kesme hızı artması güç tüketimini yükseltmektedir.

Düşük kesme hızı ve düşük kesme derinliği ile kesme işlemi yapıldığı halde talaşın yığılmasına neden olmuştur. Bu da güç tüketiminin arttığını göstermektedir. Aşağıdaki Şekil 2.1 ve Şekil 2.2’de ana etki grafikerlerinde kesme hızı, yüzey pürüzlülüğü ve güç tüketimi

etkisi belirginken, ilerleme hızının ve kesme derinliğinin az etkiye sahip olduğunu göstermektedir.



**Şekil 2.1:** Kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliği parametreleri ile yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişki.[1]



**Şekil 2.2:** Kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliği parametreleri ile güç tüketimi arasındaki ilişki.[1]

Jian-guang Li ve ark. (2014), optimum kesme parametreleri kullanarak enerji tüketimini azaltabilmeyi araştırmışlar. Metal kesme işleminde kesme parametreleri rastgele seçilirse, kesme işleminde tüketilen enerji miktarının oluşan kayıplardan dolayı artmakta olduğu gösterilmiştir.

Kesme parametreleri ve enerji tüketimi arasında karmaşık ilişkiler bulunmaktadır. Ancak Jian-guang Li ve arkadaşları bu ilişkiler çözüldüğü takdirde enerji tasarrufunun sağlanmasının kolay olduğuna inanmışlardır. Delik açma işleminde, optimum kesme

değerleri kullanarak deneyler yaptıklarını ve şu sonuçlara vardıklarını göstermişlerdir. İlk olarak uygun kesme parametreleri kullanılırsa enerjiden tasarruf edilebilir. İkinci sonuç optimum kesme parametreleriyle enerji tasarrufu ile yüksek üretim hızı sağlanabileceğini göstermişler. Son olarak ilerleme hızı ve devir sayısını arttırarak optimum kesme parametrelerinin elde edilebileceğini ispatlamışlardır.

Luo, S. Y. (1996) yaptığı çalışmada elmas soketli dairesel testerenin kesme karakteristiğini araştırdı. Çalışmada elektron mikroskobu ve alet yapıcı mikroskobu kullanılarak kesme işlemi sırasında soketli testerenin yüzeyini izleyerek muayene edilmiştir ve radyal testerenin kaplanmasının aşınma ve öğütme oranı ölçülmüştür. Ağır talaş kaldırma işleminde kullanılan kesici takımının üç tip olarak sınıflandığı söylenmektedir. Yapılan deneylerden çatlaklı ve makro çatlaklı oranı 1/3 iken, kesme verimi azaldığını ve bu oran arttığı zaman testerenin aşınmasına ve yorulmasına neden olabildiğini göstermektedir. Ayrıca kristal oranı yüksek olan ve düşük çatlak oranına sahip olan testerelelerin veriminin yüksek olduğu sonucuna varmaktadır.

Jing Ni luli M.S.H. Al-Furjan Jing Xu Xiao Yang 2017 yılında yaptıkları çalışmada şerit testere kesme işlemi için yeni bir kesme modeli geliştirilmiştir. Tek diş kesme işlemini varsayarak kesme kuvveti analiz edilmiştir. Kesme kuvvetinin modeli, aralık besleme hareketini dikkate alarak anlık talaş kalınlığı optimize edilmiştir. Kesintili ilerlemenin kesme kuvvetini doğrudan etkilediği görülmüştür. Dinamik kesme işlemi yani birden fazla diş temasta iken ilk modelden yola çıkarak ikinci model geliştirilmiştir. Bu dinamik kesme işleminde kesme kuvvetini etkileyen unsurlar, temasta olan diş sayısı, aralıklı besleme hareketi ve diş arasındaki mesafelerdir. Kesme kuvveti talaş kaldıran diş sayısı ile ters orantılıdır. Yani temasta olan diş sayısı artarsa bir diş başına düşen kuvvet azalır.

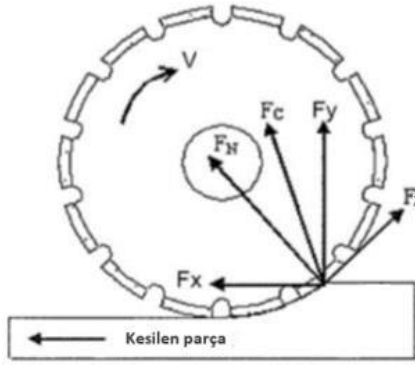
Kademeli Tornalama, Taguchi Yöntemi kullanılarak kesme parametrelerinin kesme kuvvetlerine ettiği etkinin optimizasyonudur. 2020’de bu çalışmayı gerçekleştiren İyner, O., Şahinoğlu, A., Özdemir, M., & Yılmaz, V. Deneylerde AISI 4140 çeliği CNC torna tezgâhı kullanarak radyal kuvvet ( $F_x$ ), teğetsel kuvvet ( $F_y$ ) ve besleme kuvveti ( $F_z$ ) kesme kuvvetlerinin etkisi kesme parametrelerinin etkisine bağlı olarak incelenmiştir. Deneylerde kesme parametreleri için Tablo 2.1’deki değerler kullanılmıştır.



**Tablo 2.1:** Deneylerde kullanılan kesme parametrelerinin değerleri[2]

Kesme hızı	İlerleme hızı	Kesme derinliği
100 m/dk	0,08 mm/dev	0,5 mm
140 m/dk	0,12 mm/dev	0,9 mm
180 m/dk	0,16 mm/dev	3 mm

Deney tasarımı Taguchi L<sub>q</sub> dikey dizisine göre yapılmıştır. Kesme kuvvetleri ve katkı oranları üzerinde kesme parametrelerinin varyans analizi (Anova) ile yapılmıştır. Deneylerde kesme hızı 180m/dak, ilerleme hızı 0,08mm ve kesme derinliği 1,3mm iken X'ekseni üzerinde en düşük kesme kuvvetinin değeri ( $F_x$ )= 53,95 N elde edilmiştir. Kesme hızı 140m/dak, ilerleme hızı 0,8mm/dak ve kesme derinliği 1,3mm değerleri karşılık gelen  $F_y$  ve  $F_z$  sırayla 207 N ve 162 N. Kesme hızının değerleri arttığı zaman  $F_x$ ,  $F_y$  ve  $F_z$  azalırken kesme derinliği değerlerin artması ile  $F_x$ ,  $F_y$  ve  $F_z$  artar.



**Şekil 2.3:** Kesme işleminde kesme kuvvet bileşenleri[3]

M.M Ahmed ve ark. (1998) yılında yaptıkları çalışmada şerit testere ile kesme işleminde iş parçasının geometrisi ve işleme parametrelerinin etkilerini araştırmışlardır. Deneylerde elde edilen sonuçlarla birim kalınlık için diş başına itme ve kesme kuvvetleri kesme hızıyla ters orantılı olduğunu belirlediler. İlk başta kayma açısının artması ile talaş kaldırmak için ortaya çıkan enerji miktarı azalır. Bu nedenle kesme oranında bir düşüş oluşmaktadır. Talaş kaldırma esnasında sabit alan ve talaş oluşum mekanizmasında oluşan kayma gerilmesi bir malzeme özelliğidir. Kayma açısının uzaması kesme hızının bir fonksiyonu olarak artar. Talaş kaldırmak için gereken enerji miktarı kesme hızı artarken azalır. İtme kuvvetinde azalma olması durumunda kesme derinliği azalır. Şerit kesme hızı artarsa kesme oranı ve diş

başına kesme derinliği azalır. Birim kalınlık için diş başına itme kuvvetinde de azalma görülür.

Sağlam ve ark. (2003), testere ile kesmede kesme parametrelerinin etkilerini araştırmışlardır. Kesme ilerleme hızlarının kesme kuvveti ile diş adımı üzerine etkilerini incelenmiştir. Kesme esnasında şerit iş parçası ile sürekli temasta olup uygulanan itme yükü normal olarak sabit olduğu gözlenmiştir.

### **3. TESTERE TEZGAHLARI VE TALAŞ KALDIRMA İŞLEMİ**

Kesme işlemi sürekli gelişme halinde olup kesme parametrelerinin en uygun değerlerini elde etmek için araştırmalar devam etmektedir. Talaş kaldırmanın birçok yöntemi vardır. Bunlardan biri de testere ile kesme işlemidir. Testere tezgahları nerdeyse bütün işletmelerde bulunmaktadır. Teknolojinin gelişmesine rağmen testerelele ilgili yapılan çalışmalar istenilen seviyede değildir. Kesme işlemi yaparken kesici dişler fazla zorlanmaktadır. Dişlerin bu probleme karşı dayanıklı olması için mukavemeti yüksek ve sertleştirilmiş olan malzemelerden imal edilmektedir. Diş biçimine göre kesici testerelele iki tipe ayrılır; sırtı geniş dişli testerelele ve sivri dişli testerelele. Kesme yaparken talaşın kesici testere ve iş parçası arasında sıkışmaması için kesici testere dişlerinin arasındaki boşluklar uygun olarak ayarlanmalıdır.

#### **3.1 Testere Tezgahlarıyla Kesme İşlemi Tanımı**

Kesme işlemi; mukavemetli, yüksek dayanıklı kesici testere dişleri ve dayanıklılığı kesici testereden daha az olan iş parçası arasında gerçekleşen bir olaydır. Kesici testere üzerinde bulunan kesici dişlerin kesme açıları, iş parçası ile kesici takım arasında oluşan baskı ve hareket farkı ile iş parçasından talaş kopararak istenilen geometri şekline getirme işlemine kesme işlemi denir. Testere ile kesme işleminin günümüzde önemi artmaktadır. Genellikle dolu ve büyük çaplı sert malzemelerin kesiminde kullanılır, bu tezgahların kesici diş sayıları fazla olduğu için kesme işleminde avantajlar sağlamaktadır. Kesme işleminin gerçekleştirilmesi için gereken baskı daha fazla dişe bölündüğü için her dişe düşen baskı daha az olur. Böylece bu dişlerin ömrü artmaktadır. Aynı zamanda düzgün kesme işlemi sağlanmaktadır. Kesici dişler sürekli hareket halinde olup sayısı fazla olmasıyla beraber daha hızlı bir kesme işlemi yapmaktadır ve zaman kaybı önemli ölçüde azaltmaktadır.

Kesme işlemi bazı durumlarda hazır bir ürün ortaya koyduğu gibi bazı durumlarda ise iş parçasını son operasyonlara hazırlamak için yarı mamul malzeme ortaya koyar. Bu yüzden kesme amacına göre testere tezgahları tasarlanmalıdır.

#### **3.2 Dairesel ve Şerit Testere Tezgahları**

Malzemelerin özellikleri ve kesme işlemine göre farklı testere tezgahları kullanılmaktadır. Bu tezgahların tasarımlarını çeşitli olması üretim hızı ve takım ömrü gibi başka sebeplerden kaynaklanır. Sanayilerde en çok kullanılan testere tezgahları dairesel testere ve şerit testere makineleridir.

### 3.2.1 Dairesel Testere Tezgahları

Bu testereler adından anlaşılacağı gibi dairesel şeklindeki metalin etrafında kaynatılan kesici uçlardan oluşur. Bu çarklara nispeten düşük devirlerde dönmesini sağlayan elektrikli motor ile sonsuz vida sistemi şeklinde çalışmaktadır. İş parçası ve kesme hassasiyetine göre tasarımlar çeşitlidir. Örneğin; ince demir boruları kesiminde kullanılan küçük testereler varken büyük çaptaki dolu boruların kesme işlemi için büyük tezgahlar bulunmaktadır. Kesme işlemi kesici takıma ve kesilecek malzemeye göre soğutma sıvısı kullanarak veya kullanılmayarak yapılır. En çok profil kesme işleminde kullanılmaktadır.

#### 3.2.1.1 Dairesel Testere Tezgahların Kısımları

Gövde kısmı şu parçalardan oluşmaktadır:

Kesici testere, kesme hassasiyeti sağlayan servo sürme sistemi, elektrik motoru, maksimum makina performansı ve uzun çalışma imkanı için redüktör kısmı, ilerleme yüksek hassasiyet sağlayan, taşıma imkan veren ilerleme sistemi, açıklayıcı ve kullanıcı dostu dokunmatik ekran, tek boy üzerinde farklı ölçülerde kesim yapabilmeye olanak sağlayan çoklu programlama, operatörün güvenliği ve kullanım kolaylığı sağlayan çalışma kabini, helisel dişli ile yüksek operasyon hızında çalışmada her türlü titreşimi, oynamayı engelleyen güçlendirilmiş kafa sistemi.



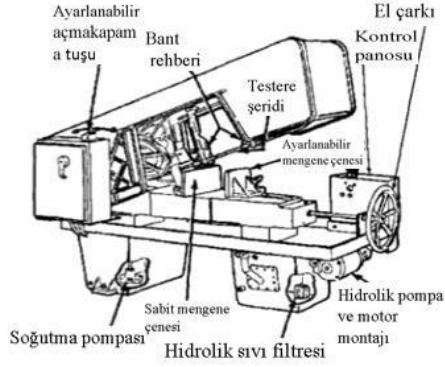
Şekil 3.1: Dairesel testere tezgahı[4]

### 3.2.2 Şerit Testere Tezgahları

Bu testerelerde kesici takım sonsuz şerit şeklindedir. Kesici şerit iki kasnakla bağlanır ve bu kasnaklardan biri elektrik motorundan hareketi almasıyla şeridin kayış gibi dönmesi ve dönme hareketinde olan kesici takım iş parçasından talaş alarak kesme işlemi gerçekleştirir. Kasnakları gövdeye göre yan veya dikey şekilde bağlanmasına göre bu tezgahlar ikiye ayrılır.

### 3.2.2.1 Yatay Şerit Testere Tezgahları

Bu makinelerde gövde, tabla, testere ve testere boşluğu kısımlarından oluşur. Gövde kısmı genelde dökme demirden yapılır ve yaygın ayaklar üzerine oturtulur. Ayaklar yere sabitlenir ve tabla gövdeye yatay olarak bağlanır. Bazen eğik kesme yapabilmek için açılı bağlanır. Bu tezgahlarla dolu ve kalın parçalar kolayca kesilebilir. Kesme işlemi sırasında ortaya çıkan ısıyı ve talaşı gidermek için soğutma sıvısı veren sistem bulunmaktadır.



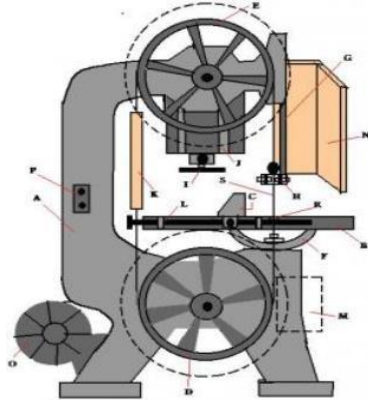
( a ) Tezgahın teknik resim görseli

( b ) Tezgahın gerçek görseli

Şekil 3.2: Yatay şerit testerenin bileşenleri[5]

### 3.2.2.2 Dikey Şerit Testere Tezgahları

Bu tip tezgahların parçaları ve çalışma prensibi yatay tezgaha benzemektedir. Tabla kısmında keme işlemi kesme şeridi ile 90 derece açıyla yapılır. Genelde bu tip makineler küçük olur. Genellikle ağaç ve ahşap gibi sertliği az olan malzemelerin kesme işleminde kullanılır.



a) Tezgahın teknik resim görseli

b) Tezgahın gerçek görseli

Şekil 3.3: Dikey şerit testerenin bileşenleri[6]

### 3.2.3 Şerit Testere İle Kesmede Kesme Parametrelerinin Takım Ömrüne Etkisi

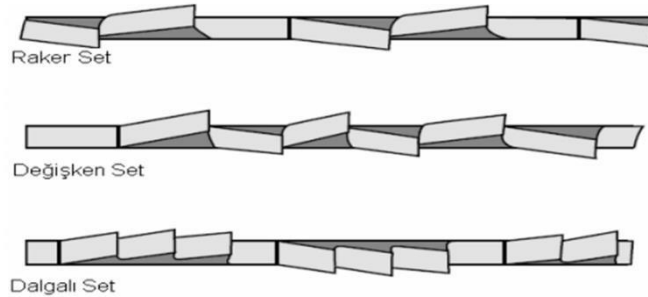
Şerit testere ile kesme işlemi yüzey frezeleme işlemine benzer. Her bir dişin kaldırdığı metal miktarı, iş parçasına uygulanan basınca, testerenin bu basıncı iyi aktardığına ve kesme dişlerinin etkileme kabiliyetine bağlıdır. Şerit ile kesmede kesme hızı, ilerleme, iş parçasının şekli, takım geometrisi gibi kesme parametreleri kesme performansına etki eder. Bu alanda yapılmış olan deneysel çalışmalarda takım aşınmasına kesme parametrelerinin etkisi araştırılmış. Yeni bir testere üzerindeki dişlerin kesme kenarları incelendiğinde bu kesme kenarları düzensizdir ve bir diştten diğerine önemli değişimler gösterir. Çoğu takımlar keskin bir kesme kenarı elde etmek için kullanmadan önce bilenirler ve bu takımların kesme derinliği kesme kenarı radiusundan çok büyük seçilir.

### 3.2.4 Şerit Testerelerdeki Diş Yerleşim Düzenleri

#### 1. Çaprazlanma

Kesme özellikleri şerit testerelerde testere dişlerinin, işlem sırasında sıkışmaması ve uygun kesim sağlaması için çift taraflı veya farklı şekillerde çaprazlanır. Diş formları değişken, dalgalı ve raker olarak gruplandırılmaktadır.

Şekil 3.4'te görülen raker tip diş düzenlemesi genel amaçlı kesmelerde sürekli olarak karşımıza çıkmaktadır. Dişlerin birer birer veya toplu halde çaprazlanması ile işlem esnasında açılan boşluklar testere şeridi kalınlığından büyük olur. Testere ağzı üzerinde ardi ardına sıralanmış küçük, kesici kenarlı, aynı yönde etki gösteren, çaprazlanmış veya dalgalandırılmış yüksek miktarda dişler bulunur. Kesme esnasında iş parçasından çıkan küçük talaşlar çaprazlama ile testereyi sıkıştırmamış olur. Sıvı sistemleri sayesinde kesilen paçadan çıkan talaşın dışarıya atılmasına yardımcı olmaktadır.

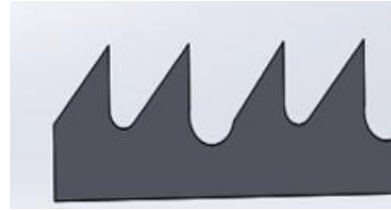
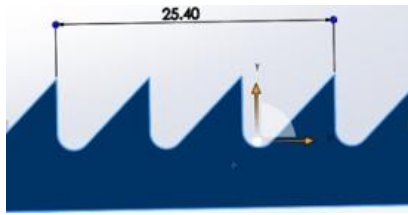


Şekil 3.4: Dişlerin yerleşim düzenleri[7]

## 2. Diş Aralığı (Hatve)

Kesici takım üzerinde birbirini takip eden dişler arasındaki mesafeye hatve(adım) denir. Testeredeki dişler belli bir adım mesafesinde kesimler biçiminde sıralanmıştır. Sıralanan dişlerin 1 inç mesafedeki sayısı adım ölçüsünü verir. Sertlik derecesi yüksek malzemeler için diş sayısı çok (hatve küçük), yumuşak malzemeler için diş sayısı az (hatve büyük) alınır. Kesme işleminin zor olduğu durumlarda ideal bir kesme işlemi sağlamak için testerenin diş sayısı arttırmamız gerekir. Çelik kesme işleminde adım mesafesi, diş ölçüsü, çaprazlama, parça kesim geometrisine ve işlem görececek çeliğin türüne göre belirlenir. Dişler, adım uzunluğunun sabit veya farklı olmasına göre şerit üzerinde konumlanır.

Şekil 3.5'te görülen sabit Dişler; standart çalışmalarda düşük et kalınlığına sahip malzemelerin, yani boruların ve platinlerin kesim işleminde kullanılmaktadır. Uzun talaş çıkaran az karbon içeren çeliklerin büyük kesitli olmayan demir dışı metallerin işlenmesinde pozitif açılı sabit diş hatveli şeritler tercih edilir.



(a)Sabit adımlı dişler

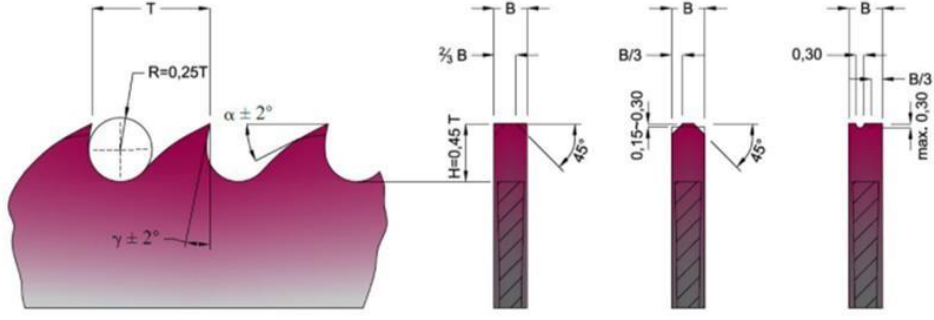
(b) Farklı adımlı dişler

Şekil 3.5: Şerit testere diş adımları

Farklı adımlı dişin özelliği, hatve ile diş derinliklerinin de düzenli olarak değişken olmasıdır. Farklı çaplardaki malzemeleri aynı şerit ile işleme avantajı sağlarlar. Parçalarda kesme esnasında oluşan titreşimi minimize ederek doğru kesim ve gürültüsü az bir ortam oluşturur.

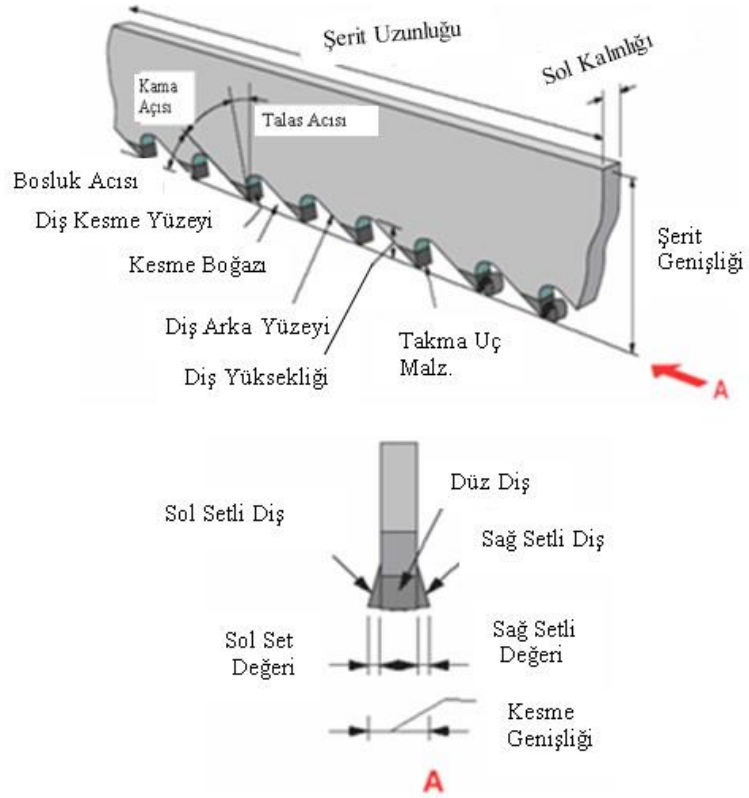
### 3.2.5 Testere Şeridindeki Diş Geometrisi ve Özellikleri

Testere ile kesme işlemi düzgün ve verimli olması için testere şeridini tasarlarken dişlere uygun değerlerde talaş açısı( $\gamma$ ), kama açısı ( $\beta$ ) ve boşluk açısı( $\alpha$ ) verilir. Kesme açısının ise iki değeri vardır  $0^\circ$  ve pozitif açılı; kesilecek parçaların özelliğine ve boyutlarına göre kesme açısı seçilir. Orta kesitli dolu parçaları ve boruların kesiminde dişleri  $0^\circ$  kesme açılı olan testere kullanılırken, uzun talaş çıkaran çeliklerin, işlenmesi zor olan kesitler ile demir dışı metallerin işlenmesinde dişleri pozitif açılı şerit testere kullanılır.



Şekil 3.6: Diş geometrisi ve kesme açıları[8]

Maksimum kesme performansı ve takım ömrü için diş adımı ve geometrisi önemli parametrelerdendir. Kesici kenar geometrisi; takımın çalışma saati, ses seviyesi, düzgün kesim ve talaş taşıma miktarı gibi faktörleri ve dolayısıyla kesme performansını etkiler (Ünüvar ve Ark. 2005)



Şekil 3.7: Şerit testerenin parametreleri[7]



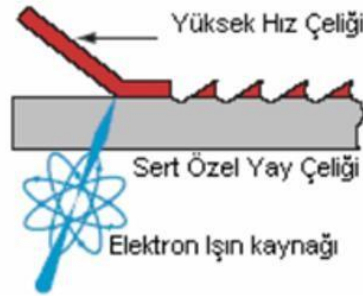
### 3.2.6 Şerit Testere Takım Seçimi

Kesme parametreleri üzerinde büyük etkiye sahip olan kesme işlemi için kullanılan kesici takım iş parçasına göre seçilir. Malzemenin cinsine göre takımın sertliğine ve adım başına diş sayısına karar verilirken malzemenin genişliğine göre takım genişliği seçilir. Ayrıca dar parçalar kesiminde testerenin diş sayısını artırır. Seçilen testere takımın özelliklerine kesme hızı ve kesme parametrelerini seçerken dikkat edilmelidir. Yapılan her değişimin takım ömrüne etkisi vardır.

#### 3.2.6.1 Malzemelerine Göre Testere Şeritleri

##### 1. Bimetal Testere Şeritleri

Bimetal testereleler, testere gövdesi ve diş kısmı farklı malzemelerden elektrot kaynağı ile birleştirilerek meydana getirilmemektedir. Testerenin diş kısmı yüksek performanslı HSS'dir (High Speed Steel). Özel yöntemler ile kaynak edilmiş bu testereleler endüstrideki birçok uygulamanın esnekliği ve güvenilirliği sayesinde işlerin yüksek performanslı bir şekilde yapılabilmesini sağlar. Şerit testere tezgahlar her türlü metal boru, profil, yapısal çelik, sert çelik ve paslanmaz malzemelerin kesiminde kullanılır. Kesilen malzemenin cinsi, sertliği, et kalınlığı ve kesim yöntemine göre testerelelerin diş formu, diş hatvesi ve kalitesi değişkenlik göstermektedir. Bi-Metal M42 ve M51 olarak iki farklı çelik kalitesi mevcuttur. Diş uçları 67-69 Rockwell (RC) sertlik derecesine sahip testerelelerdir.

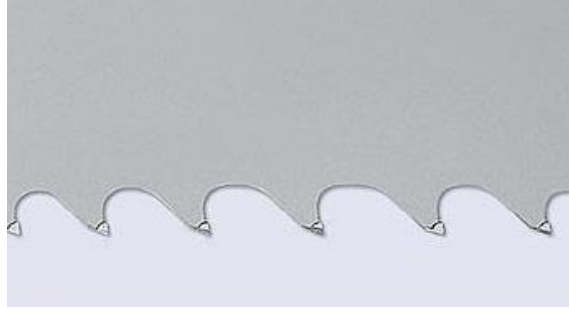


Şekil 3.8: Bimetal şerit testere yapısı[7]

##### 2. Karbür Uçlu Testere Şeritleri

Ucu karbür olan şerit testerelelerin üretimi özel yöntemler kullanılarak yapılır. Bu testereleler yüksek sertlik derecesine sahip metallerin, özel üretim alaşımların ve metal olmayan alaşımların zor çalışma koşulları altında bile işlenmesinde kullanılır. Çok iyi performans sağlarlar. Maliyetlerinin yüksekliği dezavantajlarındandır. Abresif malzemelere dayanımın

yanında karbür testerelerin en önemli avantajlarından biri çok yüksek kesim hızıdır. Özellikle alüminyum, titanyum ve özel dökümlerin kesilmesinde yüksek performans sağlarlar.



**Şekil 3.9:** Karbür uçlu şerit testere.

### **3. Karbon Çeliği Testere Şeritleri**

Karbon çeliği testere şeritler iki tipte imal edilirler. Birincisinde krom ihtiva eden karbon çeliğinin dış kısmı sertleştirilmiştir. Avantajları yüksek aşınma dayanımı vardır ve çok kolay kaynak edilebilirler. Çoğunlukla kesmesi kolay olan malzemelerin kesilmesinde kullanılır. Ahşap ve plastik gibi. İkinci tip ise alaşımların üstün kalite karbon çeliklerinin kesme performansını ve aşınma dayanımını arttırmak için ısıtılmalara ihtiyaç vardır. Genel olarak alaşımların ve daha sert olan malzemelerin kesiminde kullanılır. Basit atölye uygulamalarının yanı sıra küçük hacimli hassas ve seri imalatlar için de kullanılırlar.

#### **3.2.7 Kesme Sıvıları**

##### **3.2.7.1 Kesme Sıvılarının Özellikleri ve Sınıflandırılması**

Kesme işleminde kullanılan kesme sıvıları soğutma ve yağlama amaçları için kullanılmaktadır. Soğutma amaçlı sıvılar kesme esnasında meydana gelen ısıyı çevreye ileterek ısı miktarını azaltır. Yağlama sıvıları ise şerit veya kesici takım ile işlenen yüzey arasındaki sürtünmeyi azaltır ve takımın aşınmasını azaltır[9].

Bu olayların sonucunda kesme sıvılarının etkileri şu şekilde sıralanabilir:

- Takım ömrünü uzatır.
- Yüzey kalitesini iyileştirir.
- Kesme kuvvetini ve kesme gücünü azaltır.
- Sıcaktan meydana gelen şekil değiştirmeleri azaltır.
- Ağız birikintisini önler.
- Talaşın uzaklaştırılmasını kolaylaştırır.

Soğutma sıvıları kesme işleminden ortaya çıkan ısıyı iyi bir şekilde uzaklaştırmak için yüksek ısı iletme kabiliyetine sahip olmalıdır. Yağlama sıvıları ise metalik yüzeyler üzerine yapışmış bir sıvı tabakası oluşturabilme kabiliyetine sahip olmalıdır. Ayrıca bu sıvıların sahip olduğu bu özelliklerinde kararlı olup uzun süre kuruyabilmeli, insan sağlığına zarar vermemeli ve yanma tehlikesi olmamalıdır[9].

Yukarıda bahsedilmiş olan kesme sıvıların özelliklerine göre kesme sıvıları soğutucu ve yağlayıcı olmak üzere iki gruba ayrılabilir:

- Soğutucular iyi bir özgül ısı iletme kabiliyetine sahip olmalı.
- Yağlayıcılar da iyi bir yapışma kabiliyetine sahiptir.

Soğutucu sıvıların arasını özgül ısısı 1 olan en iyi sıvı sudur. Yağlayıcıların arasında ise 0,45 (kj/kg.°c) öz ısı olan normal yağlar en iyidir. Soğutma kabiliyeti iyi olan su sıvısının yapışma özelliği hiç yoktur. Ayrıca pas(oksit) özelliğine sahip olduğu için işleme sırasında su olarak kullanılmaz. Genellikle hem soğutması hem de yapışma özelliği iyi olan sıvı karışımı kullanılmaktadır[9].

## **Kesme Sıvıların Çeşitleri**

### **1. Emülsiyon Kesme Sıvıları**

Bor yağı olarak adlandırılan bu sıvılar içerisinde emülsiyonu kolaylaştıran katkıları bulunan su-yağ karışımıdır. Soğutma kabiliyeti iyi olan su gibi sıvılar polar aditif veya ep aditifleri ekleyerek yağlama özelliği iyileşir. Bu sıvılar aşağıdaki özelliklere sahiptir:

- Soğutma kabiliyeti yüksektir.
- Temiz çalışma ortamı sağlar.
- Düşük maliyettedir.
- Ateşleme tehlikesi yoktur.
- İnsan sağlığına daha az zararlıdır.

Bu sıvılar ağır talaş kaldırma işlemi dışında, yaklaşık tüm hızlarda ve işlemlerde kullanılabilir. Bu sıvılar bazen köpürme yapabilir. Bu durumlarda köpüklenmeyi engelleyen aditifler kullanılır[9].

## **2. Kesme Yağları**

Genelde mineral yağlar veya bunlara eklenen domuz yağı, kunduz yağı gibi polar aditifli gibi yağlardır. Bu yağlar genellikle alüminyum, magnezyum ve kükürtlü otomat çelikleri kesme işlemi için kullanılır. Domuz, kunduz veya kükürt klorit gibi yağlar ise vida açma, diş açma, burçlama gibi ağır işlemlerde kullanılır. Ancak aditifli yağlar pahalıdır. Ateşleme kabiliyeti ve insan sağlığına zararı olmasından kaynaklı kullanım alanları azdır [9].

## **3. Kimyasal veya Sentetik Kesme Sıvıları**

Suya bazı kimyasal maddeleri ekleyerek ortaya çıkan bu yağların görünüşleri diğer yağlara göre daha berrak sıvılardır. Bu sıvılar aditifli ve aditifsiz olarak ikiye ayrılır. Aditifli olan ise soğutma özelliği yanı sıra korozyona karşı koruyucu ve yağlayıcı özelliğe sahiptir. Bu sıvılar yüksek kalite gerektiren frezeleme, raybalama, testere ile kesme işleminde, burçlama otomat tezgahlarında kullanılır. Aditifsiz yağlar ise su gibi soğutma özelliği iyi olmalarına rağmen yağlayıcı özelliği yoktur, ayrıca korozyona yol açabilir[9].

### **3.2.7.2 Kesme Sıvılarının Seçimi**

Zor işlenen malzemelerde düşük hızlarda ağır talaş kaldırmak ve çok iyi yüzey kalitesi istenilen işlemlerde genelde yağlama özelliği ağır basan kesme sıvıları kullanılır. Kolay işlenen malzemelerde yüksek hızlarda hafif talaş kaldırmak ve ağız birikintisi olan işlemlerde soğutma özelliği ağır basan kesme sıvıları kullanılır[9].

Talaş kaldırma işleminde zorluk bakımından aşağıdaki gösterildiği gibi sıralanır:

- Taşlama
- Tornalama
- Frezeleme
- Delik delme
- Burçlama
- Derin delik delme
- Diş açma
- Tornalama ile vida açma
- Kılavuz ile vida açma

Bu kriterlere ek olarak kesme yağları seçerken çevreye ve insan sağlığına zarar verilmemesine dikkat edilmelidir. Ayrıca kesme sıvılarının etkili olmasında debi ve basıncı gibi uygulama şekli de önem taşır. Buna göre:

- Kesme sıvılarının debi yüksek olmalıdır.
- Basıncı, talaş uzaklaştırılması ve takım ile parça arasında nüfuz edebilmesi için yeterli olmalıdır.

#### 4. DENEYLER VE TEORİK HESAPLAMALAR

Kesme parametreleri belirlemek adına testere tezgahlarında yapılan araştırmalar piyasa ihtiyaçlarını karşılamamaktadır. Bu konu ile alakalı alt kademe oluşturacak olan çalışmaların yetersizliğinden kaynaklı fazla emek istenmektedir. Bu durum bizi kesici testere üreticileri tarafından belirlenen kesme parametre değerlerini kullanmak zorunda bırakmaktadır.

Kesici takım üreticileri tarafından her kullanıcıya ait kesme parametrelerinin belirlenmesi zor olmasıyla birlikte fazla zaman ve maliyet kaybı demektir. Bu yüzden kullanıcıların büyük kısmını kapsayan ortalama kesme parametreleri belirlenmelidir.

Deneyde kullanılan testere tezgahı Bekamak Makine Fabrikası ürünüdür (BMSO420XS). Otomatik servo sürüş ve kesim sistemiyle yüksek kesim adetlerindeki ağır metal, profil ve boru kesimlerine yüksek performans sağlamak için tasarlanmıştır. Resmi ve özellikleri altta yer alan bu tezgahının resmi Şekil 4.1 de Teknik özellikleri de Tablo 4.1 de verilmiştir.



Şekil 4.1: Deneyde kullanılan testere tezgahı[5]

Bu tezgahta kullanılan ve yurt dışından tedarik edilen bimetal (MARATHON M42) şerit testere yatay testere tezgaha bağlanacaktır. Deneyde kullanılan yatay şerit testere tezgahın teknik özellikleri Tablo 4.1 'de verilmiştir. Marathone M42(5,750 x 41 x 1,3) mm şerit testere Şekil 4.2'de gösterilmektedir. Standart ve özel kullanımlar için en uygun ürün portföyü, aşınmaya karşı dayanıklı M42 kesici malzemesi kullanılmıştır. Maksimum kesim performansı ve daha uzun süreli takım ömrü için kaplanmıştır. Ünlversal kullanımda tek ve seri profiller ve dolu malzemeler, tek sıralı ve paket kesimler için kullanılmaktadır.

Çalışmada Ck45 numunesi kullanılmıştır. Numunenin teknik özellikleri belirtildiği gibidir. Kimyasal kompozisyonu 0,48-0,50 %C, 0,40 %Si ve 0,6-0,8 %Mn içermektedir. Akma mukavemeti 412 N/mm<sup>2</sup> ve çekme mukavemeti 693 N/mm<sup>2</sup> 'dir. Ortalama sertlik değeri ise 184 HB'dir.

**Tablo 4.1:** BMSO-420XS Tezgaha ait teknik özellikler[9]

PARAMETRE	BİRİM	DEĞER
Yuvarlak Kesme Kapasitesi	mm	420
Lama Kesme Kapasitesi	mm	420x420
Kare Kesme Kapasitesi	mm	420
Ana Motor	kW	7,5
Hidrolik Motor	kW	1,1
Soğutucu Motor	kW	0,2
Sürücü Motor	kW	1,5
Kafa İniş Motor	kW	1,5
Talaş Konveyör Motoru	kW	0,25
Kesme Hızları	m/min	15 – 120
Şerit Testere Ölçüsü	mm	5750x41x1,3
Malzeme Besleme Yüksekliği	mm	805
Ağırlık	kg	3300
Uzunluk	mm	2860
Genişlik	mm	1980
Yükseklik	mm	2100



**Şekil 4.2 :** Deneyde kullanılan şerit testere M 42[5]

Deneyde kullanılmakta olan şerit testereye ve kesilecek malzemenin özelliklerine göre standart kesme parametrelerine yakın değerler belirlenmektedir. Tablo 4.2'de gösterilmekte olan kesme parametrelerine göre ilk deney seti yapılmaktadır. Burada belirlenen değerlere göre ilk deney seti yapılmaktadır. Ortaya çıkan sonuçları gözlemleyerek ve teorik hesaplamaları yaparak ikinci set deney değerleri belirlenmektedir.

**Tablo 4.2:** İlk deney grubuna ait kesme ve ilerleme hız değerleri

İlerleme hızı mm/dak	Kesme hızı m/dak
30	60
30	68
30	76
37	60
37	68
37	76
44	60
44	68
44	76

#### 4.1 İlk Deney grubun Kesme kuvveti hesaplanması:

$$\text{Kesme kuvveti } (F_s) = \text{kesme sabiti } (k_s) \times \text{talaş boyutu } (A_s) \quad (4.1)$$

$$A_s = b \times p \times V_f / V_c \quad (4.2)$$

$$Q = P \cdot V_f / V_c \quad (4.3)$$

$$A = b \cdot Q \quad (4.4)$$

Burada;

- As** : Talaş kesiti (mm<sup>2</sup>)  
**b** : Talaş kesitin genişliği veya şerit kalınlığı (mm)  
**p** : Diş adımı (mm)  
**Vf** : İlerleme hızı (mm/dak)  
**Vc** : Kesme hızı (m/dak)  
**Q** : Talaş kesidin uzunluğu (mm)

Deneyde kullanılan değişken adımlı şerit testere Şekil 4.2 gösterilmektedir. Kısa adım P1=10 mm ve uzun adım P2=12,40 mm, adıma ait iki değer olduğu için talaş boyutuna ait iki değer hesaplanmaktadır. Q değerleri 4.3 denkleminde göre hesaplanmaktadır.

Burada;

Q (30,60) ilerleme hızı 30 mm/dak ve kesme hızı 60 m/dak iken hesaplanan Q değeridir.

Aynı şekilde A (30,60) ilerleme hızı 30 mm/dak ve kesme hızı 60 m/dak iken hesaplanan A değeri. Yani Q ve A sembollerinden sonra gelen ve virgül ile ayrılan iki rakamların ilkini ilerleme hızı ve virgülden sonra rakamı ise kesme hızı göstermektedir.



## 1. Deney

$$Q_1 (30,60) = (30/(60 \times 10^3)) \times 12,40 = 6,2 \mu\text{m} = 6,2 \times 10^{-3} \text{ mm}$$

$$A_{s1} (30,60) = 6,2 \times 10^{-3} \times 1,3 = 0,00806 \text{ mm}^2$$

$$Q_2 (30,60) = (30/(60 \times 10^3)) \times 10 = 5 \mu\text{m} = 5 \times 10^{-3} \text{ mm}$$

$$A_{s2} (30,60) = 5 \times 10^{-3} \times 1,3 = 0,00650 \text{ mm}^2$$

## 2. Deney

$$Q_1 (30,68) = (30/(68 \times 10^3)) \times 12,40 = 5,47 \mu\text{m} = 5,47 \times 10^{-3} \text{ mm}$$

$$A_{s1} (30,68) = 5,47 \times 10^{-3} \times 1,3 = 0,00711 \text{ mm}^2$$

$$Q_2 (30,68) = (30/(68 \times 10^3)) \times 10 = 4,41 \mu\text{m} = 4,41 \times 10^{-3} \text{ mm}$$

$$A_{s2} (30,68) = 4,41 \times 10^{-3} \times 1,3 = 0,00573 \text{ mm}^2$$

İlk deney grubunun 1. ve 2. deneylere ait hesaplamalar gösterildiği gibi tüm deneylere ait hesaplamalar yapılmaktadır ve Tablo 4.3'te yer almaktadır. Kesme kuvvetlerini bulmak için kesme sabiti (Ks) belirlemeyi gerekmektedir.

Tablo 4.3'te yer alan AS Değerleri 4.2 denklemine göre hesaplanmaktadır, aynı şekilde Q değerleri 4.3 denklemine göre hesaplanmaktadır.

**Tablo 4.3:** İlk deney grubun talaş boyutlarının hesaplamaları

İlerleme hızı mm/dak	Kesme hızı m/dak	Q <sub>1</sub> μm	Q <sub>2</sub> μm	A <sub>s1</sub> mm <sup>2</sup>	A <sub>s2</sub> mm <sup>2</sup>
30	60	6,2	5	0,00806	0,00650
30	68	5,47	4,41	0,00711	0,00573
30	76	4,89	3,94	0,00635	0,00512
37	60	7,64	6,16	0,00993	0,00800
37	68	6,74	5,44	0,00876	0,00707
37	76	6,03	4,86	0,00783	0,00631
44	60	9,09	7,33	0,0118	0,00952
44	68	8,02	6,47	0,0104	0,00841
44	76	7,17	5,78	0,00932	0,00751

$$K_s = k_{sh} \cdot K_Y \cdot K_\lambda \cdot K_{ty} \cdot K_a \quad (4.5)$$

Burada;

$K_s$ : kesme sabiti ( $N/mm^2$ ) ,

$k_{sh}$  : özgül kesme kuvvetinin değeri ( $N/mm^2$ ),

$K_Y$ : talaş açısı faktörü

$K_a$ : takım aşınma faktörü,

$K_{ty}$ : takım malzemesi faktörü,

$K_\lambda$  : kesme hızı faktörü

Tablo 4.4'te  $h=1,3$  mm şerit kalınlığına karşılık gelen özgül kesme kuvveti  $k_{sh}$  değeri

$h= 0,8$  ve  $h=1,60$  mm şerit kalınlık değerleri arasında yer almaktadır. Yani  $K_{0,08} < K_{1,3} < K_{1,6}$  Enterpolasyon yoluyla  $k_{sh}$  değeri hesaplanmaktadır.  $K_{1,3} = 1647$   $N/mm^2$

Tablodan 4.5'te yer alan, takımın efektif talaş açısı  $Y$  ,  $Y_o$  Çelikler için 6 alınmaktadır.  $Y_o$  Döküm ve benzeri diğer malzemeler için 2 alınmaktadır. Böylece  $K_Y$  değeri aşağıda görüldüğü gibi hesaplanır.

$K_Y$  değeri malzemeye göre belirlenmektedir

$$k_Y = 1 - (Y - Y_o)/66,7 \quad (4.6)$$

$$k_Y = 1 - (7 - 6)/66,7 = 0,985$$

$$k_\lambda = (94 - (1,5 \times \lambda))/10 \quad (4.7)$$

$k_\lambda = 1,06$  pratikte  $k_\lambda = 1$  olarak alınabilir.

Takım malzemesi faktörü silindirik kesme işleminde  $K_{ty} = 1,3$  alınabilmektedir. Şerit kalınlığına göre  $k_a = 1,3$  ile  $1,5$  arasında alınabilir. Bu çalışmada  $k_a = 1,4$  olarak alınmaktadır. Yukardaki belirlenen sabitlere göre kesme sabiti 4.5 denkleminde göre aşağıda gösterildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$K_s = 1647 \times 0,985 \times 1,06 \times 1,3 \times 1,4$$

$$K_s = 3129,7315 \text{ N/mm}^2$$

**Tablo 4.4: K<sub>s1.1</sub> ve Z faktörlerinin ve K<sub>h</sub> değerleri[9]**

Parça Malzemesi	z	ks1.1 (N/mm <sup>2</sup> )	Talaş kalınlığı h değerine karşılık gelen k <sub>sh</sub> =ks1.1/hz(N/mm <sup>2</sup> )									
			0,08	0,1	0,16	0,2	0,25	0,4	0,5	0,8	1,6	2,5
St37-2	0,34	1610	3800	3522	3002	2783	2579	2198	2038	1737	1372	1179
St50-2	0,27	1750	3461	3259	2870	2702	2544	2241	2110	1859	1541	1366
St60-2	0,17	1940	2980	2870	2649	2550	2456	2267	2183	2015	1791	1660
St70-2	0,3	1960	4181	3911	3396	3176	2971	2580	2413	2096	1702	1489
C15	0,28	1590	3225	3030	2656	2495	2344	2055	1931	1693	1394	1230
C35	0,29	1570	3266	3061	2671	2504	2347	2048	1920	1675	1370	1204
<u>Ck45</u>	<u>0,25</u>	<u>1765</u>	<u>3319</u>	<u>3139</u>	<u>2791</u>	<u>2639</u>	<u>2496</u>	<u>2219</u>	<u>2099</u>	<u>1866</u>	<u>1569</u>	<u>1404</u>
Ck60	0,22	1835	3199	3045	2746	2615	2489	2245	2137	1927	1655	1500
9SnnPb28	0,15	1320	1928	1865	178	1680	1625	1514	1465	1365	1230	1150
15CrMo5	0,23	1755	3137	2980	2675	2541	2414	2167	2058	1847	1575	1422
15CrNi6	0,24	1580	2897	2746	2453	2325	2204	1969	1866	1667	1411	1268
15MnCr5	0,27	1680	3323	3128	2755	2594	2443	2152	2026	1784	1480	1312
17CrNiMo8	0,27	1580	3125	2942	2591	2440	2297	2023	1905	1678	1392	1234
18CrNi8	0,24	1710	3135	2972	2655	2516	2385	2131	2020	1804	1528	1372
20MnCr5	0,25	1580	2971	2810	2498	2363	2234	1987	1879	1671	1405	1257
30CrNiMo8	0,22	1695	2955	2813	2537	2415	2299	2074	1974	1780	1528	1386
34CrMo4	0,23	1760	3146	2989	2683	2548	2421	2173	2064	1853	1580	1426
34CrNiMo6	0,2	1725	2859	2734	2489	2380	2276	2072	1982	1804	1570	1436
34Cr4	0,22	1650	2876	2738	2469	2351	2238	2019	1922	1733	1488	1349
35S20	0,15	1420	2074	2006	1869	1808	1748	1629	1576	1468	1323	1238
37MnSi5	0,23	1720	3075	2921	2622	2491	2366	2124	2017	1811	1544	1393
41Cr4	0,23	1690	3021	2870	2576	2447	2325	2086	1982	1779	1412	1257
42CrMo4	0,24	1950	3575	3389	3027	2869	2720	2430	2303	2057	1988	1802
50CrV4	0,25	1885	3544	3352	2980	2819	2666	2370	2242	1993	847	771
55NiCrMoV6	0,24	1795	3291	3119	2787	2641	2504	2237	2120	1894	1009	898
X5NiCrTi26-15	0,27	1975	3906	3678	3239	3050	2872	2529	2381	2098	938	835
X8CrNiMo-27-5	0,2	1575	2610	2496	2272	2173	2078	1892	1809	1647	921	805
GG-15	0,21	935	1589	1516	1374	1311	1251	1133	1082	980	847	771
GG-25	0,26	1140	2198	2074	1836	1732	1635	1447	1365	1208	1009	898
GG-30	0,26	1060	2044	1929	1707	1611	1520	1345	1269	1123	938	835
GGG-50	0,30	1060	2261	2115	1837	1718	1607	1395	1305	1133	921	805
Mehanit	0,26	1245	2401	2266	2005	1892	1785	1580	1491	1319	847	981
GS-45	0,17	1570	2412	2322	2144	2064	1987	1835	1766	1631	1449	1344
GS-52	0,17	1750	2689	2588	2390	2301	2215	2045	1969	1818	1616	1498
G-ALSi	0,27	450	890	838	738	695	654	576	543	478	396	351
G-ALMg5	0,16	445	667	643	597	576	556	515	497	461	413	384
GK-MgAl9	0,34	235	555	514	438	406	377	321	297	254	200	172

**Tablo 4.5:** Sert metal plaketsli freze baslıkları için v kesme hızları ve sz ilerleme değerleri [9]

(Kaba talaş için değerler, talaş kalınlığı s = 10mm'ye kadar geğerlidir.)								
Parça Malzemesi	İşleme tarzı	sz (mm/diş)	v (m/dak)	Takım açıları				Sert Metal
				$\alpha$	$\gamma$	$\gamma_1$	$\lambda$	
St 50 - St 60	Kaba	0,2 - 0,3	100-180	8-12	5-10	-4	-8	
C35 - C45	İnce	0,1 - 0,2	120-200					
St 70 - St 85	Kaba	0,2 - 0,5	70-140					
ve az alaşımli çelikler	İnce	0,1 - 0,2	90-180	8-12	5-10	-10	-8	P 25'ten K 40'a kadar
Yüksek alaşımli çelikler	Kaba	0,2 - 0,4	50-100	8-16	5	-10	-8	
Kalıp çelikleri	İnce	0,1 - 0,2	70-120					
GS 45 - GS 52	Kaba	0,2 - 0,4	60-100	8-16	5-10	-10	-8	
	İnce	0,1 - 0,2	70-120					
GG 25 - GG 30	Kaba	0,2 - 0,5	60-120	8-12	0-8	-4	-8	
	İnce	0,2 - 0,3	80-140					
Ms 58 - Ms 63	Kaba	0,2 - 0,4	80-140	8-10	10-12	0	-8	K 10'dan K 20'ye kadar
	İnce	0,1 - 0,3	90-150					
Al-alaşım (913%Si) G-AlSi	Kaba	0,1 - 0,6	300-600	8-12	12-20	0 +15'e Kadar	-4 +4'e Kadar	

Tablo 4.6'de yer alan  $A_s$  ve  $F_s$  değerleri 4.4 ve 4.1'denklemlerine değerleri göre aşığıda gösterildiği gibi hesaplanmaktadır.

**Tablo 4.6:** İlk deney grubun kesme kuvvetleri

$A_{s1}$ (mm <sup>2</sup> )	$A_{s2}$ (mm)	$F_{s1}$ (N)	$F_{s2}$ (N)
0,00806	0,00650	25,2256	20,3432
0,00711	0,00573	22,2523	17,9336
0,00635	0,00512	19,8737	16,0242
0,00993	0,00800	31,0782	25,0378
0,00876	0,00707	27,4164	22,1272
0,00783	0,00631	24,5057	19,7486
0,0118	0,0952	36,930	29,7950
0,0104	0,0841	32,549	26,3210
0,00932	0,00751	29,1690	23,5042

Bu çalışmada kullanılan numune silindirik bir numunedir, yani kesme işlemi devam ederken temasta olan diş sayısı sürekli değişmektedir, buna göre Tablo 4.7 farklı derinlikte kısa adımlı dişlere düşen toplam kuvvet ( $\sum F_{s2}$ ) ve uzun adımlı dişlere düşen toplam kuvvet( $\sum F_{s1}$ ) hesaplanmaktadır.

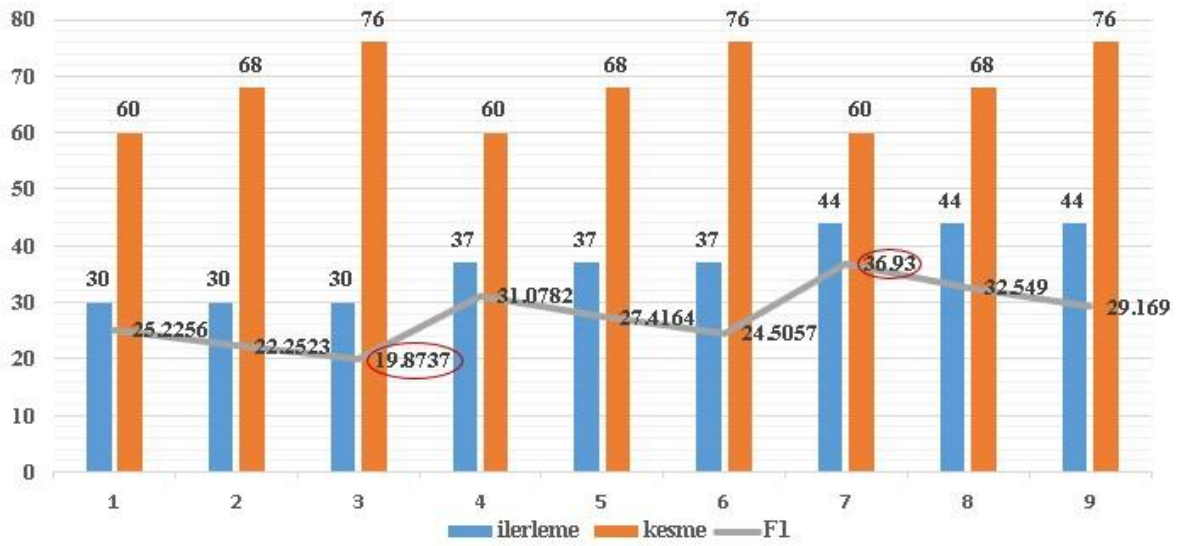
$$\sum F_s = F_s \cdot z_e \text{ (temasta olan diş sayısı)} \quad (4.8)$$

Tabloda 4.7’de yer alan  $\sum F_{s1}$  değeri iş parçasına 15 adet diş temasta iken 4.8’denklemine göre, yani  $\sum F_{s1} = 15 \cdot F_{s1}$  olarak hesaplanmaktadır.  $\sum F_{s2}$  değeri iş parçasına 20 adet diş temasta iken hesaplanmaktadır, yani  $\sum F_{s2} = 20 \cdot F_{s1}$  olarak hesaplanmaktadır. Ayrıca  $\sum F_{s1}$  ve  $\sum F_{s2}$  değerleri aynı derinlikte iken sırayla 15 ve 20 diş temas etmektedir, çünkü diş aralıkları farklıdır. Aynı şekilde farklı bir derinlikte  $\sum F_{s1}$  için 25 diş temasta iken ve  $\sum F_{s2}$  için 30 diş temasta iken yeni değerler Tablo 4.7’de yer almaktadır.

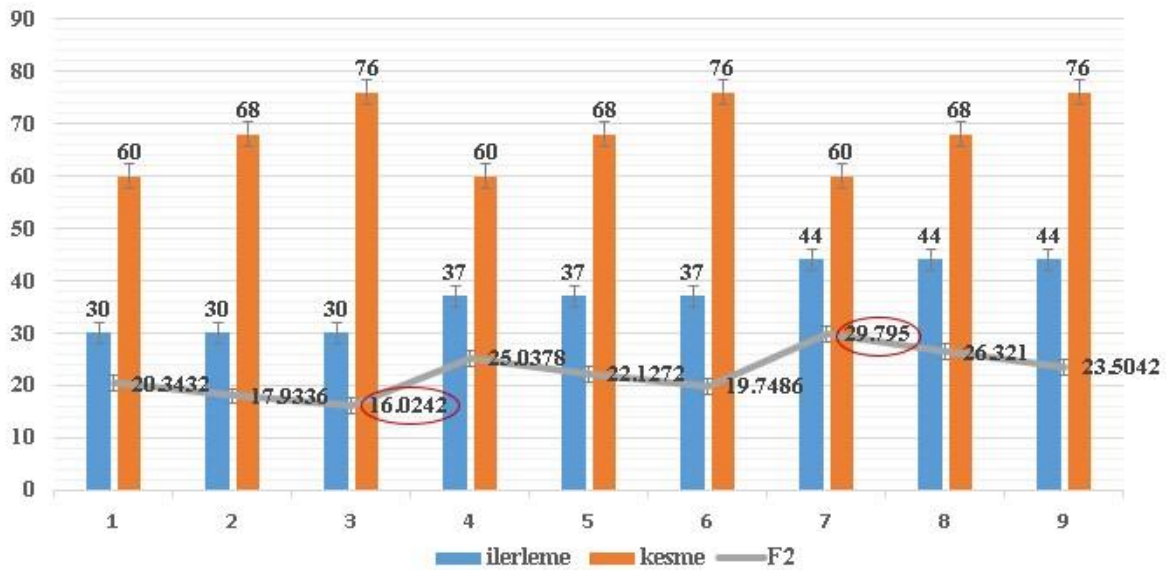
**Tablo 4.7:** İlk deney grubun farklı derinliklerde temasta olan diş sayısına göre toplam kuvvet hesaplamaları

İlerleme hızı (mm/dak)	Kesme hızı (m/dak)	$F_{s1}$ (N)	$F_{s2}$ (N)	$\sum F_{s1}$ (N)	$\sum F_{s2}$ (N)	$\sum F_{s1}$ (N)	$\sum F_{s1}$ (N)
30	60	25,2256	20,3432	378,3845	406,8651	630,6409	610,2976
30	68	22,2523	17,9336	333,7859	358,6672	556,3098	538,0008
30	76	19,8737	16,0242	298,1069	320,4845	496,8449	480,7268
37	60	31,0782	25,0378	466,1735	500,757	776,9558	751,1356
37	68	27,4164	22,1272	411,2467	442,544	685,4112	663,8161
37	76	24,5057	19,7486	367,587	394,9721	612,6449	592,4582
44	60	36,930	29,7950	553,9625	595,9009	923,2708	893,8513
44	68	32,549	26,3210	488,2381	526,4208	813,7302	789,6313
44	76	29,1690	23,5042	437,5365	470,0857	729,2274	705,1285

Şekil 4.3 ve Şekil 4.4’te kesme hızı max “76 mm/dk” olduğu ve ilerleme hızı ise minimum “30 m/dk” olduğu zaman “3. deneme” , her iki şekilde görüldüğü gibi min kuvvet elde edilmektedir. Aynı zamanda kesme hızı min “60 mm/dak” olduğu ve ilerleme hızı ise maksimum “44 m/dk” olduğu zaman “7. deneme” dişler gelen kuvvet maksimum olup testere dişlerin en çok zorlandığı parametre değerleri oluşturmaktadır.



**Şekil 4.3:** 1.Deneyde farklı ilerleme ve kesme hız değerlerinde tek büyük dişe düşen kuvvet



**Şekil 4.4:** 1.Deneyde farklı ilerleme ve kesme hız değerlerinde tek küçük dişe düşen kuvvet

Çalışmamızda belirlenen kesme parametreleri ile yapılan deneylerde kaba yüzeyler ortaya çıkmaktadır (Şekil 4.5).

İlk deney setinde yüzey pürüzlülüğü fazla olmasından kaynaklı, yüzey hassasiyeti ölçümleri yapılamamıştır. 2. deney için aynı kesici şerit ve aynı kesilecek numune ile birbirlerine yakın kesme değerleri ve birbirlerine yakın ilerleme değerleri belirlenmiştir.



**Şekil 4.5:** İlk deney grubtan ortaya çıkan parçalardan biri

#### **4.2 İkinci Deney Grubun Kesme kuvveti Hesaplanması:**

İlk deneydeki sonuçlara bağlı olarak yeni belirlenen kesme ve ilerleme değerleri Tablo 4.8’de verilmiştir. Bu deney grubunda yeni belirlenen kesme ve ilerleme parametreleri kullanarak kesme işlemi yapılmaktadır.

**Tablo 4.8:** İkinci deney grubuna ait kesme ve ilerleme hız değerleri

<b>İlerleme Hızı (mm/dak)</b>	<b>Kesme hızı (m/dak )</b>
27	68
30	68
33	68
34	68
37	68
40	68
40	74
45	74
50	76

Tablo 4.9’da yer alan AS Değerleri 4.2’denklemine göre hesaplanmaktadır, aynı şekilde Q değerleri 4.3’denklemine göre hesaplanmaktadır.

AS1= şerit kalınlığı (b) x talaş kesitin uzunluğu (Q1), AS2 = şerit kalınlığı (b) x talaş kesitin uzunluğu (Q2),  $Q1 = P1.Vf/Vc$  ,  $Q2 = P2.Vf/Vc$

**Tablo 4.9:** İkinci deney grubunda talaş boyutları hesaplanması

İlerleme hızı (mm/dak)	Kesme hızı (m/dak)	Q <sub>1</sub> (mm)	Q <sub>2</sub> (mm)	As <sub>1</sub> (mm <sup>2</sup> )	As <sub>2</sub> (mm <sup>2</sup> )
27	68	4,9	3,9	0,00637	0,00507
30	68	5,4	4,4	0,00702	0,00572
33	68	6,1	4,8	0,00793	0,00624
34	68	6,2	5	0,00806	0,00650
37	68	6,7	5,4	0,00871	0,00702
40	68	7,2	5,8	0,00936	0,00754
40	74	6,7	5,4	0,00871	0,00702
45	74	7,5	6	0,00975	0,00780
50	76	8,3	6,7	0,01075	0,00871

İkinci deney grubunun birinci deney grubundaki değerlerden farkı kesme ve ilerleme parametresi değerleridir. Bundan dolayı kesme sabitinde bir değişme olmamaktadır.

$K_s = 3129,7315 \text{ N/mm}^2$

**Tablo 4.10:** İkinci deney grubunda kesme kuvvet değerlerinin hesaplanması

As <sub>1</sub> (mm <sup>2</sup> )	As <sub>2</sub> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>s1</sub> (N)	F <sub>s2</sub> (N)
0,00637	0,00507	19,94	15,86
0,00702	0,00572	21,97	17,90
0,00793	0,00624	24,81	19,52
0,00806	0,00650	25,22	20,34
0,00871	0,00702	27,25	21,97
0,00936	0,00754	29,29	23,59
0,00871	0,00702	27,25	21,97
0,00975	0,00780	30,51	24,41
0,01075	0,00871	33,64	27,26

Tablo 4.11’de yer alan  $\sum F_{s1}$  değeri iş parçasına 15 adet diş temasta iken 4.8’denklemine göre  $\sum F_{s1} = 15 * F_{s1}$  olarak hesaplanmaktadır.  $\sum F_{s2}$  değeri iş parçasına 20 adet diş temasta iken hesaplanmaktadır. Yani  $\sum F_{s2} = 20 * F_{s1}$  olarak hesaplanmaktadır. Ayrıca



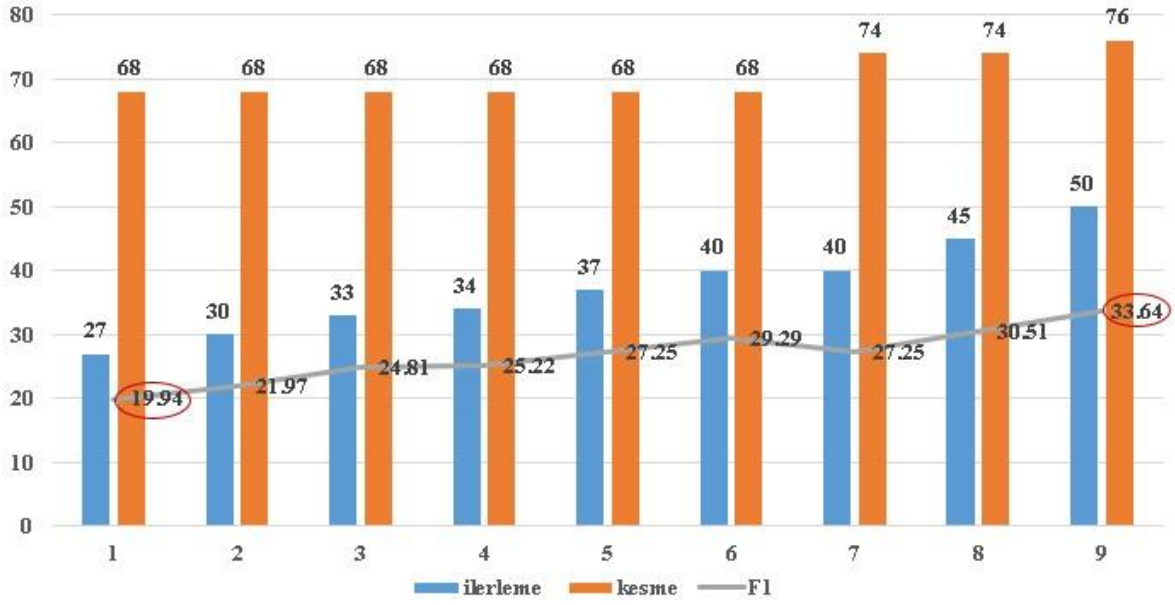
$\Sigma F_{s1}$  ve  $\Sigma F_{s2}$  değerleri aynı derinlikte iken sırayla 15 ve 20 diş temas etmektedir ve bu durum diş aralıklarının farklı olmasından kaynaklanmaktadır.

Aynı şekilde farklı bir derinlikte  $\Sigma F_{s1}$  için 25 diş ve  $\Sigma F_{s2}$  için 30 diş temasta iken yeni değerler Tablo 4.7’de yer almaktadır.

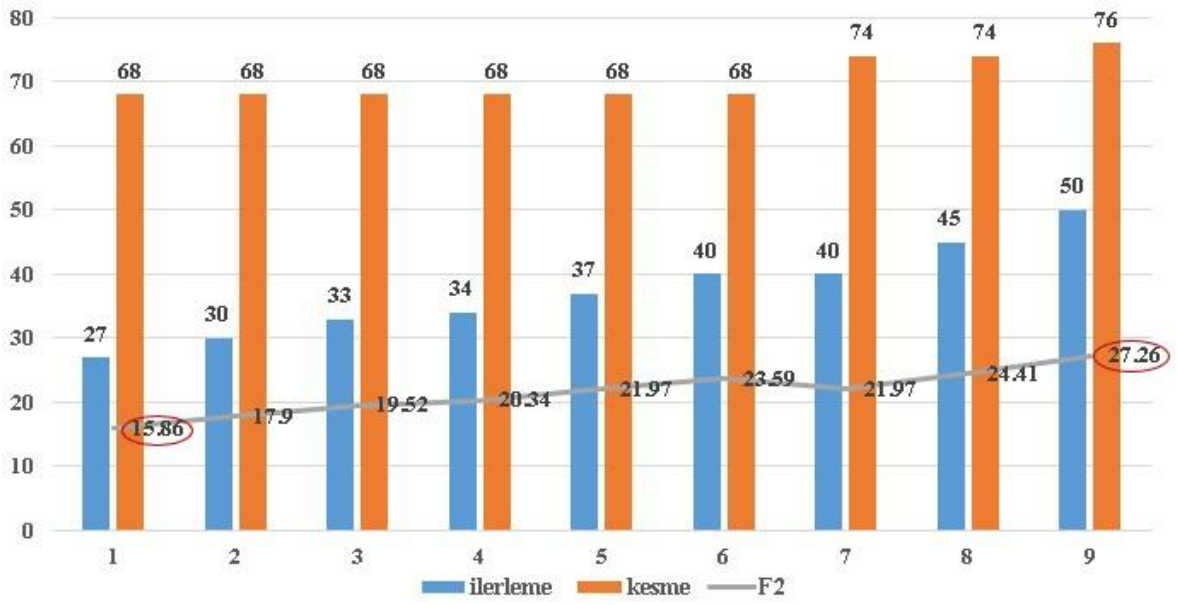
**Tablo 4.11:** İkinci deney grubunda farklı derinliklerde temasta olan diş sayısına göre toplam kuvvet hesaplamaları

<b>İlerleme hızı(mm/dak)</b>	<b>Kesme hızı(m/dak)</b>	<b>F<sub>s1</sub> (N)</b>	<b>F<sub>s2</sub> (N)</b>	<b><math>\Sigma F_{s1}</math> (N)</b>	<b><math>\Sigma F_{s2}</math> (N)</b>	<b><math>\Sigma F_{s1}</math> (N)</b>	<b><math>\Sigma F_{s2}</math> (N)</b>
27	68	19,94	15,86	299,04	317,35	498,40	476,03
30	68	21,97	17,90	329,56	358,04	549,26	537,06
33	68	24,81	19,52	372,28	390,59	620,46	585,88
34	68	25,22	20,34	378,38	406,86	630,64	610,29
37	68	27,25	21,97	408,89	439,41	681,49	659,12
40	68	29,29	23,59	439,41	471,96	732,35	707,94
40	74	27,25	21,97	408,89	439,41	681,49	659,12
45	74	30,51	24,41	457,72	488,23	762,87	732,35
50	76	33,64	27,26	504,66	545,19	841,11	817,79

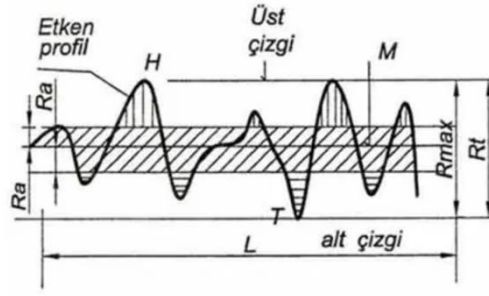
Şekil 4.6 ve şekil 4.7’den görüldüğü gibi, kesme hızı sabit ve ilerleme hızı arttıkça diş başına düşen talaş miktarı ve kuvvet artmaktadır. 6. ve 7. denemelere bakıldığında ise ilerleme hızı sabit ve kesme hızı 68 m/dak’dan 74 m/dak’ya arttığında diş başına talaş miktarı düşmektedir. Bu yüzden Şekil 4.6 gösterildiği gibi F1 kuvveti 29,29 N’dan 27,25 N’a düşmektedir. Aynı zamanda Şekil 4.7 F2 kuvveti 23,59 N’dan 21,97 N’a düşmektedir.



Şekil 4.6: 2.Deneyde farklı ilerleme ve kesme hız değerlerinde tek büyük dişe düşen kuvvet



Şekil 4.7: 2.Deneyde farklı ilerleme ve kesme hız değerlerinde tek küçük dişe düşen kuvvet



**Şekil 4.8:** Parçanın yüzeyindeki şekil ve dalgalanmalar[10]

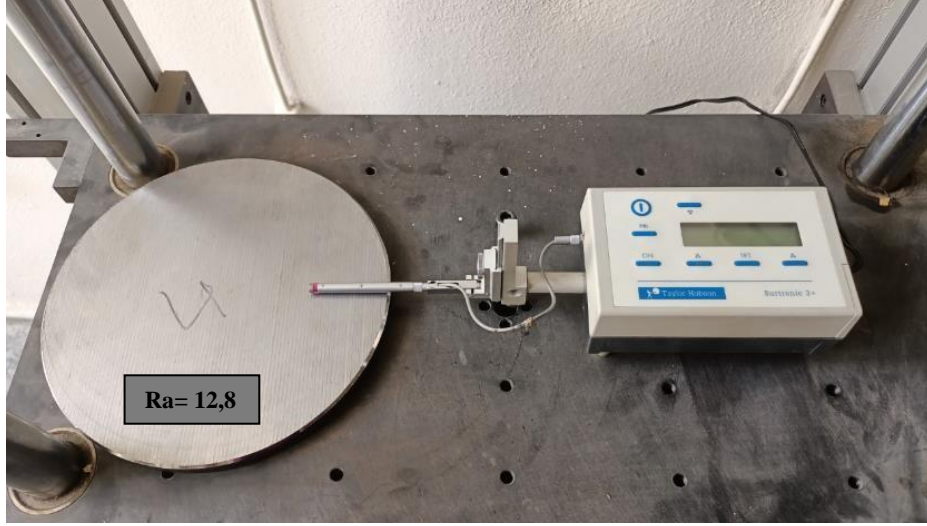
Burada;

- L** : Sınırlandırılan uzunluk (mm)  
**H** : Geometrik profil üst sınırı  
**M** : Profil ortalama çizgisi  
**Ra** : Ortalama pürüzlülük değeri ( $\mu\text{m}$ )  
**Rt** : Pürüzlülük yüksekliği ( $\mu\text{m}$ )  
**Rmax** : En büyük pürüzlülük değeri ( $\mu\text{m}$ )

Tablo 4.12’de görüldüğü gibi 2. ve 3. denemelerde kesme hızı sabit 68 m/dak ve ilerleme hızı 30 mm/dak’ dan 33 mm/dak arttıkça, ortalama pürüzlülük değeri Ra 13.6  $\mu\text{m}$ ’ den 14 .0  $\mu\text{m}$  ve 10.6  $\mu\text{m}$ ’ den 11.2  $\mu\text{m}$  artmaktadır. Yani yüzey kalitesi düşmektedir. Şekil 4.9’da yüzey pürüzlüğü ölçümleri verilmiştir. 6. ve 7. denemelere bakıldığında ise ilerleme hızı sabit 40 m/dak ve kesme hızı 68 m/dak’dan 74 m/dak’ya artmasıyla ortalama pürüzlülük değeri Ra 15.8  $\mu\text{m}$ ’ den 11.8  $\mu\text{m}$  ve 10  $\mu\text{m}$ ’ den 8.6  $\mu\text{m}$  düşmektedir, yani yüzey kalitesi iyileşmektedir. Bunun nedeni diş başına düşen talaş miktarının düşmesidir.

**Tablo 4.12:** İkinci deney ilerleme ve kesme grubuna ait ortalama yüzey pürüzlüğü

Deney No	Ra		İlerleme hızı (mm/dak)	Kesme hızı (m/dak)
	1. Ölçme	2. Ölçme		
1	8,8	8,4	27	68
2	13,6	10,6	30	68
3	14,00	11,2	33	68
4	12,8	8,6	34	68
5	13,4	9,6	37	68
6	15,8	10	40	68
7	11,8	8,6	40	74
8	16,4	9	45	74
9	15,4	13,4	50	76



**Şekil 4.9:** 2.Deneyde ilerleme hızı 34 mm/dak ve kesme hızı 68 m/dak değerlerinde olduğunda ortaya çıkan yüzey

### 4.3 Deney Numune Parça Resimleri

Şekil 4.10 incelendiğinde,  $V_f=30$  m/dak ilerleme hızı ve  $V_c=60$  m/dak kesme hızında yapılan kesme işlemi sonucunda kaba bir yüzey elde edildiği görülmektedir.



**Şekil 4.10:** 2.Deneyde ilerleme hızı 30 mm/dak ve kesme hızı 60 m/dak değerlerinde olduğunda ortaya çıkan yüzey

Şekil 4.11’de Kesme hızı 60 m/dak ‘den 68 m/dak değerine yükseltilerek kesici dişlerin daha hızlı hareket etmesi ve ilerleme hızının sabit tutulmasından kaynaklı büyük kesici diş için kesme kuvveti  $F_1$  25,2256 N’dan  $F_1$  22,2523 N’a ve küçük kesici diş için kesme kuvveti  $F_2$  20,3432 N’dan  $F_2$  17,9336 N’a kadar düştüğü ve yüzey pürüzlüğünün azaldığını görülmektedir.



**Şekil 4.11:** 2.Deneyde ilerleme hızı 30 mm/dak ve kesme hızı 68 m/dak değerinde olduğunda ortaya çıkan yüzey

Şekil 4.12'deki durum Şekil 4.11'deki durum ile aynı olup kuvvetler F1 22,2523 N'dan 19,8737N'a ve F2 17,9336 N'dan 16,0242 N'a düşmektedir. Kesme kuvvetlerinin düşmesiyle yüzey kalitesi iyileşmiştir.



**Şekil 4.12:** 2.Deneyde ilerleme hızı 30 mm/dak ve kesme hızı 76 m/dak değerinde olduğunda ortaya çıkan yüzey

Şekil 4.13'te görülen yüzey pürüzlülüğü Şekil 4.10'daki görülene göre daha pürüzlü bir yüzey ortaya çıkmıştır. Şekil 4.10'da büyük kesici dişlerin F1 kuvveti 25,2256 N iken Şekil 4.13'teki F1 kuvveti 31,0782 N'a çıkmıştır. Aynı şekilde küçük kesici dişlerin F2 kuvveti 20,3432 N'dan 25,0378 N'a kadar yükseldiği görülmektedir. Bu yükselişin nedeni ise şerit dönme hızı yani kesme hızı sabit olup aşağıya hareketi yani ilerleme hızı arttırmaktır, çünkü bu durumda her dişe düşen talaş miktarı artmaktadır.



**Şekil 4.13:** 2.Deneyde İlerleme hızı 37 mm/dak ve kesme hızı 60 m/dak kullanırken ortaya çıkan yüzey

Şekil 4.14'te her deney için program bittiği zaman, kullanılan tezgah ekranı işlemin tamamlandığını ve yeni program için resetleme yapılmasını göstermektedir.



**Şekil 4.14:** 2.Deneyde “Program tamamlandı yeni program için resetleyiniz” Gösteren ekran görüntüsü

Şekil 4.15'te otomatik çalışma ekranında testerenin X, Y ve Z eksenlerdeki konumu, kesme ve ilerleme hızları, sapma değeri, akım göstergesi, çalışma zamanı vs. parametreleri göstermektedir.



**Şekil 4.15:** Otomatik çalışma Ekran görüntüsü

Şekil 4.16’da istatistik sayfasında makinenin çalışma saatleri, açık zamanı, kesim alanı, kesim sayısı ve makinede kullanılmış şerit testere sayısı göstermektedir.



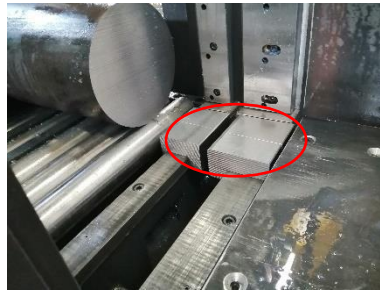
Şekil 4.16: İstatistik ekran görüntüsü

Şekil 4.17’de makinenin kontrol paneli, başla-dur tuşları, acil durum botunu, flaş bellek girişi, malzemeyi sıkıştırma-bırakma ve testere hareketinin kontrolü için kullanılan kolları göstermektedir.



Şekil 4.17: Makinenin kontrol paneli

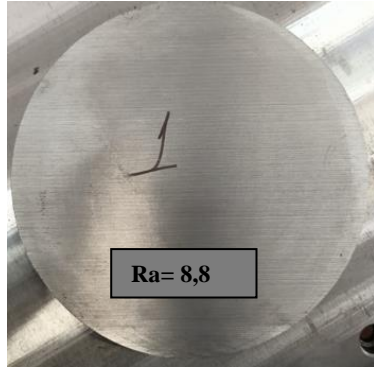
Şekil 4.18’de kırmızı elipsle gösterilen ve lukma olarak isimlenen parçalar kesilen malzeme düşerek testereye zarar vermemesi ve çalışan operatör tehlikeye atmaması için kullanılır.



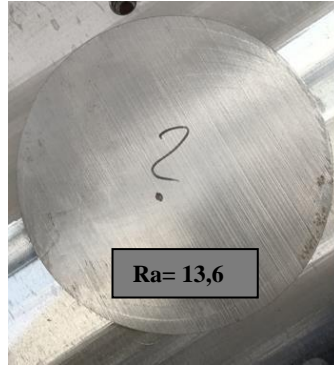
Şekil 4.18: Numune tutma parçaları



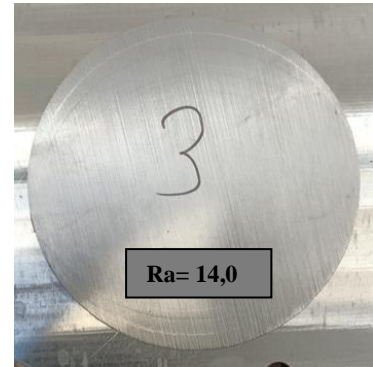
Şekil 4.19’de yapılan deneylerden elde edilen parça yüzeyleri ve her numuneye yapılan birinci ölçüme göre Ra ( $\mu\text{m}$ ) ortalama yüzey pürüzlülük değerleri gösterilmektedir.



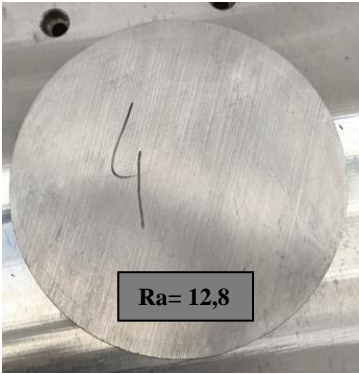
(Vf=27 mm/daK ,Vc=68 m/dak)



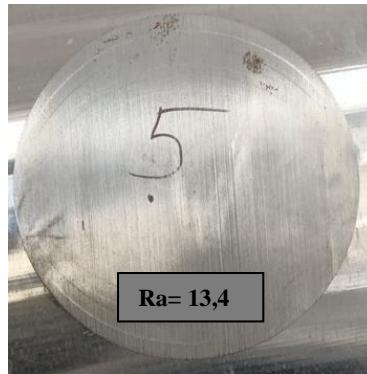
(Vf=30 mm/daK ,Vc=68 m/dak)



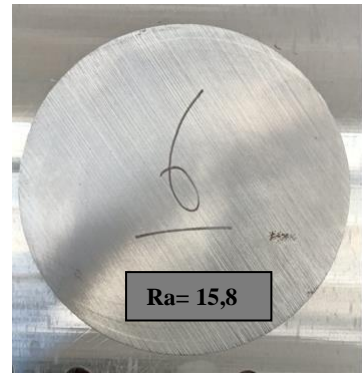
(Vf=33 mm/daK ,Vc=68 m/dak)



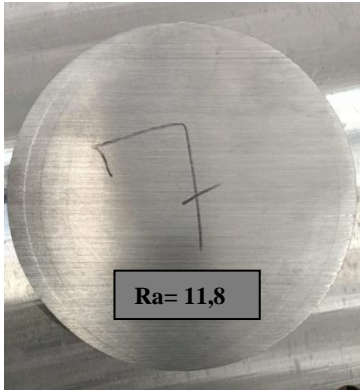
(Vf=34 mm/daK ,Vc=68 m/dak)



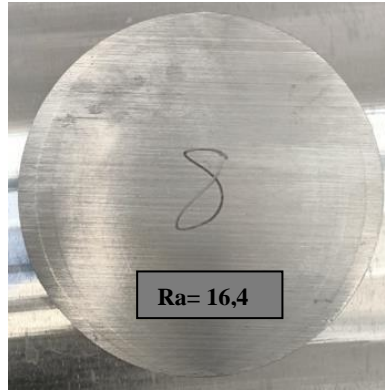
(Vf=37 mm/daK ,Vc=68 m/dak)



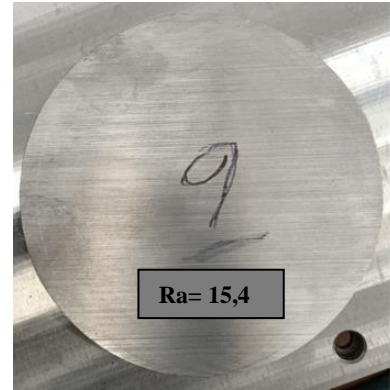
(Vf=40 mm/daK ,Vc=68 m/dak)



( Vf=40 mm/daK ,Vc=74 m/dak)



(Vf=45 mm/daK ,Vc=74 m/dak)



(Vf=50 mm/daK ,Vc=76 m/dak)

Şekil 4.19: Farklı ilerleme ve kesme hızlarına göre ortaya çıkan yüzey pürüzlülüğü gösterilmektedir.



## 5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Pin Li ve Ark. kesme parametrelerinin optimum değerlerini belirlemek için çalışma yapmıştır. Kesme hızı, ilerleme hızı ve diğer kesme parametrelerinin uygun seçilmesi gerektiğini bulmuştur. Kesme hızının olması gereken değerden yüksek girildiğinde, testerede aşırı titreşime sebep olduğunu görmüştür. Bu nedenle testere dişlerinin normal aşınma süresinin daha kısa zamanda gerçekleştiğini ispatlamıştır. Aynı zamanda kesme hızı olması gereken değerlerden düşük seçilirse, testerenin kesim verimliğinin yüksek miktarda düşmesine neden olduğunu bulmuştur. Yapmış olduğumuz çalışmada ise Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'te görüldüğü gibi kesme hızı max “76 mm/dk” olduğu ve ilerleme hızı ise minimum “30 m/dk” olduğu zaman “3. deneme”, her iki şekilde görüldüğü gibi min kuvvet elde edilmektedir. Aynı zamanda kesme hızı min “60 mm/dk” olduğu ve ilerleme hızı ise maksimum “44 m/dk” olduğu zaman “7. denemede” dişlere gelen kuvvet maksimum olup testere dişlerin en çok zorlandığı parametre değerlerini oluşturmaktadır. Yani Pin Li ve Ark. bulmuş olduğu sonuç kesme hızı düşmesi halinde kesme işleminin veriminin azaldığını bulmuşlar ve bu da bizim çalışma ile uyumludur. Çünkü dişlere gelen kuvveti kesme hızı düştükçe arttığını ispatlamıştık ve bu da verimin düştüğünü göstermektedir.

Bhattacharya, A., Das, S., Majumder, P., & Batish, Ark. yapmış oldukları çalışmada Taguchi Yöntemini kullanarak yüzey pürüzlülüğü ve güç tüketimi miktarına en çok etki eden parametrelerin kesme parametresi ve kesme hızı olduğunu belirtmiştir. Kesme hızının yüzey pürüzlülüğü üzerinde %83 etki ettiğini bulmuştur. Kesme hızının artmasıyla yüzey kalitesi de artmaktadır. Yapmış olduğumuz çalışmada aynı sonuca elde ettik, Şekil 4.11'de Kesme hızı 60 m/dak 'den 68 m/dak değerine yükseltilerek kesici dişlerin daha hızlı hareket etmesi ve ilerleme hızının sabit tutulmasından kaynaklı büyük kesici diş için kesme kuvveti  $F_1=25,2256$  N'dan  $F_1=22,2523$  N'a ve küçük kesici diş için kesme kuvveti  $F_2=20,3432$  N'dan  $F_2=17,9336$  N'a kadar düştüğü ve yüzey pürüzlüğünün azaldığını görülmektedir.

Jian-guang Li ve Ark. (2014), optimum kesme parametreleri kullanarak enerji tüketimini azaltabilmeyi araştırmışlar. İlk olarak uygun kesme parametreleri kullanılırsa enerjiden tasarruf edilebilir. İkinci sonuç optimum kesme parametreleriyle enerji tasarrufu ile yüksek üretim hızı sağlanabileceğini göstermişler. Son olarak ilerleme hızı ve devir sayısını arttırarak optimum kesme parametrelerinin elde edilebileceğini ispatlamışlardır.

Jing Ni luli M.S.H. Al-Furjan Jing Xu Xiao Yang 2017 yılında yaptıkları çalışmada şerit testere kesme işlemi araştırmışlardır. Kesme işleminde kesme kuvvetini etkileyen unsurlar, temasta olan diş sayısı, aralıklı besleme hareketi ve diş arasındaki mesafelerdir. Temasta olan diş sayısı artarsa bir diş başına düşen kuvvet azalır. Yapmış olduğumuz çalışmada Tabloda 4.7’de yer alan  $F_{s1}$  değeri ilk derinlikte iş parçasına 15 adet diş temasta iken  $F_{s2}$  değeri iş parçasına 20 adet temas etmektedir, yapmış olduğumuz tüm deneylerde diş başına gelen  $F_{s2}$   $F_{s1}$  kuvvetinden küçüktür. Yani  $F_{s2}$  temasta olan diş sayısı  $F_{s1}$ ’den daha fazla olduğu için  $F_{s2}$  diş başına gelen kuvvet  $F_{s1}$ ’den daha küçüktür. Böylece bizde aynı sonuca varmış oluyoruz. Temasta olan diş sayısı arttıkça diş başına düşen kuvvet azalır.

Kademeli Tornalama, Taguchi Yöntemi kullanılarak kesme parametrelerinin kesme kuvvetlerine ettiği etkinin optimizasyonudur. 2020’de bu çalışmayı gerçekleştiren İynen ve Ark. Deneylerde AISI 4140 çeliği CNC torna tezgâhı kullanarak radyal kuvvet ( $F_x$ ), teğetsel kuvvet ( $F_y$ ) ve besleme kuvveti ( $F_z$ ) araştırmışlardır. Kesme hızın değerleri arttığı zaman  $F_x$ ,  $F_y$  ve  $F_z$  azalırken kesme derinliği değerlerin artması ile  $F_x$ ,  $F_y$  ve  $F_z$  artar. Tabloda 4.7’de yer alan  $\sum F_{s1}$  değeri iş parçasına 15 adet diş temasta iken  $\sum F_{s1}15 = 15 * F_{s1}$ , aynı şekilde farklı bir derinlikte  $\sum F_{s1}$  için 25 diş temasta iken  $\sum F_{s1}25 = 25 * F_{s1}$  hesaplanmaktadır.  $F_{s1}$  değeri sabit olduğundan dolayı derinlik artması ile toplam kuvvet artmaktadır.

## 6. SONUÇLAR

Kesme parametreleri kesme işlemine farklı miktarlarda etki etmektedir. Bu çalışmada ilerleme hızı ve kesme hızı parametreleri dikkate alınmıştır. Bu parametrelere farklı değerler verilip kesme işlemi incelenmiştir. Kesme işlemi çalışması yapıldığında kesme parametrelerinin her birinin kesme işlemine katkısına göre optimum değerler belirlenmektedir. Bu kriterler birbirine bağlı olduğu için optimum kesme işlemi bu kriterlere göre gerçekleştirmeye çalışılmaktadır. Minimum kuvvet ile kesme işlemi yaparsak işleme zamanı artacaktır ve bu durumda maliyetlerimiz de artacaktır. Aynı şekilde eğer işleme zamanının kısa olması ana hedef ise bir dişe düşen talaş miktarı artacaktır ve böylece kesme kuvveti de artacaktır. Bu durum ise kesicinin erken aşınmasına veya kırılmasına neden olacaktır.

Kesme işlemi sırasında kesici uçları farklı kuvvetlere maruz kalmaktadır. Bu kuvvetlerden en belirgin etkiye sahip olanı diş başına düşen talaş miktarıdır. Bir dişin kaldırması gereken talaş miktarı arttıkça ona düşen kuvvet artmaktadır. Tabloda 4.7’de yer alan Fs1 değeri ilk derinlikte iş parçasına 15 adet diş temasta iken Fs2 değeri iş parçasına 20 adet temas etmektedir. Yapmış olduğumuz tüm deneylerde diş başına gelen Fs2 kuvveti Fs1 kuvvetinden küçüktür. Yani Fs2 temasta olan diş sayısı Fs1’den daha fazla olduğu için Fs2 diş başına gelen kuvvet Fs1’den daha küçüktür. Çünkü temasta olan diş sayısı arttıkça diş başına düşen kuvvet azalır.

İlerleme hızını sabit tutarak kesme hızını arttırdıkça diş başına düşen talaş miktarı azalmaktadır. Şekil 4.11’de kesme hızı 60 m/dak ‘dan 68 m/dak değerine yükseltilerek kesici dişlerin daha hızlı hareket etmesi ve ilerleme hızının sabit tutulmasından kaynaklı büyük kesici diş için kesme kuvveti F1 25,2256 N’dan F1 22,2523 N’a ve küçük kesici diş için kesme kuvveti F2 20,3432 N’dan F2 17,9336 N’a kadar düştüğü ve yüzey pürüzlüğünün azaldığını görülmektedir.

Kesme hızı sabit tutup ilerleme hızını arttırsak diş başına düşen talaş miktarı artacaktır ve böylece kesme kuvvetininse artacaktır. Şekil 4.13’te görülen yüzey pürüzlülüğü Şekil 4.10’daki görülene göre daha pürüzlü bir yüzey ortaya çıkmıştır. Şekil 4.10’da büyük kesici dişlerin F1 kuvveti 25,2256 N iken Şekil 4.13’teki F1 kuvveti 31,0782 N’a çıkmıştır. Aynı şekilde küçük kesici dişlerin F2 kuvveti 20,3432 N’dan 25,0378 N’a kadar yükseldiği görülmektedir. Bu yükselişin nedeni ise şerit dönme hızı yani kesme hızı sabit olup aşağıya

hareketi yani ilerleme hızı arttırmaktır, çünkü bu durumda her dişe düşen talaş miktarı artmaktadır.

İlk deneyler sonucunda ilerleme hızı 30 m/dak ve kesme hızı 76 mm/dak olduğunda optimum kesme değerlerinin elde edildiği görülmüştür. Aynı zamanda ilerleme hızı 44 m/dak ve kesme 60 mm/dak seçildiğinde en riskli ve maliyetli durumun ortaya çıktığı görülmüştür.

İkinci deneyler sonucunda ilerleme hızı 27 m/dak ve kesme hızı 68 mm/dak olduğunda optimum kesme değerlerinin elde edildiği görülmüştür. Aynı zamanda ilerleme hızı 50 m/dak ve kesme 76 mm/dak seçildiğinde en riskli ve maliyetli durumun ortaya çıktığı görülmüştür.

## 7. KAYNAKLAR

- [1] A. Bhattacharya, S. Das, P. Majumder, and A. Batish, “Estimating the effect of cutting parameters on surface finish and power consumption during high speed machining of AISI 1045 steel using Taguchi design and ANOVA,” *Prod. Eng.*, vol. 3, no. 1, pp. 31–40, 2009, doi: 10.1007/s11740-008-0132-2.
- [2] O. İYNEN, A. ŞAHİNOĞLU, M. ÖZDEMİR, and V. YILMAZ, “Optimization of the Effect of Cutting Parameters on the Cutting Force in the Gradual Turning Process by Taguchi Method,” *J. Inst. Sci. Technol.*, vol. 10, no. 3, pp. 1909–1918, 2020, doi: 10.21597/jist.697433.
- [3] A. Sarıışık and O. Karpat, “Investigation of Diamond Circular Saw Cutting Performance in Blended Pumice Lightweight Concrete,” *Afyon Kocatepe Univ. J. Sci. Eng.*, vol. 15, no. 1, pp. 11–23, 2015, doi: 10.5578/fmbd.8959.
- [4] L. Makina, “D250 Daire Testere Tezgahı,” website, 2016. <https://www.lidermakina.com/d250-daire-testere-tezgahi-urunler>
- [5] B. Sawing M., “BMSO 440 CGH/CGS NC,” website, 2019. [https://www.bekamak.com/images/katalog/bekamak\\_katalog\\_2019\\_2.pdf](https://www.bekamak.com/images/katalog/bekamak_katalog_2019_2.pdf)
- [6] Kel\_Bald, “Şerit Testere Makinesi,” website, 2008. <http://img.webme.com/pic/c/cebrailirmak/serit.jpg>
- [7] İ. Asiltürk, “TESTERE İLE KESME İŞLEMİNDE YAPAY ZEKA TABANLI ADAPTİF KONTROL UYGULAMASI,” SELÇUK ÜNİVERSİTESİ, 2007.
- [8] T. T. A., “Diş Tipleri ve geometrisi,” website. <https://images.app.goo.gl/2dmPMGBt7AjBRm9L6>
- [9] A. D. /İTÜ Ü. MUSTAFA, TALAŞ KALDIRMA BİLİMİ VE TEKNOLOJİSİ CNC TAKIM TEZGAHLARI VE ÜRETİM OTOMASYONU. ISTANBUL: Birsen Yayınevi Ltd. Şti, 2012.
- [10] M. Eğtimi, “Teknik Resimde Yüzey Pürüzlülüğü,” website. <https://www.makinaegitimi.com/teknik-resimde-yuzey-puruzlulugu/>
- [11] N. Sengun et al., “Estimating the effect of cutting parameters on surface finish and power consumption during high speed machining of AISI 1045 steel using Taguchi

- design and ANOVA,” *Int. J. Mach. Tools Manuf.*, vol. 3, no. 3, pp. 117–124, 2010, doi: 10.1016/S0890-6955(98)00087-X.
- [12] İ. UCUN, B. GÖKÇE, M. S. EKEN, K. ASLANTAŞ, İ. S. BÜYÜKSAĞIŞ, and S. TAŞGETİREN, “Determination of Optimum Cutting Parameters in Sawing Process Using Diamond Cutting Disc by Taguchi Method,” *Afyon Kocatepe Univ. J. Sci. Eng.*, vol. 15, no. 3, pp. 6–16, 2015, doi: 10.5578/fmbd.10586.
- [13] A. Albrecht, S. S. Park, Y. Altintas, and G. Pritschow, “High frequency bandwidth cutting force measurement in milling using capacitance displacement sensors,” *Int. J. Mach. Tools Manuf.*, vol. 45, no. 9, pp. 993–1008, 2005, doi: 10.1016/j.ijmachtools.2004.11.028.
- [14] T. J. Ko and H. S. Kim, “Mechanistic cutting force model in band sawing,” *Int. J. Mach. Tools Manuf.*, vol. 39, no. 8, pp. 1185–1197, 1999, doi: 10.1016/S0890-6955(98)00087-X.
- [15] B. Li and Z. Zhang, “Analysis and optimization of the tensioning effect on a wood-cutting circular Saw blade tensioned by multispot pressure,” *For. Prod. J.*, vol. 69, no. 1, pp. 61–69, 2019, doi: 10.13073/FPJ-D-17-00063.
- [16] P. Li, J. Feng, F. Zhu, H. Davari, L. Y. Chen, and J. Lee, “A deep learning based method for cutting parameter optimization for band saw machine,” *Proc. Annu. Conf. Progn. Heal. Manag. Soc. PHM*, vol. 11, no. 1, 2019, doi: 10.36001/phmconf.2019.v11i1.769.
- [17] J. Ni, L. Li, M. S. H. Al-Furjan, J. Xu, and X. Yang, “Establishment and verification of a dynamic cutting force model for metal bandsawing,” *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 90, no. 9–12, pp. 2703–2712, 2017, doi: 10.1007/s00170-016-9568-2.
- [18] H. Öktem, “An integrated study of surface roughness for modelling and optimization of cutting parameters during end milling operation,” *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 43, no. 9–10, pp. 852–861, 2009, doi: 10.1007/s00170-008-1763-3.
- [19] A. G. Ulsoy and C. D. Mote, “Vibration of Wide Band Saw Blades.,” *Am. Soc. Mech. Eng.*, vol. 104, no. February 1982, pp. 71–78, 1981.
- [20] U. İ. L. E. R. İ and K. T. İ. Ye, “28 - 30 EYLÜL 2005 4 th INTERNATIONAL ADVANCED TECHNOLOGIES SYMPOSIUM,” 2005.
- [21] J. J. Junz Wang, S. H. Wu, and R. S. Lee, “Chip fractal geometry and loading characteristics of sinusoidal multi-cutters in hack-sawing process,” *Int. J. Mach. Tools Manuf.*, vol. 59, pp. 65–80, 2012, doi: 10.1016/j.ijmachtools.2012.01.005.
- [22] P. Moradpour, K. Doosthoseini, F. Scholz, and A. Tarmian, “Cutting forces in bandsaw processing of oak and beech wood as affected by wood moisture content and cutting

- directions,” *Eur. J. Wood Wood Prod.*, vol. 71, no. 6, pp. 747–754, 2013, doi: 10.1007/s00107-013-0734-z.
- [23] H. Kumar, M. Abbas, A. Mohammad, and H. Z. Jafri, “Optimization of cutting parameters in CNC Turning,” *Int. J. Eng. Res. Appl.* [www.ijera.com](http://www.ijera.com), vol. 3, no. 3, pp. 331–334, 2013.
- [24] N. Sengun, R. Altindag, and S. Demirdag, “Investigation into Variations of Saw Rotation and Noise Level in Cutting by Circular Saw,” *Pamukkale Univ. J. Eng. Sci.*, vol. 19, no. 3, pp. 121–126, 2013, doi: 10.5505/pajes.2013.98698.
- [25] A. G. Ulsoy, C. D. Mote, and R. Szymni, “Principal developments in band saw vibration and stability research,” *Holz als Roh- und Werkst.*, vol. 36, no. 7, pp. 273–280, 1978, doi: 10.1007/BF02610748.
- [26] W. H. Gau, K. N. Chen, and Y. L. Hwang, “Model updating and structural optimization of circular saw blades with internal slots,” *Adv. Mech. Eng.*, vol. 2014, 2014, doi: 10.1155/2014/546496.

# ÖZGEÇMİŞ

## Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Ahmed MULAITAT

Doğum tarihi ve yeri: **03/06/1995**

E-posta : ad\_hd2014@hotmail.com

## Öğrenim Bilgileri

Derece	Okul/Program	Yıl
Y. Lisans	Balıkesir Üniversitesi / Makin Mühendisliği	2019-2022
Lisans	Balıkesir Üniversitesi/ Makine Mühendisliği	2015-2019
Lise	Beat Furek Boys High School	2009-2013

Hasan Ali CİVELEK, Mehmet Berkan ALISIN OĞLU, Ahmed MULAITAT, Prof. Dr. Kadir ÇAVDAR, Prof. Dr. Ali ORAL, “Şerit Testere Makinelerinde Kesme Kuvvetinin Deneysel Olarak Belirlenmesi”, IV. INTERNATIONAL ANKARA MULTIDISCIPLINARY STUDIES CONGRESS, 629-639, 29-31 July 2022, Ankara Turkey.