

**T.C.
ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**İŞ MAKİNELERİ ŞANZİMAN KAPAĞININ
TORNALANMASINDA KESME PARAMETRELERİNİN
BELİRLENMESİ VE ÜRETİM MALİYETİNE ETKİSİNİN
İNCELENMESİ**

Berna ERDOĞAN

**Danışman
Prof. Dr. Melek USAL**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE VE İMALAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA- 2019**



© 2019 [Berna ERDOĞAN]

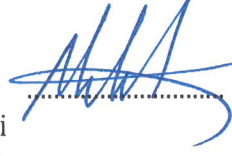
TEZ ONAYI

Berna ERDOĞAN tarafından hazırlanan "İş Makineleri Şanzıman Kapağının Tornalanmasında Kesme Parametrelerinin Belirlenmesi ve Üretim Maliyetine Etkisinin İncelenmesi" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Makine ve İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Prof. Dr. Melek USAL

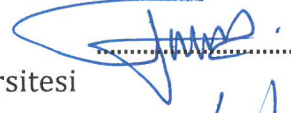
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi



Jüri Üyesi

Doç. Dr. Fatih TAYLAN

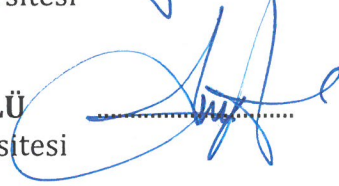
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi



Jüri Üyesi

Dr. Öğretim Üyesi Lokman YÜNLÜ

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi



Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Yusuf UÇAR

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Berna ERDOĞAN



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Talaşlı İmalat.....	4
1.2. Tornalama	5
1.3. Metal Kesmenin Temelleri	6
1.4. İşlenebilirlik.....	9
1.4.1. İş parçası malzemesi	9
1.5. Talaş Oluşumu	11
1.5.1. Talaş tipleri.....	12
1.5.2. Talaş oluşumunu etkileyen faktörler	13
1.5.3. Talaşlı kaldırma türleri.....	14
1.6. Kesme Kuvvetleri.....	15
1.7. Yüzey Pürüzlülüğü	17
1.7.1. Yüzey pürüzlülüğü ölçme yöntemleri.....	19
1.7.2. Yüzey pürüzlülüğü ölçümünde kullanılan standartlar	21
1.8. Kesici Takımlar	22
1.9. Takım Aşınması ve Ölçümü	28
1.9.1. Ana serbest yüzey aşınması.....	30
1.9.2. Talaş yüzeyi aşınması.....	30
1.9.3. Çentik aşınması.....	31
1.9.4. Yan yüzey aşınması	31
1.9.5. Kesici takım aşınmasını etkileyen faktörler	32
1.10. Takım Ömrü	32
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	35
3. MATERYAL VE YÖNTEM	39
3.1. Materyal	39
3.1.1. CNC torna tezgâhının özellikleri ve teknik detayları.....	39
3.1.2. İş parçası ve özellikleri.....	42
3.1.3. Kesici uç ve takım tutucu	44
3.1.4. Yüzey pürüzlülük cihazı	44
3.2. Yöntem.....	46
3.2.1. Deney tasarımı, tezgâh programlama	46
3.2.2. Kesme parametreleri	48
3.2.3. Yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi.....	48
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	50
4.1. Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Etkisi	50
4.2. Kesme Parametrelerinin Takım Aşınması ve Takım Ömrüne Etkisi.	51
4.3. Kesme Parametrelerinin Üretim Maliyetine Etkisi	53
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	54

5.1. Sonuç	54
5.2. Öneriler	58
KAYNAKLAR	59
ÖZGEÇMİŞ.....	65



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

İŞ MAKİNELERİ ŞANZIMAN KAPAĞININ TORNALANMASINDA KESME PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ VE ÜRETİM MALİYETİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Berna ERDOĞAN

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Makine ve İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Melek USAL

Şanzıman; motordan kavrama yolu ile aldığı hareketi istenilen tork değerinde, shaft veya diferansiyele iletilmesini sağlayan dişli grubudur. Şanzıman kapağında ise makine parçaları ve otomotiv endüstrisinde yaygın kullanılmakta olan gri dökme demir malzeme tercih edilmektedir. Gri dökme demir en yaygın kullanılan dökme demir tür olup ön ısıtma ve kaynak sonrası soğuma hızı gibi önlemler alınarak kullanılmaktadır. Gri dökme demire çeliğe uygulanan benzer ısıl işlemlerle su verilebilmekte, temperlenebilmektedir. Başlıca avantajlar ise daha iyi işlenebilirlik, daha yüksek aşınma direnci ve mukavemet, daha iyi boyutsal kararlılıktır.

Bu tez çalışmasında, DDL-25 gri dökme demir malzemenin bilgisayar kontrollü torna tezgâhında kesme parametreleri test edilmiştir. Yapılan çalışmada, sabit talaş derinliğinde VCMT160408 uç yarıçapı 0,8 mm geometrisine sahip PVD kaplamalı ((Ti, Al) N+TiN) kesici kullanılmıştır. Kesme hızı parametreleri (200 m/dk - 450 m/dk - 700 m/dk), ilerleme hızı parametreleri (0.08 mm/dev - 0.15 mm/dev - 0.20 mm/dev) değiştirilerek deneyler yapılmıştır. Deneyler sonucunda kesme hızındaki artışla yüzey kalitesinde iyileşme ve ilerleme hızındaki artışla da yüzeyde bozulma olduğu gözlemlenmiştir.

İş makinelerinin şanzımanında kullanılan DDL-25 gri dökme demir (sertliği 180-250 HB, min çekme dayanımı 250 N/mm²) malzemesinin torna işlemi operasyonları incelenmiştir. VCMT160408 kesici takım, 32'lik torna kateri ile birlikte kullanılmıştır.

Eğer üretim süresi ve üretim maliyeti öncelikli ise ilerleme hızı ve kesme hızı bir miktar mevcut şartların üzerinde olması gerektiğinden 450 m/dak kesme hızı ve 0,15 mm/dev ilerleme hızlarının uygun olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda ilerleme hızındaki artıştan dolayı yüzey pürüzlüğünde gerçekleşen mikro seviyedeki artış göz önünde bulundurulmalıdır.

9 saatlik günlük çalışma süresinde ve mevcut çalışma şartlarında günde 9 adet parça üretilmektedir. Yapılan deneyler sonucu önerilen 5. durumda ise günde 11 adet parça üretildiği tespit edilmiştir.

Üretilmesi düşünölen 300 adet şanzıman kapağı mevcut alışma Şartlarında, günde 9 adet üretmek suretiyle 33 günde bitirilebilmektedir. Önerilen 5. durumda ise günde 11 adet üretilerek 28 günde bitirilebilecektir. 1 günlük işçilik ve makine maliyeti 1.575,00 TL olduğundan 5 günlük işçilik ve makine maliyetinden yapılan tasarruf 8.225,00 TL' dir.

Anahtar Kelimeler: Şanzıman mekanizması, kesici takım, kesme parametreleri, tornalama, yüzey pürüzlölüğü.

2019, 63 sayfa



ABSTRACT

M.Sc. Thesis

DETERMINATION OF CUTTING PARAMETERS AND INVESTIGATION OF EFFECT ON PRODUCTION COSTS IN TURNING MACHINE GEARBOX COVER

Berna ERDOĞAN

**Isparta University of Applied Sciences
The Institute of Graduate Education
Department of Mechanical and Manufacturing Engineering**

Supervisor: Prof. Dr. Melek USAL

Gearbox; The gear group is the gear group that provides the desired torque value to the shaft or differential. On the gearbox cover, machine parts and gray cast iron material, which are widely used in the automotive industry, are preferred. Gray cast iron is the most widely used cast iron type and it is used by taking preheating and cooling after welding. In gray cast iron, water can be supplied and tempered with similar heat treatment applied to steel. The main advantages are better workability, higher wear resistance and strength, better dimensional stability.

In this thesis, the cutting parameters of DDL-25 gray cast iron material on computer controlled lathe machine have been tested. In the study, PVM coated (Ti, Al) N + TiN cutter with 0.8 mm geometry has been used at the fixed chip depth VCMT160408 tip radius. Experiments have been performed by changing the cutting speed parameters (200 m / min - 450 m / min - 700 m / min) and the feedrate parameters (0.08 mm / rev - 0.15 mm / rev - 0.20 mm / rev). As a result of the experiments, it has been observed that the surface quality improvement with the increase in the cutting speed and the deterioration in the surface with the increase in the rate of progress.

The operations of DDL-25 gray cast iron (hardness 180-250 HB, min tensile strength 250 N / mm²) used in the transmission of construction machinery have been investigated. The VCMT160408 cutting tool has been used with a 32-inch turning tool.

If the production time and production cost are prioritized, the cutting speed and cutting speed should be above the existing conditions and the cutting speed of 450 m / min and the 0,15 mm / rev feed rates have been found to be suitable. At the same time, due to the increase in feed rate, the increase in the micro-level in the surface roughness should be considered.

9 pieces are produced per day and 9 hours daily working conditions. In the fifth case, 11 pieces will be produced per day. 300 pieces of gearboxes that are intended to be produced can be finished in 33 days with the production of 9 pieces per day. In the 5th case, it will be possible to produce 11 pieces per day

and be completed in 28 days. 1 day labor and machine cost is 1,575,00 TL, so 5 days labor and machine cost savings is 8.225,00 TL.

Keywords: Gearbox mechanism, cutting tool, cutting parameters, turning, surface roughness.

2019, 63 page



TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli danışman hocam Prof. Dr. Melek USAL' a teőekkürlerimi sunarım.

Iřparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Teknoloji Fakóltesi Makine ve İmalat Mühendisliği bölümündeki değerli hocalarıma ve idari personeline teşekkür ederim.

Hidromek A.Ő. üst düzey yöneticilerine böyle bir imkân tanıdıkları ve tezimin tüm aşamalarında desteklerinden dolayı teőekkürlerimi sunarım.

Her zaman bana inanan ve yanımda olan, desteklerini esirgemeyen aileme sonsuz sevgi ve teőekkürlerimi sunarım.

Berna ERDOĞAN
İSPARTA, 2019

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Şanzıman (vites kutusu) montajı	3
Şekil 1.2. Tornalama metodu	5
Şekil 1.3. Ortogonal ve eğik kesme metodları	7
Şekil 1.4. Tornalamada oluşan kesme kuvvetleri	7
Şekil 1.5. Ortogonal kesmede oluşan kesme kuvvetleri	8
Şekil 1.6. ISO malzeme sınıfları	10
Şekil 1.7. Metallerden talaş kaldırma tekniğinin temel mekaniği	12
Şekil 1.8. Talaş oluşumu	13
Şekil 1.9. Talaş biçimleri ve uygunluk durumları	13
Şekil 1.10. Tornalama işleminde kesme kuvvetleri	16
Şekil 1.11. Kesici takımdaki aşınma bölgeleri	29
Şekil 1.12. Kesme parametrelerinin takım sıcaklığına etkisi	32
Şekil 1.13. Yüksek hız çeliği takımının kesme hızı - ömür eğrisi	34
Şekil 3.1. Doosan puma V550m tezgâh genel görünüşü	39
Şekil 3.2. Doosan puma V550m BMT taret görünüşü	40
Şekil 3.3. Doosan puma V550m takım sistemi	41
Şekil 3.4. Doosan puma V550m işlenebilirlik kısıtları	41
Şekil 3.5. İş parçasının işlenmemiş görüntüsü	43
Şekil 3.6. İş parçasının işlenmiş görüntüsü	43
Şekil 3.7. VCMT160408 kesici takım	44
Şekil 3.8. Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı	45
Şekil 3.9. Tezgâh kontrol ünitesi	46
Şekil 3.10. Ra değerleri	49
Şekil 4.1. Deney esnasında ölçülen yüzey pürüzlülük değerleri	50
Şekil 4.2. Deney esnasında ölçülen yüzey pürüzlülük grafiği	51
Şekil 4.3. İlerleme ve kesme hızının takım uç değişimine etkisi	52
Şekil 4.4. Kesici takımda karşılaşılan aşınma görüntüleri	52
Şekil 5.1. Yüzey pürüzlülüğü - ilerleme hızı sonuçları	57
Şekil 5.2. Üretim maliyetinin toplam kazanç değerleri	57

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 1.1. Rsm ölçümü için örnekleme standardı.....	21
Çizelge 1.2. Ra ve Rq ölçümü için örnekleme standardı.....	21
Çizelge 1.3. Rz, Rt ve Rp ölçümü için örnekleme standardı	22
Çizelge 3.1. Gri dökme demirlerin mekanik özellikleri	42
Çizelge 3.2. Gri dökme demirlerin eşdeğer standartları	42
Çizelge 3.3. Kesici takım ISO standardına göre gösterimi	44
Çizelge 3.4. İş parçası CNC programı.....	47
Çizelge 3.5. Deney kesme parametreleri	48
Çizelge 3.6. Ra değerlerinin tespiti	49
Çizelge 5.1. Yüzey pürüzlülüğü.....	54
Çizelge 5.2. Üretim süresi.....	55
Çizelge 5.3. Takım uç değişim sayısı	55
Çizelge 5.4. Toplam üretim maliyeti	56

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

a	Kesme derinliği
b	Talaş genişliği
bxh	Talaş kesiti
CNC	Bilgisayarlı nümerik kontrol
dak	Dakika
dev	Devir
f	İlerleme hızı
h	Talaş kanlınlığı
hP	Beygir gücü
kW	Kilowatt
m	Metre
max	Maksimum
mm	Milimetre
s	Saniye
V	Kesme hızı
Y	Koordinat düzleni ekseni
Z	Koordinat düzleni ekseni
X	Koordinat düzleni ekseni

1. GİRİŞ

Fabrikada hepsi birbiriyle bağlantılı olmak üzere çok sayıda işlem belli bir düzen dâhilinde yürütülmektedir. Nasıl tanımlanırsa tanımlansın, imalat en önemli faaliyet, sanayici de toplumda en önemli işleve sahip insan konumundadır.

Tarihte devrim diye adlandırılan çok sayıda gelişme olmuştur. Ancak bunların hiçbiri 18. asrın sonlarına doğru İngiltere'de yaşanan sanayi devrimi kadar ferdi ve toplumu şekillendirmemiştir. Sanayi devrimi sayesinde elle yapılan üretimin yerini makinelerle yapılan imalat almış ve bunun sonucunda tarım toplumundan sanayi toplumuna geçilmiştir. Ondan sonra ekonomik ve sosyal gelişmelerin hızı ve çapı giderek yükselmiş ve bugünkü karmaşık ekonomik ve sosyal topluma ulaşılmıştır (Özkaya, 2018).

İmalatın özü, girdilerin çıktılara dönüştürülmesidir. İmalat işgücü, hammadde, malzeme ve teknoloji gibi üretim faktörlerinin makine ve tezgâhlarda somutlaşan imalat süreçleri vasıtasıyla mamule dönüştürülmesidir. Günümüz teknolojisinde en çok kullanılan imalat yöntemlerinden olan talaşlı imalat, malzemenin yapısını oluşturan atomların veya atom kümelerinin arasındaki bağı kopararak yapılan imalattır. Talaşlı imalat yöntemleri tornalama, frezeleme, vargelleme, eğeleme ve bunun gibi birçok imalat işlemini kapsamaktadır.

Üretim çalışmaları arasında yürütülen iç ve dış ticaret, pazarlama-satış, muhasebe, finans, lojistik, mali yatırım gibi işler imalatın ayrılmaz parçasını teşkil etmektedir. Diğer taraftan imalat işinde en önemli işlemlerden biri dizayn tasarımı işlemidir. Tasarım yepyeni bir mamul meydana getirmek veya mamulde işe yarar bir yenilik ortaya koymaktır (Anonim, 2019c).

Talaşlı imalatta malzeme üzerinden kesici, delici veya talaş kaldırıcı takımlar sayesinde talaş kaldırarak iş parçası istenilen boyutta ve şekilde üretilebilir. Bütün talaş kaldırma işlemlerindeki temel amaç, iş parçalarında istenen geometride hassas bitirme yüzeyi oluşturmaktır (Tekau, 2008).

Kesici ve talaş kaldırıcı takımları iş parçasının özelliğine göre seçmek gerekmektedir. Günümüz imalat sistemleri ekonomik ve kaliteli üretim için kesme parametrelerinin ve işleme şartlarının optimum tayinini gerektirmektedir (Sağlam, 2016).

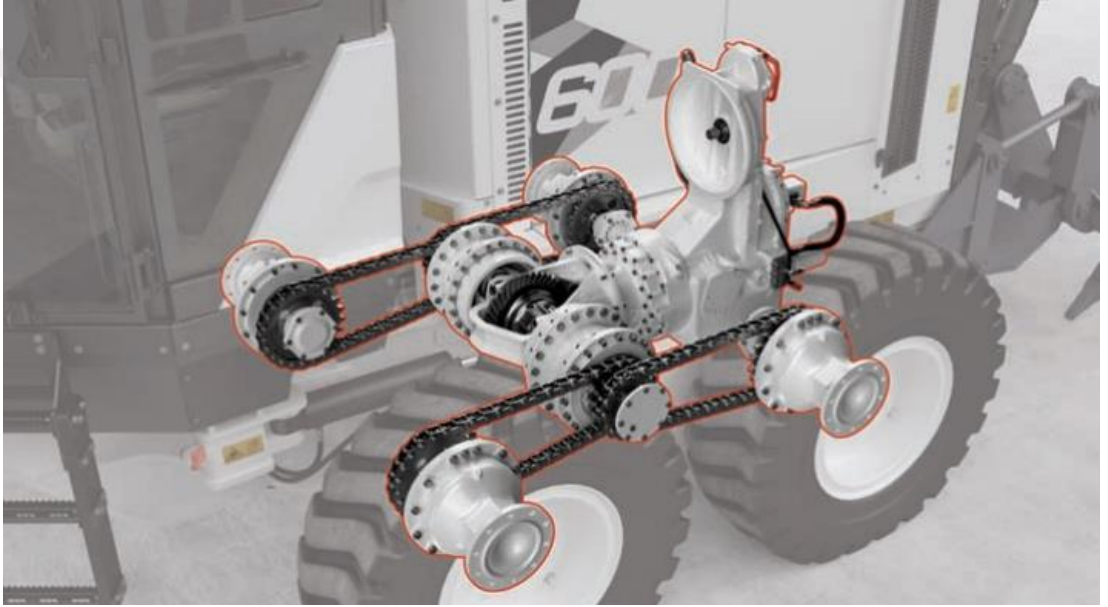
Geçmişte olduğu gibi günümüz dünyasında ve gelecekte önemini yitirmeyecek talaşlı imalat teknolojileri üretim endüstrisinin en önemli alanlarından. Dünyanın ve ülkelerin ekonomisine yön veren otomotiv, havacılık, makine imalatı gibi sektörlerin en önemli parçalarından birini oluşturan talaşlı imalat üzerine yapılan araştırma çalışmaları güncelliğini her zaman canlı tutmuştur. Talaşlı üretimde ekonomik şartlarda en uygun imalatı gerçekleştirmek, verimli üretim şartlarını belirlemek üzere yapılan çalışmalar işletmelerin karlılık ve verimliliğini artırmakta, rekabet ortamında sürekliliğini sağlamaktadır. Günümüzde global ekonominin işletmeleri ağır rekabet şartlarına zorlaması üretimde optimizasyonun ve en uygun üretim şartlarının tespit edilmesi için yapılması gereken araştırma geliştirme çalışmalarını zorunlu kılmaktadır.

Makine parçalarının istenilen verimde çalışması, mekanik ömrü ve dış etkilere karşı direnci diğer faktörlerin yanında yüzey kalitesine de bağlıdır. Talaşlı imalat usullerini kullanılarak yapılan yüzey operasyonları, birçok değişkenden etkilenebilmektedir (Gökkaya vd., 2004).

Talaşlı imalatta yapılan çalışmaların amaçları genelde, kesme tekniklerini geliştirip verimliliği artırarak maksimum üretim hacmine ulaşabilmek, yüksek hassasiyette uzun ömürlü kullanışlı parçalar üretebilmek ya da mevcut imkânlarını en uygun şekilde kullanarak farklı ürünlerin imalat oranlarını yükseltebilmektir (Çolak, 2006).

Sanayileşme ve yerli üretim prensipleri ile yurtdışındaki tedarikçilerden temin edilen iş makineleri ana komponentlerinin; (aks, şanzıman, kule dönüş ünitesi vb.) büyük bir kısmı 1 Eylül 2017 itibariyle Hidromek A.Ş. bünyesinde yerli üretim projesi kapsamında komponent fabrikasında devreye alınmıştır.

Aktarma organları sisteminin ana fonksiyonu, motorda üretilen ve vites kutusu aracılığıyla değeri artırılan torkun tahrik tekerleklerine iletilmesi işlemidir. Motor torkunun tahrik tekerleklerine iletilmesinde başlıca rol alan kavrama, vites kutusu, kardan mili ve diferansiyel gibi komponentler; aktarma organları sisteminin ana bileşenlerini oluşturur. Şekil 1.1' de görüldüğü gibi arka aksdan tahrikli bir araç için; içten yanmalı motorda kimyasal enerjinin mekanik enerjiye çevrilmesi sonucu ortaya çıkan tork, sırasıyla krank mili, volan ve kavrama üzerinden moment dönüştürücü olarak görev yapan vites kutusuna aktarılmaktadır.



Şekil 1.1. Şanzıman (vites kutusu) montajı (Hidromek, 2019)

Vites kutusundaki her bir vites kademesine ait belirli bir çevrim oranı vardır. Araç hangi vites kademesindeyse, o vites çevrim oranı kadar artırılan motor torku, kardan şaftı aracılığıyla tahrik aksı üzerindeki diferansiyele iletilir. Diferansiyel tarafından son çevrim oranı kadar daha artırılan tork, aks aracılığıyla tahrik tekerleklerine iletilmiş olur (Akkurt, 2013).

CNC tezgâhları veya otomatik üretim sistemleri için etkin bir talaş kontrolü gerekmektedir. Çünkü talaş kontrolündeki herhangi bir hata sık sık tezgâhın durdurulmasını gerektireceğinden operasyonun kötüye gitmesi ve verimliliğin azalmasına sebep olacaktır.

Bu nedenle, kesme sürecinin verimliliği ve güvenliği açısından süreksiz (kesik) talaşların elde edilmesi için çeşitli formlarda talaş kırıcılar yoğun olarak kullanılmaktadır. Talaş kontrolü, yüzey pürüzlülüğü, kesme kuvvetleri, kesici takım aşınması ve ürün kalitesi ile yakından ilişkilidir. Bu kapsamda, birçok araştırmacı çeşitli teorik ve deneysel yaklaşımlar önermektedir. Özellikle, talaş akışı, talaşın büküm yönü ve talaş kırılması deneysel ve analitik olarak araştırılmaktadır (Tekauit vd., 2011).

Talaşlı imalat alanında üretilecek parçaların istenilen kalitede üretilmesi gerekmektedir. Bunun için kullanılacak olan tezgâh, kesici takım, iş parçası ve kesme sıvısı önemli rol oynamaktadır. Kaliteli bir parça üretebilmek için, işlenecek parçanın cinsine göre kesme sıvısının ve tezgâh parametrelerinin uygun olarak seçilmesine dikkat edilmelidir. Bu durumda “tezgâh-takım-iş parçası-kesme sıvısı” arasındaki ilişki çok iyi seçilmeli ve kesme parametre değişkenleri çok iyi değerlendirilmelidir.

Günümüzde çok farklı alanlarda kullanılmak üzere değişik malzeme türlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Malzeme türlerinin oldukça farklılaşmasından dolayı işlenebilirlik problemleri ortaya çıkmaktadır. Bu farklılıklara göre uygun kesici takım ve soğutma sıvısı seçimi oldukça önemlidir (Oral, 2018). Bu tez çalışmasında elde edilmesi amaçlanan sonuç, şanzıman kapağının dik torna tezgâhında üretimi için kesme hızı, ilerleme hızı gibi farklı parametreler kullanılarak bunların yüzey pürüzlülüğüne ve üretim maliyetine etkisinin araştırılması hedeflenmektedir.

1.1. Talaşlı İmalat

Tasarlanmış bir iş parçasının standartlara uygun olarak projelendirilmiş teknik resmi referans alınarak, parça üzerinden farklı şekil ve büyüklüklerde talaş kaldırılarak istenilen geometrik şekli verme işlemidir. Bu şekil verme işlemi, uygun takım ve tezgâhlar aracılığıyla yapılmalıdır. Talaşlı imalatta kullanılan takımların ve iş parçasının birbirine göre izafi hareketi sağlanarak, oluşturulan

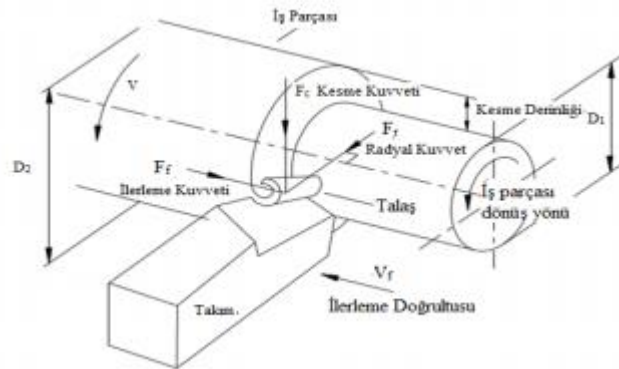
gerilim yoluyla malzeme üzerinden talaş kaldırmak suretiyle yapılan bu üretim şeklinin farklı çeşitleri bulunmaktadır.

Talaşlı imalat işleminde iş parçasını (yarı mamul; döküm, dövülmüş, haddelenmiş) istenilen geometriye getirmek için üzerindeki fazlalıklar uygun takım tezgâhı (torna, freze, matkap) ve kesici takım kullanılarak talaşlar şeklinde uzaklaştırılıp, istenilen boyutlar ve yüzey kalitesi sağlanır. Talaşlı imalat işleminde etkin olan kesme hareketi, iş parçasının kesici takım önündeki plastik deformasyonunu ve deforme olan bu katmanın talaşa dönüşmesini gerektirir (Çiftçi, 2007).

1.2. Tornalama

İş parçası ayna (iş parçasının torna tezgâhında bağlandığı hareketli parça) ekseninde dönerken Şekil 1.2' deki gibi sabit kesici takımların ilerleme ve paso verme şeklinde olan izafi (göreceli) hareket yapması esnasında talaş kaldırılarak iş parçasının istenilen geometriye getirilmesine tornalama işlemi denilmektedir.

Tornalama, bir kesici takım yardımıyla talaş kaldırma işlemidir. Tezgâhda dönme hareketini yapan bir iş parçası ile iş parçasına göre doğrusal hareket yapan genellikle torna kalemi adı verilen kesici takım bulunmaktadır.



Şekil 1.2. Tornalama metodu (Çakır, 2006)

Torna tezgâhlarında dairesel formlu parçalar, yaylar, vida ve civatalar üretilebilir, delik delinebilir. Sanayide yaygın ve etkin bir şekilde kullanılan torna tezgâhları eskiden ciddi ustalık ve iş gücü isterken, gelişen teknoloji ile beraber CNC torna tezgâhlarında üretim yapmak çok kolaylaşmıştır.

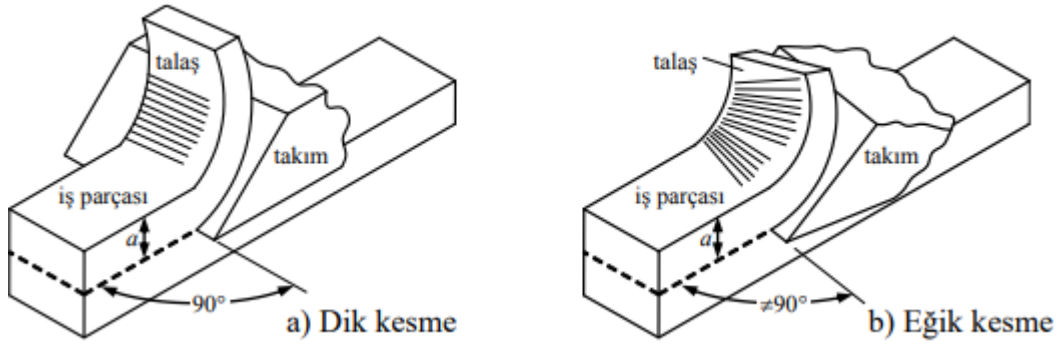
Üniversal torna tezgâhlarında ilerleme, paso ve ayna eksenleri X-Z-C olmak üzere 3 eksen bulunmakta iken CNC torna tezgâhlarında eksen sayısı 7'ye kadar çıkmıştır. Bu da operasyon kolaylığının yanında daha hassas imalat ve üretim süresinin kısalması gibi maliyet avantajları doğurmuştur (Koç, 2012).

1.3. Metal Kesmenin Temelleri

Metal kesmek, malzemeyi makaslayarak kopup talaş oluşturmaya dek deforme etmektir. Isıyla yapılan mekanik bir olaydır. Karmaşık şekil ve geometriye sahip parçaların üretilmesi mümkündür. Hassas toleranslar ve iyi bir yüzey kalitesi elde edilebilir.

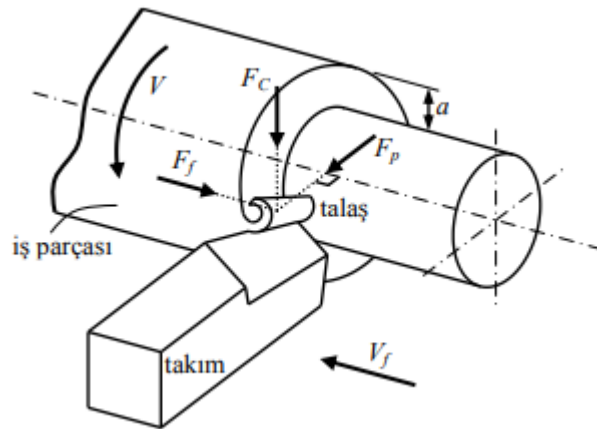
Talaş kaldırmanın gerçekleşebilmesi için iş parçasıyla, kesici takım arasında bağlı bir hareketin olması gerekir. Kesme olayının analizi için yaygın olarak kullanılan iki kesme metodu vardır: Ortogonal/dik (orthogonal) ve eğik (oblique) kesmedir (Şekil 1.3). Dik kesme, üç boyutlu problemden ziyade iki boyutlu bir problem davranışı gösterdiğinden kesme mekaniğini oluşturan eşitliklerin çıkarılmasındaki deneysel ve teorik çalışmalarda yaygın olarak kullanılan bir metottur.

Kesici etkisiyle kaldırılan talaşın kesme derinliği, genellikle düzgün talaş kalınlığı olarak bilinir ve pratik kesme operasyonlarında ve yapılan çalışmalarda kolaylık olması açısından genellikle sabit olarak alınır.



Şekil 1.3. Ortogonal ve eğik kesme metotları (Günaydın, 2015).

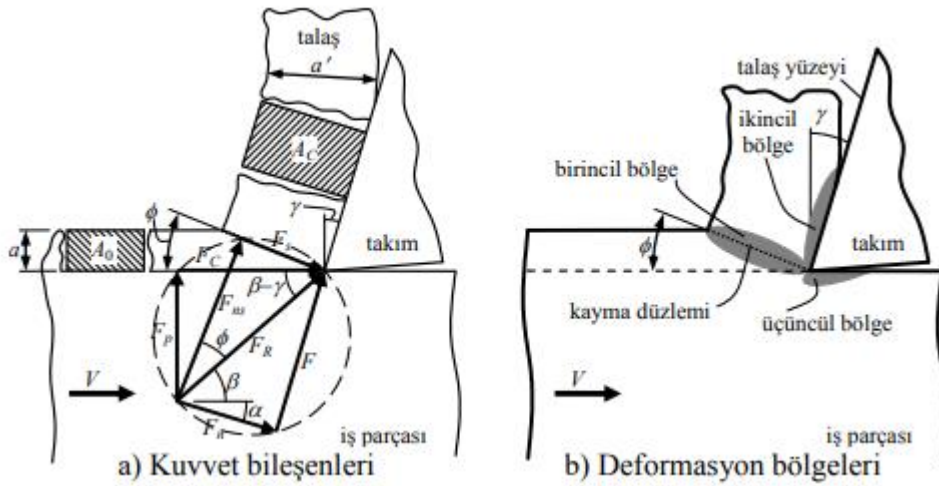
Endüstride uygulanan neredeyse tüm kesme işlemleri üç boyutlu (eğik kesme) olmasına rağmen, eğik kesme mekaniğini analiz etme açısından, yeterli bilgi sunması bakımından iki boyutlu ortogonal (dik) kesme önemli bir işlemdir. Tornalama operasyonlarında, işlemin ortogonal veya eğik olmasını belirleyen parametre ise kesici takımın kesme kenarı ile iş parçasının yüzeyi arasındaki eğim açısıdır. Bu eğim açısı ortogonal kesmede 0 iken eğik kesmede 0 değildir. Şekil 1.4' de tornalama işleminin 3 boyutlu şematik bir gösterimine yer verilmiştir. Aşağıdaki şekilde gösterilen ortogonal kesmedeki F_c esas kesme kuvveti (veya teğetsel kuvvet) ve F_p pasif (radyal) kuvvete ilave olarak kesici takımın V_f ilerleme doğrultusunda F_f ilerleme kuvveti oluşmaktadır.



Şekil 1.4. Tornalamada oluşan kesme kuvvetleri (Günaydın, 2015).

Ortogonal kesmede kesici takımın kesme kenarı boyunca kesmenin üniform olduğu kabul edilir, başka bir deyişle malzemede düzlem gerinme deformasyonu geçerlidir. Bu yüzden V kesme hızı ve kesilmemiş talaş derinliği doğrultusundaki kesme kuvvetleri, F_c esas kesme kuvveti (veya teğetsel) ve F_p pasif (radyal) kuvvet olarak isimlendirilir (Şekil 1.5). Et kalınlığı en fazla 3 mm olan silindirik boru profillerin alın yüzeylerinin işlenmesi, silindirik kanal yüzeylerinin işlenmesi veya kanal açma işlemleri ortogonal kesme olarak düşünülebilir (deformasyon işleminin iki boyutlu olduğu kabul edilebilir). Şekil 1.5a'da F_r bileşke kuvvetinin üç farklı kuvvet bileşenine ayrılmaktadır:

- i) F_c esas kesme kuvveti ve F_p pasif kuvvet bileşenleri,
- ii) F_s kayma kuvveti ve buna dik F_{ns} bileşenleri ile
- iii) F sürtünme kuvveti ve buna dik F_n bileşenleri. Analizlerde daha ziyade ortogonal kesme deneyleriyle dinamometrelerce doğrudan ölçülebilen F_c ve F_p kuvvet bileşenleri kullanılmaktadır (Günaydın, 2015).



Şekil 1.5. Ortogonal kesmede kuvvetler ve deformasyon bölgeleri (Bakır, 2014).







1.4. İşlenebilirlik

Metal işlenebilirliğini etkileyen birden fazla etken vardır. Bunlar;

- İş parçası malzemesi
 - kimyasal yapısı, termal iletkenliği, yabancı malzeme, uzama, sertleşme, yapısal özellikler, ham madde durumu, mekanik özellikleri
- Kesme şartları
 - (V, f, S gibi)
- Kesici malzemesi
- Kesici geometrisi
- Kesme soğutma sıvısı
- Takım tutucu
- İş parçası bağlama
- Operatör
- Tezgah
- İşleme Metodu

1.4.1. İş parçası malzemeleri

Talaşlı imalat endüstrisi, birçok farklı malzemedен işlenen oldukça geniş bir parça yelpazesi üretir. Her malzemenin alaşım elementleri, ısı işlem, sertlik gibi faktörlerden etkilenen kendine has özellikleri bulunur. Bu da kesici takımı geometrisi, kalite ve kesme değerleri seçimini çok etkiler. Bu seçimi kolaylaştırmak için iş parçası malzemeleri ISO standardına göre altı ana gruba bölünmüştür (Şekil 1.6). Her grup işlenebilirlik açısından farklı özellikler taşır.

<p>P</p>  <p>Steel</p>	<p>M</p>  <p>Stainless steel</p>	<p>K</p>  <p>Cast iron</p>
<p>N</p>  <p>Non-ferrous metal</p>	<p>S</p>  <p>Super-alloys and titanium</p>	<p>H</p>  <p>Hard material</p>

Şekil 1.6. ISO malzeme sınıfları (Anonim, 2018a).

ISO P – Çelik, alaşımsızdan yüksek alaşımlı malzemelere kadar geniş bir kapsama sahip ve çelik dökümleri, ferritik ve martensitik paslanmaz çelikleri de içeren en büyük malzeme grubudur. İşlenebilirliği genelde iyidir, ancak malzeme sertliğine ve karbon oranına göre farklılık gösterebilir.

ISO M – Paslanmaz çelikler minimum %12 oranında krom içeren alaşımlı malzemelerdir. Diğer alaşımlar nikel ve molibden içerebilir. Ferritik, martensitik, östenitik ve östenitik-ferritik (duplex) gibi farklı koşullar geniş bir malzeme yelpazesi oluşturur. Bu tiplerin hepsinde kesme kenarlarında çok fazla ısı, çentik aşınması ve talaş yığılması söz konusudur.

ISO K – Döküm demir, çeliğin aksine kısa talaş bırakan bir malzemedir. Gri döküm demir (GCI) ve dövülebilir döküm demirler (MCI) kolay işlenebilirken, sfero döküm demir (NCI), kompakt döküm demir (CGI) ve öztemperlenmiş döküm demir (ADI) daha zor işlenir. Tüm döküm demirlerde kesme kenarını aşındırıcı yapıdaki silikon karbür (SiC) bulunur.

ISO N – Demir içermeyen metaller, alüminyum, bakır, pirinç gibi yumuşak metallerdir. Si oranı %13 olan alüminyum çok aşındırıcıdır. Keskin kenarlı uçlardan genel olarak yüksek kesme hızları ve uzun takım ömrü beklenebilir.

ISO S – Isıl dirençli süper alaşımlar arasında yüksek miktarda yüksek alaşımlı demir, nikel, kobalt ve titanyum bazlı malzeme bulunur. Yapışkandırlar, talaş yığılması oluştururlar, çalışma sırasında sertleşirler (işleme sertleşmesi) ve ısı üretirler. ISO M malzemelerine çok benzerler ancak kesilmesi çok daha zordur ve kesici uç kenarlarının takım ömrünü kısaltırlar.

ISO H – Bu gruba sertliği 45-65 HRc arasındaki çelikler ve 400-600 HB civarındaki soğutulmuş döküm demirler dahildir. Sertlik nedeniyle işlenmeleri zordur. Malzemeler kesme sırasında ısı ortaya çıkarır ve kesici kenarı aşındırır.

O (Diğer): ISO olmayandır. Termoplastikler, termosetler, GFRP (Cam Fiber Takviyeli Polimer/Plastik), CFRP (Karbon Fiber Takviyeli Plastik), karbon fiber kompozitler, aramid fiber takviyeli plastik, sert kauçuk, grafit (teknik). Günümüzde çeşitli endüstriler, özellikle havacılık endüstrisinde daha büyük ölçüde kompozit kullanılmaktadır (Anonim, 2018a).

1.5. Talaş Oluşumu

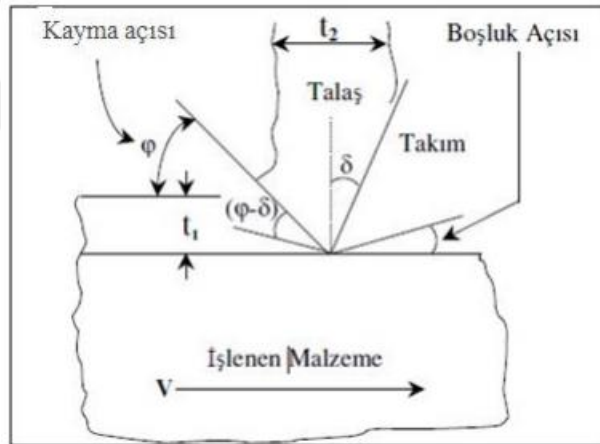
Kesme, malzeme kopana dek plastik olarak malzemeyi deforme etmektir. Bunun için gereken enerjinin büyük bir bölümü makaslama düzlemi boyunca kullanılır. Bazı iş parçası malzemeleri uzun talaşlar oluşturur. Bazıları hem uzun hem de yapışkan talaşlar oluşturur. Bazıları da kısa talaş oluştururlar.

Talaş kaldırmada gerekli olan esas mekanizma, kesici takımın kesme kenarının hemen önünde iş malzemesi üzerinde bölgesel kayma deformasyonunun oluşmasıdır. Kesme sırasında, iş parçası ve takım arasındaki nispi hareket, takım yakınındaki iş parçasını bastırmak için ilk deformasyon olarak adlandırılan kayma deformasyonuna sebep olarak talaş oluşturur.

Plastik akma, kayma bölgesi aracılığıyla meydana gelir. Plastik akma kapasitesi, bu kayma düzeninin sayısına bağlı olup, sırasıyla malzemenin kristal kafes yapısına ve davranışına bağlı olarak değişir. Malzemenin direnç gerilimi, elastik sınırını aştığı zaman, uygulanan kuvvet yönünde yönlendirilmiş bitişik kayma

düzlemleri arasında kalıcı nispi bir hareket oluşur. Bu hareket veya kayma bir defa olduğu zaman, bu özel düzlemler artarak daha fazla deformasyona veya zayıf düzleme karşı koyar. Bu çalışma sertleşmesi hemen hemen bütün çeliklerde görülmektedir, fakat en etkileyici olarak paslanmaz çeliklerde görülür (Memiş, 2015).

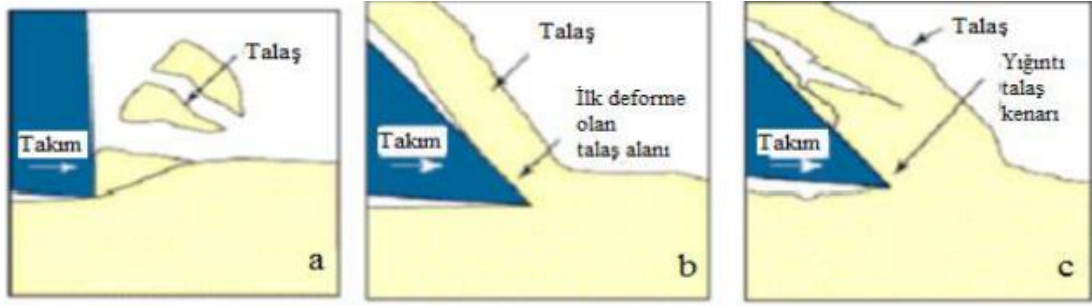
Talaş, kesici takımın talaş yüzeyi üzerinden geçerek, kesici takıma karşı talaşın kayma sürtünmesi ve kesmesinden dolayı ikinci deformasyon olarak adlandırılan ek bir deformasyon işlemine maruz kalır. Bu iki deformasyon işlemi, karşılıklı etkileşime sahiptir. Takım-talaş yüzeyine sürtünen malzeme elemanı ısınarak ilk kayma bölgesinden geçmesi esnasında plastik olarak deforme olmaktadır. Bu nedenle, ikinci olay kayma düzlemindeki olaydan etkilenmektedir. Aynı zamanda kayma yönü, talaş yüzeyindeki deformasyon ve sürtünme işlemlerinden doğrudan etkilenir. Kayma doğrultusu, ilk deformasyon işleminde talaşın çalışma sertleşmesi ve ısınmasını etkiler (Memiş, 2015).



Şekil 1.7. Metallerden talaş kaldırma tekniğinin temel mekaniği (Memiş, 2015)

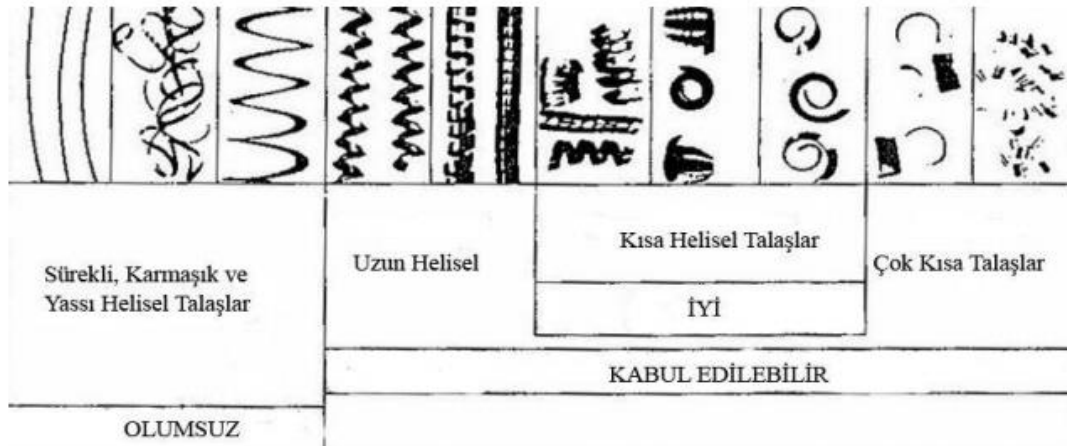
1.5.1. Talaş tipleri

Talaşlı işlemde kesicinin iş parçası malzemesinin içine girmesi ile iş parçası malzemesi elastik ve plastik (kalıcı) şekil değişimine uğrar. Malzemenin çok kısa bir süre içerisinde kayma gerilmesi ile talaş iş parçasından ayrılır. Oluşum mekanizmasına göre genel olarak kesintili, sürekli ve yığıntı talaş olmak üzere üç farklı talaş tipi mevcuttur. Talaş oluşum şekilleri şekil 1.8' de verilmiştir (Oral, 2018).



Şekil 1.8. Talaş oluşumu (İşbilir, 2006)

Her tip talaş oluşumunda; kesme parametreleri, iş parçası malzemesi, işleme tekniği ve kesici takım geometrisi gibi etkenlere bağlı olarak değişik biçimlere sahiptirler (Şekil 1.9).



Şekil 1.9. Talaş biçimleri ve uygunluk durumları (Altıntaş, 2000)

1.5.2. Talaş oluşumunu etkileyen faktörler

Talaş oluşumunu 4 ana faktör etkilemektedir.

- Takım
 - Boşluk açısı
 - Giriş açısı
 - Uç radyüsü
 - Kaplama

- Kesme kenarı ve talaş kırıcı geometrisi
- Kesme Şartları
 - İlerleme
 - Kesme derinliği
 - Talaş kalınlık Oranı
 - Kesme hızı
- Malzeme
 - Setlik
 - Çekme mukavemeti
 - Süneklik
 - Yapı
- Kesme Sıvısı
 - Kuru işleme
 - Emülsiyon

1.5.3. Talaş kaldırma türleri

Kaba talaş kaldırma (roughing): Kısa sürede büyük miktarda talaş kaldırma işlemidir. Amaç son ürün geometrisine yakın bir geometriye hızlı bir şekilde ulaşmaktır. Kaba talaş işlemleri yüksek ilerleme (0.4 - 1.25 mm/dev) ve kesme derinliklerinde (2.5 - 20 mm) gerçekleştirilir.

İnce talaş kaldırma (finishing): Kaba talaş kaldırma işlemi hiçbir zaman parçayı son boyutlarına getirecek düzeye kadar yapılmaz. Parçanın son boyutlarına getirilmesi, gerekli tolerans ve yüzey kalitesinin elde edilmesi ince talaş kaldırmayla gerçekleştirilir.

İnce talaş işlemleri düşük ilerleme (0.125-0.4 mm/dev) ve kesme derinliklerinde (0.75-2.5 mm) gerçekleştirilir. İnce talaş kaldırmada, kaba işleme kıyasla daha yüksek kesme hızları kullanılır. İmalatta genellikle önce bir veya iki kaba talaş işlemini takiben bir veya iki ince talaş işlemi yapılır.

1.6. Kesme Kuvvetleri

Talaş kaldırma esnasında oluşan kesme kuvvetleri, kesme performansına ve birim parça maliyetine doğrudan etki etmektedir. Doğal olarak bu konu, yıllardan beri araştırmacıların ilgisini çekmiş, hakkında yüzlerce araştırma yapılmış ve halen de yapılmaktadır. Kesici takım üzerine etki eden kuvvetler, talaş kaldırmanın önemli bir safhasını oluşturmaktadır.

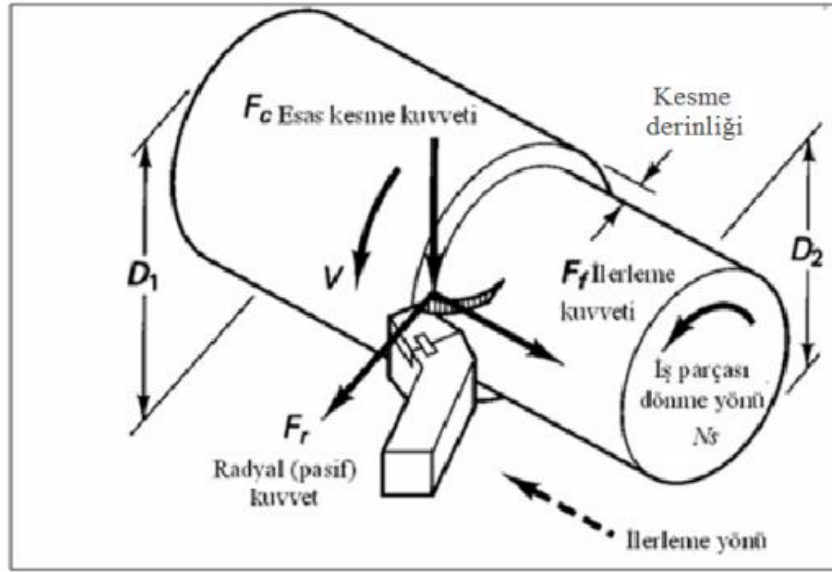
Kesme kuvvetlerinin ölçülmesi, takım tasarımını optimize etmede de faydalı olup, kesmenin bilimsel analizi için de gereklidir. Talaş kaldırma işleminde kesme kuvvetlerinin, takım-talaş arasındaki temas uzunluğu ile ilgili olduğu bilinmektedir. İki fazlı ve kesikli talaş çıkaran malzemeleri işlemede, kesici takım ve talaş arasında daha az temas uzunluğunun olmasından dolayı çok küçük kuvvetler meydana gelmektedir.

Kesme hızının artırılması, kayma açısını arttırdığı, daha ince talaş oluşturduğu ve temas uzunluğunu azalttığı için kesme kuvvetleri de oldukça düşmektedir. Sınırlı temas uzunluğuna sahip takımlar kullanılarak, takım-talaş arasındaki temas uzunluğunun sınırlandırılmasıyla kesme kuvvetlerinde belirli düşüşler sağlanabilmektedir.

Kesme kuvvetleri kesici takım geometrisinden de etkilenmektedir. Talaş açısının uygun bir değeri mevcut olup, bu değer daha fazla artışı kesici ucun dayanımını azaltacağından aşınmayı artırır. Buna bağlı olarak, boşluk yüzeyi temas alanını artıracığından takım kesme kuvvetleri artacaktır. Ancak kesme deneyleri vakum altında yapıldığı zaman, oksijenin, takım-talaş arasında temas alanını azaltmada çok etkili olduğu ve kesme kuvvetlerini azalttığı ifade edilmiştir (Şahin, 2011).

Talaş kaldırma işlemi esnasında oluşan kesme kuvvetleri, ısı oluşumu, takım ömrü, işlenen yüzeyin kalitesi ve iş parçasının boyutları üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Kesme kuvvetleri aynı zamanda takım tezgâhlarının, kesici takımların ve gerekli bağlama kalıplarının tasarımında da kullanılır (Trent,

1989). Tornalama işlemi esnasında oluşan kuvvetler Şekil 1.10' da şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 1.10. Tornalama işleminde kesme kuvvetleri (De Garmo vd., 1997)

1. Esas kesme kuvveti (F_c): Kesme hızı yönünde etki eder. En büyük kuvvet olup metal kesme işleminde harcanan gücün genelde % 99' una karşılık gelir.
2. İlerleme kuvveti (F_f): Kesici takımın ilerlemesi yönünde etkiyen kuvettir. Kesme kuvvetinin ekseriyetle yaklaşık % 50' si kadardır fakat ilerleme hızının kesme kuvvetiyle karşılaştırıldığında çok küçük olduğu için metal kesme işlemindeki gerekli gücün çok az bir kısmına karşılık gelir.
3. Radyal kuvvet (F_r): İşlenen yüzeye dik etkiyen kuvettir. Bu kuvvet de ilerleme kuvvetinin yaklaşık % 50' si kadardır (De Garmo vd., 1997). Bileşke kuvvet bu üç kuvvetin vektörel olarak toplanması ile elde edilir.

1.7. Yüzey Pürüzlülüğü

Talaşlı imalat sırasında iş parçası yüzeyinde istenmeyen izler oluşur. İşleme metodu, kesicinin cinsi, işlenen malzeme ve kesme parametreleri, fiziksel, kimyasal ve ısı faktörleri ile kesen ve kesilen arasındaki mekanik hareketlere bağlı olarak, nominal (anma) yüzey çizgisinin altında veya üstünde düzensiz sapmalar meydana getiren bu duruma yüzey pürüzlülüğü denir (Güllü, 1995).

Bir makine parçasının, gerektiği gibi çalışması ve hizmet ömrü, büyük ölçüde yüzey kalitesine bağlıdır. Resimlerde gösterilen teorik yüzeylerin aksine, gerçekte işlenen makine parçalarının yüzeylerinde çeşitli düzensizlikler ve yükseklikler vardır. Bunlar takım tezgahında işleme sırasında meydana gelirler. İş parçasının bu yüzey düzensizliklerinin sebepleri; yükseklik şekilleri, dağılımları ve yönleri birçok faktöre bağlıdır, bunlar şöyle sıralanabilir; kesme hızı, ilerleme hızı, kesme derinliği, kesici takımın soğutulma ve yağlanma koşulları, iş parçası malzemesinin kimyasal bileşimi ve mikro yapısı; kesici takımın dizaynı, geometrisi ve kesme kapasitesi; takım tezgahının tipi ve şartları, kalıp ve bağlama aparatlarıdır (Danilevsky, 1967).

Ayrıca talaşlı imalat esnasında yüzey pürüzlülüğüne etki eden parametreler olarak;

- Takım tezgâhının rijitlik durumu,
- Yataklama sisteminden kaynaklanan hatalar,
- Takım tutucu rijitlik durumu,
- Takım aşınmasının etkileri,
- Takım geometrisi,
- Kesme parametreleri,
- Malzemenin mekanik özellikleri,
- Soğutma sıvısının etkileri sayılabilir (Balcı, 2008).

Yüzey pürüzlülüğü talaşlı imalatta en önemli kalite karakteristiklerinden biridir, minimum seviyede yüzey pürüzlülüğü değerleri ulaşılması gereken bir hedeftir. İyi bir yüzey bitirme ve boyutsal kesinlik için optimum kesme şartlarının seçimi ve tahmin edilmesi imalat kalitesinde ve proses planlamada çok önemli rol oynar.

Metal kesme işlemlerinde kesme şartlarının belirlenmesinde genelde makine operatörünün tecrübesine güvenilir ancak iyi ve tecrübeli bir operatörün olması halinde bile optimum değerlerin tespiti zordur.

İşlenmiş yüzeylerin pürüzlülüğü, makine elemanlarının çalışma özellikleri ve performansları üzerinde büyük etki yapar. Çok iyi işlenmiş bir yüzeyin her zaman için ve her durumda aşınmaya karşı en dayanıklı yüzey olduğunu söylenemez çünkü çeşitli sürtünme şartlarında yağlama yağının yüzeyde tutulması (yük, hız, birbiri ile çalışan eşlenik parçaların malzemelerine bağlı olarak) büyük ölçüde mikro düzensizliklere bağlıdır. Bu nedenle optimum yüzey pürüzlülüğü ancak belli sürtünme şartlarına göre hesaplanır.

Birbiriyle temaslı çalışan eşlenik parçalar, üzerlerindeki dalgaların sadece tepe noktalarında birbirlerine dokunduklarından, yüzey dalgalılığı, temas basıncının artmasına neden olur. Aynı durum eşlenik yüzeylerin mikro düzensizlikleri için de söz konusudur. Bu mikro düzensizliklerin tepecikleri deforme olurlar; sürtünen yüzeylerin birbirleri üzerindeki hareketleri sonucunda bunlar ya parçalanır ya da ezilirler. Eğer bir yağlama maddesi kullanılıyorsa, bu yağ filmi bu düzensizlik tepecikleri tarafından kesilir ve sonuç olarak bu kısımlarda kuru sürtünme olur. Birçok halde, makine parçasının dayanıklılığı, imalat yapılırken işlemede elde edilen yüzey kalitesine bağlıdır. Çeşitli çizgilerin derin ve keskin kazıntıların, iç gerilim konsantrasyon noktaları haline geldikleri ve parçanın kırılmasına neden oldukları bilinmektedir. Mikro düzensizlikleri olan bir yüzeyde tepecikler arasında kalan girintiler, böyle konsantrasyon noktalarıdır. Bu, gerilim konsantrasyonları çok küçük derecelerde olduğu açıkça bilinen döküm demirden veya demirsiz alaşımlardan yapılmış parçalar için dikkate alınmaz.

ANSI ve ISO standardına göre yüzey kalitesi, kabalık, dalgalık, izler ve hatalar olmak üzere 4 elemandan oluşmaktadır. Yüzey yapısı ile ilgili olan bu dört bileşenin tanımları şöyle özetlenebilir:

Pürüzlülük: İmalat işlemlerinden kaynaklanan genellikle daha ince düzensizliklerden oluşur, ilerleme izleri dâhil diğer belirsizlikler örnekleme uzunluğunu sınırlar.

Dalgalık: Pürüzlülük örnekleme uzunluğundan daha büyük olan geniş aralıklı düzensizlikleri kapsar ve dalgalık, tezgâh, iş parçası defleksiyonu, otlama, titreşim, ısıl davranış veya kesici takım aşınmasından ileri gelebilir.

Hatalar: Bir yerde olan veya yüzey üzerinde geniş aralıklı olarak oluşan amaçsız düzensizliklerdir. Yüzey üzerinde bulunan bu kusurlar; çatlaklar, delikler, artıklar, menteşeler ve çizgiler şeklinde olup bütün bunları kapsar.

Bitirme yüzeyi: Bir yüzeyin genel kalitesini göstermek için kullanılan geniş bir terimdir. Ancak “İyi bir bitirme yüzeyi” düşük pürüzlülük değerlerini ve tersi de her zaman yüksek pürüzlülük değerlerini gösterir (Şahin, 2001).

1.7.1. Yüzey pürüzlülüğü ölçme yöntemleri

Literatürde yüzey pürüzlülüğü ölçme yöntemleri, ölçme hızı dikkate alınarak; uygulama şekli (tahribatlı veya tahribatsız, temaslı veya temassız) ve ölçme hassasiyeti bakımından kaba, orta veya hassas olarak gruplandırılmıştır (Güllü vd., 2003). Yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesinde; pürüzlülük aralığı, pürüz tepelerinin ve yanaklarının yaptığı açılar, pürüzlülük dağılım eğrisi gibi önemli kriterler etkili olmaktadır.

Bu kriterlerin gözle tespitine ve değerlendirilmesine imkân veren pürüzlülük grafiklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Grafik alma özelliği olan cihazlar pürüzlerin kaydedilmesi yönüyle daha somut ve kapsamlı bilgi edinme ve karar vermeye yardımcı olması bakımından uygulamalarda tercih edilmektedir (Güllü vd., 2003).

Optik metot: Bir yüzey üzerine yansıtılan ışının geliş açısı ile yansıma açısı aynı olacaktır. Pürüzlü yüzeylerde ışının dağılımı optik sensörlerle ölçülerek yüzey pürüzlülüğü ölçülmektedir.

Temas metodu: Yüzey üzerinde dolaştırılan bir probun sürtünme katsayısı bilinen bir yüzeye göre elde edilen neticelerinin karşılaştırılması esasına dayanır.

Mekanik metot: Çelik bilye kullanılarak minimum 500 gr ağırlığın yüzeyde; yüzeyin içine doğru 1 mikronluk yer değiştirmesi ile yapılan yüzey pürüzlülüğünü ölçme tekniğidir.

X ışını metodu: Mikroskop altında yüzey düzensizliklerinde küçük açılarla gönderilen X ışınları ile 0,00254-0,0508 μm arasındaki pürüzlük değerleri ölçülebilir.

Elektron mikroskobu metodu: Elektron mikroskobu en küçük düzensizlikleri ölçme gücüne sahip olmasına rağmen ölçme boyutunun küçük tutulması zorunluluğu ve görüntünün kopyalanması gibi sorunlar bu metodu sınırlamaktadır.

Hidrolik metot: Belli eğim ve uzunluktaki bir düzlemde ve belli hacimde yağ damlasının akış süresi ile pürüzlülük değeri arasında kurulan bir ilişki ile pürüzlülük değeri ölçülmesi esasına dayanır.

Yüzey dinamometresi metodu: İki yüzey arasındaki sürtünme katsayısı, parçaların pürüzlülük değerine bağlıdır. İki parça birbiri üzerinde kaydırılarak ve uygulanan kuvvet dinamometre ile ölçülerek pürüzlülük hakkında bilgi edinilebilir.

Replika metodu: Parça üzerindeki konumu nedeniyle ölçüm yapılacak yüzeye erişilemediği durumlarda yüzeye selüloz-asetat filmi, asetonla yumuşatılarak sertleşene kadar temizlenmiş yüzeye bastırılırsa elde edilen maske yüzey karakteri hakkında %80 oranında bilgi verir.

İzleyici uçlu cihazlar: Çok sivri bir izleyici ucun parça üzerinde değerlendirme uzunluğu boyunca hareket ettirilmesi ve hareket esnasında oluşan titreşimlerin büyütülerek hareketli bir şerit üzerine aktarılması veya elektronik cihazlar yardımıyla yorumlanması esasına dayanır. İzleyici ucun inceliği ölçüm esnasında doğruluk açısından önem arz ettiğinden 0,00004 mm çapında iğneler kullanılmaktadır. Kullanımı en kolay ve ideal bir ölçüm sistemidir (Bayrak, 2002).

Elektro fiber optik metot: Yüzey pürüzlüğü ölçülecek malzeme X, Y yönünde hareket edebilen tablaya bağlanarak yatay konuma getirilir. Fiber optik algılayıcı ile parça yüzeyine dik olarak ışın gönderilir. Parça yüzeyinin pürüzlülüğüne göre dağılan ışınlar fiber optik algılayıcılara bağlanmış foto algılayıcılarla yorumlanarak pürüzlülük değeri bulunur (Özsés, 2002).

1.7.2. Yüzey pürüzlülüğü ölçümünde kullanılan standartlar

JIS B0601–1982, JIS B0601–1994, AISI, DIN ve ISO gibi oldukça yaygın ulusal ve Uluslararası standartlarda, örnekleme sayısı, ölçüm boyu ve toplam kurs boyu aralıkları tarif edilmiştir. ISO standardına göre değerlendirmeler Çizelge 1.1-1.2-1.3' de belirtilmiştir (Can, 2003).

Çizelge 1.1. Rsm ölçümü için örnekleme standardı (Can, 2003)

Rsm	Örnekleme uzunluğu	Ölçme uzunluğu
0,013<Rsm<0,04	0,08	0,4
0,04<Rsm<0,13	0,25	1,25
0,13<Rsm<0,4	0,8	4
0,4<Rsm<1,3	2,5	12,5
1,3<Rsm<4	8	40

Çizelge 1.2. Ra ve Rq ölçümü için örnekleme standardı (Can, 2003)

Ra-Rq	Örnekleme uzunluğu	Ölçme uzunluğu
0,006<Ra<0,02	0,08	0,4
0,02<Ra<0,1	0,25	1,25
0,1<Ra<2	0,8	4
2<Ra<10	2,5	12,5
10<Ra<80	8	40

Çizelge 1.3. Rz, Rt ve Rp ölçümü için örnekleme standardı (Can, 2003)

Rz, Rt, Rp	Örnekleme uzunluğu	Ölçme uzunluğu
$0,025 < Rz < 0,1$	0,08	0,4
$0,1 < Rz < 0,5$	0,25	1,25
$0,25 < Rz < 10$	0,8	4
$10 < Rz < 50$	2,5	12,5
$50 < Rz < 200$	8	40

1.8. Kesici Takımlar

Kesici takım malzemeleri; içyapıları, ömürleri, imalat şekilleri, mekanik ve fiziksel özelliklerine göre aşağıdaki gibi sıralanabilirler:

- Karbon çelikleri ve takım çelikleri,
- Yüksek hız çelikleri,
- Sert metaller (Sinterlenmiş karbürler),
- Seramikler,
- Sermetler,
- Siyalonlar,
- Coroniteler,
- Elmaslar,
- CBN,
- PCBN.

Talaş kaldırma işlemlerinde, ya tornalama ve delme işleminde olduğu gibi tek noktali takımlarla sürekli kesme işlemi, ya da frezeleme işleminde olduğu gibi çok uçlu takımlarla sürekli olmayan kesme işlemi yapılır. Sürekli kesme işleminde kesici uçta yüksek sıcaklıklar oluşurken, sürekli olmayan kesme işleminde ise kesici uçlar darbeli yüklere maruz kaldığından daha büyük kuvvet ve sıcaklık değişimleri meydana gelir. Bu olumsuzlukları en aza indirmek için istenilen yüzey kalitesine ve malzemenin içyapısına göre uygun devir ve kesme hızları verilmelidir (Şahin, 2001).

Talaşlı imalat esnasında kesici takımın ısınma ve soğuma etkisini yenmesi için yeterli darbe direncine sahip olması gerekir. Kesici takımın darbe direnci düşükse takım ucu hızlı bir şekilde aşınır. Tüm bu olaylar ekonomikle beraber dikkate alınırsa kesici takımın aranacak özellikler şöyle sıralanabilir.

- Aşınmaya ve şekil değiştirmeye dayanıklı olması için yüksek sertlik,
- Kırılmaya ve özellikle darbelere karşı yüksek tokluk,
- Oksidasyona dayanıklı olması için yüksek kimyasal kararlılık,
- Yüksek kızıl sertlik ve termik darbelere karşı yüksek mukavemet

Karbon Çelikleri ve Takım Çelikleri: Endüstri devriminin başlangıcından beri talaş kaldırma işlemlerinde sadece karbonlu çelikler kullanılmaktaydı. Bu yaklaşık %0,8-2 karbon içeren demir alaşımından oluşmakta ve çelik yapmayı kolaylaştırmak için manganez, silis, sülfür ve fosfor gibi diğer alaşım elementleri katılmaktaydı. Bu çeliklerin alaşımlı çeliklere göre aşınmaya karşı dayanımları daha düşüktür.

Alaşımlı takım çeliklerinde; karbonlu takım çeliklerinin kesme özelliklerini iyileştirmek amacıyla alaşım elementleri ilave edilerek mukavemet özellikleri ve kritik soğuma hızları değiştirilmiştir. Alaşım elementleri olarak; az miktarda tungsten (W), krom (Cr), vanadyum (V), kobalt (Co), nikel (Ni), molibden (Mo) ve manganez (Mn) katılır.

Yüksek Hız Takım Çelikleri (HSS): 20. yüzyılın başından beri bilinen ve sürekli geliştirilen kesici takım grubu olup diğer takım malzemelerine nazaran düşük maliyeti ve işlenebilme özelliği nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Yüksek hız çelikleri, genelde helisel matkap, azdırma çakıları, kılavuzlar, parmak freze gibi kesici takım malzemelerinde kullanılırlar (Can, 2003).

Yüksek hız takım çelikleri T ve M olmak üzere iki gruptan oluşmaktadır. Bunlar ilk alaşım olan Tungsten ve Molibden yüzdesine göre belirlenir. T serisi %12-20 tungsten ve diğer alaşım elementi olarak Vanadyum ve Kromla birlikte Kobalttan oluşurken M serisi yaklaşık %3,5-10 Molibden ile diğer alaşım elementleri olarak Kobalt, Krom ve Vanadyum içerir.

Genel olarak, M serisi, T serisinden daha yüksek abrasyon aşınma direncine sahip olmakla birlikte daha ucuz ve ısıl işlem sonrası çatlak vb. hatalar daha az görülmektedir. M ve T türüne bakılmaksızın yüksek hız takım çelikleri kendi

aralarında fiziksel olarak birçok benzerliklere sahiptirler. Bunlar şöyle sıralanabilirler. Hepsi yüksek alaşım içeriğine sahiptirler. Genellikle 64 HRC sertliğine müsaade etmesi için yeterli oranda C içermektedir. Merkezden yüzeye üniform sertliğe sahiptir. Hepsi yüksek sıcaklıklarda sertleştirilebilir.

Sert Maden Uçlu Kesiciler (Sinterlenmiş Karbürler): Sert maden uçlar, sıcaklığa dayanıklı takım malzemesi olup sert karbür parçacıkları ve sünek metallerle birleşmesiyle üretilirler. Bu malzemeler sinterlenmiş karbür olarak da adlandırılır. Bunlar iyi aşınma direnci gösterdiklerinden 40 m/dak'dan 350 m/dak kesme hızına kadar sertliğini ve kesiciliğini kaybetmeden etkili şekilde kullanılabilir (Şahin, 2001). Günümüzde sinterlenmiş karbürlerin iki çeşidi yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bunlar:

Tungsten karbür + kobalt alaşımli düz karbür uçlar (WC+Co),

Tungsten karbür + kobalt + titanyum karbür + tantalyum karbür uçlarıdır (WC+Co+TiC+TaC).

Sinterlenmiş karbürler için dünyaca kabul edilen bir sistem yoktur. Bileşimlerine, mikro yapılarına, fiziksel özelliklerine göre değil, kullanıcı ve üretici tarafından yapılan uygulama kod sistemine göre sınıflandırılır. Avrupa ve Japonya' da kabul edilmiş ISO sınıflandırma sistemine göre malzemeler üç gruba ayrılır. Bunlar, P, M, K harfleri ve bu harflerin sonuna gelen rakamlardır.

Kaplamalı Sinterlenmiş Karbürler: Kaplama; kesme kuvvetini, oluşan ısıyı ve aşınmayı büyük oranda azaltarak geçici bir yağlayıcı görevi yapmaktadır. Özellikle daha kaliteli yüzey elde edilmek istendiğinde daha yüksek hızların kullanılmasına imkân sağlar (Şahin, 2001).

Kesici takım malzemelerindeki en önemli gelişme, takımların yüzeylerinin birkaç mikron kalınlığındaki tabaka ile kaplanmasıdır. Kesici takımların yüzey kaplamalarında yaygın olarak dört farklı kaplama malzemesi kullanılmaktadır. En belli başlı kaplama malzemeleri titanyum karbür, titanyum nitrür, titanyum karbonitrür, alüminyumoksittir. Titanyum nitrür kaplamalar aşınma etkisini

azaltmaktadır. Oksidasyona karşı direncin gerekli olduğu uygulamalarda titanyum alüminyum nitrür (TiAlN), sert malzemelerin işlenmesinde titanyum karbür nitrür (TiCN) kaplamalar en iyi özelliklere sahiptirler. Korozyona karşı direncin gerekli olduğu uygulamalarda ise daha kalın seramik kaplamalar kullanılmaktadır (Habalı, 2003).

Seramik Kesiciler: Seramik malzemeler yüksek sıcaklıklara karşı dayanıklı olan inorganik, metal olmayan malzemelerdir. Seramik kesicilerin dar olan kullanım alanları katkılı seramiklerin, seramik matrisli kompozitlerin ortaya çıkarılmasıyla artmaya başlamıştır (Şahin, 2003).

Seramik takımlar sert, yüksek kızıl sertliğine sahip, iş parçası malzemesi ile reaksiyona girmeyen takımlardır. Uzun bir takım ömrüne sahiptirler ve yüksek kesme hızlarında talaş kaldırabilirler. Metalik olmayan seramiklerin özelliklerinde çeliklere göre bazı temel farklılıklar mevcuttur. Bunlar;

- Yoğunlukları çeliğin üçte biridir,
- Çok yüksek basma mukavemetine sahiptirler,
- Çeliklerde söz konusu olan plastik uzama seramiklerde söz konusu değildir,
- Çok daha kırılğındırlar,
- Saf seramiğin elastikiyet modülü çeliğin yaklaşık iki katıdır,
- Çeliğin ısı iletim katsayısının yüksek olmasına karşın seramikler çok düşük ısı iletim katsayısına sahiptirler (Çakır, 2006).

Seramik kesicilerin esasını alüminyum oksit (Al₂O₃) oluşturmaktadır. Bunun yanında magnezyum oksit (MgO), yitrium oksit (Y₂O₃), zirkonyum oksit (ZrO), krom oksit (CrO), vb. malzemeler farklı özellikteki seramiklerin elde edilmesinde kullanılmaktadır. Bugün gelinen nokta itibariyle çeşitli seramik kesici türleri geliştirilmiştir. Seramik kesicileri temel olarak üç sınıfta incelemek mümkündür.

- Al₂O₃ içeren seramikler,
Saf oksit esaslı,
Katkılı alüminyum oksit esaslı,
Alüminyum oksit esaslı takviyeli,

- Silisyum nitrür (Si_3N_4) içeren seramikler,
- Kaplamalı seramikler (Şahin, 2001).

Seramik kesici takımlar, öncelikle tornalama ve delik delme işlemlerinde tercih edilmekte olup bu seramiklerin farklı uygulama alanları aşağıda gösterilmektedir. Yüksek talaş kaldırma miktarı da rijit tezgâhlarla ve sürekli kesmeyle mümkündür. Seramik kesici takımların ilk akla gelen uygulama alanları şunlardır:

- Çelikler ve dökme demirler,
- 66 Rc' ye kadar çelikler,
- Nikel esaslı süper alaşımlar.

Sermet Kesici Takımlar: Sermet, sert partikül olarak tungsten karbür yerine titanyum karbür (TiC), titanyum karbonitrür (TiCN) ve titanyum nitrür (TiN) gibi titanyum esaslı karbürlerin kullanıldığı sinterlenmiş karbürlerin genel adıdır. Sermet ismi seramik ve metalden gelmektedir. Bunun nedeni metal bağlayıcı içerisindeki seramik parçacıklardır (Şahin, 2001). Sermet kesici takımların en genel özellikleri: yüksek kesme hızlarında (belirli bir dereceye kadar düşük) kullanılmaları, işlenen parçalarda yüksek hassasiyet sağlamaları, yüksek kaliteli bir yüzey oluşturmalarıdır (Çakır, 2000).

Siyalonlar: Siyalonlar; silisyum, alüminyum, oksijen, azot (Si-Al-O-N) bileşiminden oluşan silisyum nitrür esaslı kesici takım malzemeleridir. Bunların üretiminde yaklaşık %88 alüminyum nitrür (AlN) ve %13 alümina (Al_2O_3) ile birlikte %10 yitrum oksit (Y_2O_3) tozları karıştırılarak kurutulmaktadır. İstenilen şekil ve boyutta yaklaşık 1800 °C'de 1 saat süreyle sinterlenerek preslenir. Yüksek aşınma miktarlarına rağmen siyalon takımlar kopmaya karşı güvenilir ve ani uç kırılması oluşturmaz. Bu nedenle siyalonların takım ömrü oldukça uzundur (Şahin, 2001).

Coronite: Coronite yüksek hız çeliğinin tokluğu ile sinterlenmiş karbürün aşınma direncini bir araya getiren yeni bir kesici takım malzemesidir. Coronite parmak frezelerin bu alandaki benzerlerinden daha hızlı talaş kaldırmalarını, daha uzun ve güvenilir bir takım ömrüne sahip olmalarını, daha iyi bir yüzey kalitesi elde

etmelerini sağlar. Bu takım malzemesi daha çok çelik işleme için geliştirilmiş bir malzeme olmasına karşın titanyum ve çeşitli hafif alaşımların işlenmesinde de iyi sonuçlar verir (Çakır, 1999).

Elmas Takımlar: Takım malzemesi olarak, kıymetli taşlardan ayrı bir grup oluşturan sanayi elmasları kullanılır. Bunlar pratikte tek parça, çok kristalli elemanlar veya toz şeklinde uygulanır. Çok kristalli elemanların ana gövdeleri sert metaldir. Gövdenin ağız kısmına çok yüksek basınçlarda ve çok yüksek sıcaklıklarda çok küçük elmas tanecikleri kristalize edilir. Bu elemanlar takım sapına lehim yoluyla tespit edilir ve oldukça kalın talaş kaldırabilirler. Elmas tozu çok yüksek basınç ve sıcaklığın etkisi altında grafitten elde edilen suni elmadır (Akkurt, 1991). Elmas uçlu takımlar, çok yakın toleranslı ve yüksek hassasiyet gereken metal olmayan ve demirsiz malzemelerin işlenmesinde kullanılırlar. Bunlar gevrek olduğundan şoka ve kesme basıncına karşı karbürlü kesiciler kadar dirençli olmadığından esas olarak bu malzemeler son bitirme yüzeylerinin işlenmesinde kullanılan takımlardır (Krar, 2006). Elmas kesici takımlar genellikle demir içermeyen metalik malzemeler ve metal olmayan malzemelerin işlenmesinde kullanılmaktadırlar (Şahin, 2001).

Kübik Bor Nitrür (CBN): CBN kesici takımlar çok yüksek basınç ve sıcaklıklar altında özel seramik bağlayıcı malzemelerin karışımının sinterlenerek yapıldığı kesici takım malzemeleridir. Dövme çelik, sertleştirilmiş çelik, dökme demir, yüzeyi sertleştirilmiş iş parçaları ve ısıl dirençli alaşımlar CBN takımların yaygın olarak kullanıldığı malzemelerdir. Kübik bor nitrür, elmadan sonra gelen ikinci en sert kesici takım malzemesidir. Çok yüksek sertlik, çok yüksek kızıl sertlik (2000 °C), mükemmel aşınma direnci ve işleme esnasında genellikle iyi kimyasal kararlılık gibi özellikleri sayesinde mükemmel bir kesici takım malzemesidir.

CBN kesici takımlar, sertlikleri 48 HRC' nin üzerinde olan sert iş parçası malzemelerinde uygulanmaktadır. İş parçaları çok yumuşaksa takım aşırı şekilde aşınır. Malzeme ne kadar sertse takım aşınması o derece azdır. CBN kesici takımlar, sağladıkları mükemmel yüzey kaliteleri sayesinde tornalama

işlemlerini taşlama işlemlerine alternatif hale getirmişlerdir (Çakır, 1999). Bu takımlar aşağıdaki malzeme gruplarının işlenmesinde kullanılmaktadır.

- Takım çelikleri
- Sert çelikler
- Perlitik esmer dökme demirler
- Sert yüzeyli alaşımlar
- Sertleştirilmiş çelik ve dökümler

Çok Kristalli Kübik Bor Nitrür (PCBN): Çok kristalli kübik bor nitrür uçlar ile daha yüksek kesme hızlarında, daha fazla talaş derinliğinde kesme yapılabilen ve sertliği 35 HRC 'den daha yüksek sertlik derecesindeki malzemeler işlenebilmektedir. Çok kristalli kübik bor nitrürlerin temel özellikleri aşağıdaki gibi özetlenebilmektedir:

- Yüksek sertlik,
- Yüksek abrasyon direnci,
- Yüksek basma dayanımı,
- Yüksek termal iletkenlik.

Bu takımlar düz tornalama, alın tornalama, delik büyütme, profil tornalama ve frezeleme işlemlerinde de başarılı olarak kullanılmaktadır. Bu takımlar aşağıdaki malzeme gruplarının işlenmesinde kullanılmaktadır.

- Sert nikel alaşımları,
- YHÇ takımları,
- Soğuk iş takım çelikleri,
- Cr-Ni 'li çelikler,
- Kobalt esaslı ve nikelli sert yüzeyli alaşımlar,
- Beyaz dökme demirler,
- Esmer dökme demirler vb. işlenebilmektedir (Şahin, 2001).

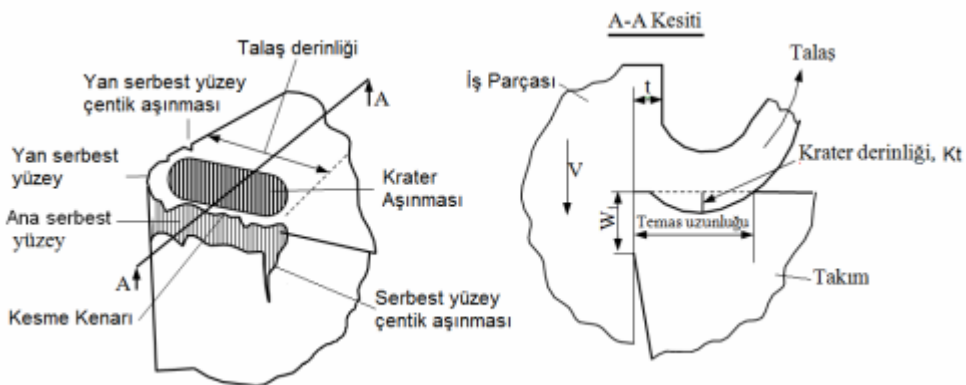
1.9. Takım Aşınması ve Ölçümü

Takım aşınması, kesici takımın malzeme kaybından ileri gelen ve ilk şekline göre oluşan farklılıktır. Kesme esnasında, talaşın kesme yüzeyinde sıkışması, şekil değiştirme ve ayırma işi nedeniyle iç sürtünmeler, talaşın takım yüzeyinden

akması sonucu dış sürtünmeler meydana gelir (Parlak, 2012). Tüm bu sürtünmeler, kesici takımın ısınmasına neden olmaktadır. Isı oluşumu daha çok, kesme kenar bölgesinde meydana gelir. Kesme kuvvetlerinin meydana getirdiği sürtünme ile kesici takımda oluşan ısı, takım sertliğini etkiler. Takım sertliğinin azalması kesici takımlarda bazı aşınma mekanizmalarını doğurur (Yılmaz vd., 2004). Genel olarak kesici takımlarda meydana gelen aşınma mekanizmaları aşağıdaki gibidir.

- Ana serbest yüzey aşınması,
- Talaş yüzeyi aşınması,
- Çentik aşınması,
- Yan serbest yüzey aşınması,
- Plastik deformasyon,
- Termal ve mekanik çatlaklar,
- Parçacık kopması,
- Kenar yığılması,
- Talaş yığılması.

İş parçası işlenirken, orijinal şeklini muhafaza etmesi verimli bir talaş kaldırma işlemi ile mümkündür. Takım formunda meydana gelebilecek en ufak bir değişiklik kesme işleminin verimliliğini etkiler. Talaş kaldırma esnasında kesici takımın yan serbest yüzeyi, ana serbest yüzeyi ve talaş yüzeyi hareket eden iş parçası ile temas halindedir. Bu yüzeylerdeki aşınma alanları parametrelerine bağlı olarak büyür ve takım orijinal şeklini kaybeder (Şekil 1.11).



Şekil 1.11. Kesici takımdaki aşınma bölgeleri (Şahin, 2001)

Aşınma nedeniyle kesici takımların değiştirilmesi üretim yapılan fabrikalardaki talaşlı imalat sistemlerinin bir parçasıdır. Takım aşınması, imalatı yapılan parçanın işleme süresini %6' ya kadar artırdığı ifade edilmiştir (Dan ve Mathew, 1990). Herhangi bir kesicinin aşınma durumu ve aşınmanın miktarı işlenen parçanın kalitesi, kesici kalitesi ve kesme şartlarına bağlı olarak değişir. Birçok durumda kesici uç yavaş yavaş aşınarak iş parçasında boyut toleransının elde edilmesi imkânsızlaşır. Ayrıca kesme kuvvetlerinin artması titreşimlere yol açar ve böylece yüzey pürüzlülüğünün de çok artmasına sebep olur. Aşınma tüm bölgelerde sürekli olmaz. Genellikle bir bölgede meydana gelir. Takım aşınmasında kıstas olarak göz önüne alınabilecek dört aşınma bölgesi vardır (Özler, 1998).

1.9.1. Ana serbest yüzey aşınması

Ana serbest yüzey aşınması kesici kenarın serbest yüzeyinde meydana gelir. Abrziv tip bir aşınma mekanizmasından kaynaklanır. Talaşın oluşumu sırasında ve sonrasında ana kesici kenar, yardımcı kesici kenar ve köşe radyüsü veya paralel kenar iş parçası ile temastadır. Bu temas nedeniyle oluşan ana serbest yüzey aşınması en yaygın aşınma tiplerinden biridir. Burada amaç ana serbest yüzey aşınmasının gelişiminin kontrol edilebilir bir düzeyde tutulmasıdır. Aşırı yüksek kesme hızları kullanılmadıkça bütün kalem malzemeleri başlangıçta ana serbest yüzey aşınmasına karşı dayanıklıdır. Ana serbest yüzey aşınmasında belirli bir değerin üzerine çıkmasıyla yüzey kalitesi kötüleşir, hassasiyet azalır, sürtünme artar.

1.9.2. Talaş yüzeyi aşınması

Talaş yüzeyinde abraziv ve difüzyon aşınma mekanizmaları nedeniyle oluşur. Krater aşınması talaş yüzeyi aşınmasının bilinen en genel şeklidir. Krater, talaş kaldırma esnasında sert parçacıkların takımın talaş yüzeyinde taşlama işlemine benzer bir işlem gerçekleştirmeleri sonucunda veya takım ile talaş malzemesi arasında, talaş yüzeyinin en sıcak kısmında oluşan difüzyon nedeniyle ortaya çıkar. Krater aşınmasının belirli bir değerin üzerine çıkması halinde kesici

kenarın geometrisi değişir ve uç zayıflar. Krater aşınma hızı sıcaklığa bağlı olarak artar. Krater derinliği (Kt), genellikle kesme kenarının belirli bir mesafesinde maksimum olur ve krater şekli talaş eğrilik yarıçapına göre oluşur. Krater aşınması, sert metal kesici takımlar için yüksek hız çelikleri ve seramik kesicilere nazaran daha önemlidir.

1.9.3. Çentik aşınması

Bu durum ana serbest yüzey aşınmasının özel bir durumu olup kesici takımlarda, takım ile işlenmemiş yüzey veya talaş kenarı arasındaki temas noktasında takım yüzeyinde meydana gelir. Çentiğin derinliği genellikle abrazyonun ve özellikle işlenen parçaların sert bir yüzey tabakasına sahip olması veya işlenen parçanın kendi sertliğinden dolayı oluşan abraziv talaşın (örneğin paslanmaz çelik ve nikel-bazlı süper alaşımlar) bir sonucudur. Genellikle kullanılan soğutucunun veya takım ile atmosfer arasındaki kimyasal reaksiyon ya da korozyon nedeniyle oluşan oksidasyon da çentik aşınmasına neden olur. Çentik aşınması, takım ile iş parçası yüzeyi arasındaki temas alanının arttırılmasıyla, çok pasolu talaş kaldırmada kesme derinliğinin değiştirilmesiyle ve takım malzemesinin ısıl sertlik ve deformasyon direncini arttırarak, azaltılabilir (Özdemir ve Erten, 2003).

Bu aşınma nadiren kalemin değişmesini gerektirir. Aşırı çentik aşınması takımın yeniden bilenmesini zorlaştırır ve özellikle seramik parçalarda kırılmaya neden olur. Çentik aşınmasının diğer bütün aşınmalardan çok olduğu bütün özel durumlarda, aşınma çentiğinin uzunluğu kalem aşınma ölçüsü olarak kullanılabilir (TS 10329, 1992). Bu aşınma genellikle iş parçasının dış çapından dolayı meydana gelir.

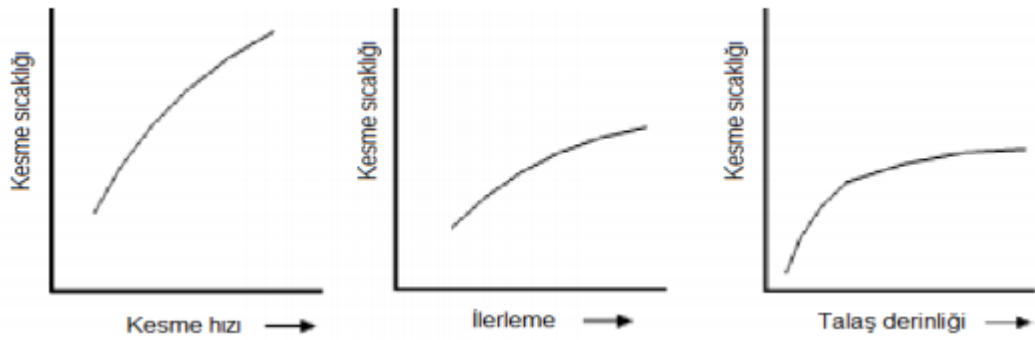
1.9.4. Yan yüzey aşınması

Kalemin yan serbest yüzeyi ile iş parçası arasında meydana gelen sürtünmeden dolayı oluşan hasardır. Yan serbest yüzey aşınması sebebiyle kalem yüzeyinde meydana gelecek herhangi bir değişiklik, işlenen yüzey üzerinde etkili olur.

Küçük ilerlemeler ile yapılan ince tornalamada, belirli bir kesme süresinde yan yüzeyde genellikle bir veya daha çok izin meydana geldiği görülür. Bu ise işlenen yüzeyin pürüzlüğünün artmasına neden olur. Bu tür kalem aşınmasının doğrudan gözlenmesi zordur. Ancak pürüzlülüğün belli bir değeri kalem ömrü parametresi olarak kullanılabilir (Parlak, 2012).

1.9.5. Kesici takım aşınmasını etkileyen faktörler

Takım aşınmasını etkileyen faktörler, takım malzemesi, iş parçası malzemesi, kesme hızı, ilerleme miktarı, talaş derinliği, talaş geometrisi, takım geometrisi, soğutma sıvısı şeklinde özetlenebilirler. Kesme işlemlerinde takım-iş parçası arasında meydana gelen sürtünme kesici takımın aşırı ısınmasına neden olur. Dolayısıyla takım aşınması da artan sıcaklığa bağlı olarak hızlı bir şekilde artar. Talaş kaldırma işlemlerinde takım sıcaklığına en büyük etkiyi kesme hızı daha sonra ilerleme miktarı gösterirken, en az etkiye de talaş derinliği göstermektedir (Şekil 1.12).



Şekil 1.12. Kesme parametrelerinin takım sıcaklığına etkisi (Şahin, 2001)

1.10. Takım Ömrü

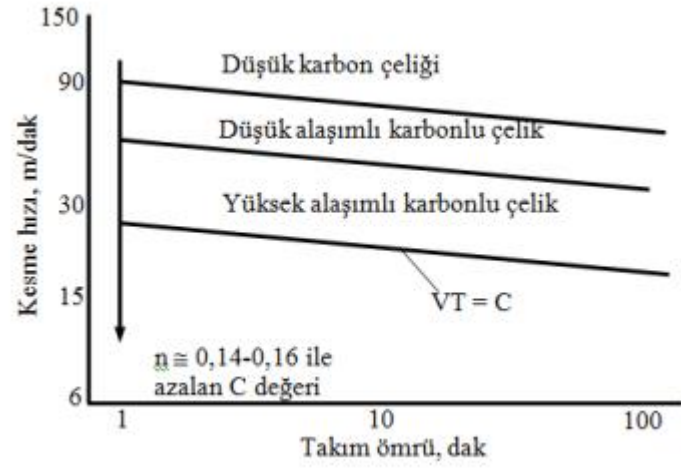
Talaş kaldırma işlemini ekonomik kılan koşulların belirlenmesi arzu edildiğinde dikkate alınması gereken en önemli faktör kesici takımın ömrüdür. En basit tanımlamayla takım ömrü iki bileme arasındaki çalışma süresi olarak ifade edilir. Ancak teknolojik gelişmelere paralel olarak değiştirilebilir uçların, HSS ve lehimli sert metal takımların yerini alması sonucunda takım ömrü tanımı değişmiştir.

Takım ömrü, iş parçasına ait sınırlayıcı parametrelerin belirlenen sınırlar içerisinde kalması koşuluyla, kesici kenarın iş parçasını işlemesi için gerekli olan zamandır. Genellikle takımın ömrü aşınma, kesici takım ucunun ya da kenarın kırılması ile sona erer. Ancak takım malzemesindeki gelişmeler sayesinde takım- iş parçası çifti ve işleme parametrelerinin doğru seçimi sonucunda bu tip hasarlara hiçbir zaman izin verilmez.

Talaşlı imalatta kullanılan kesici takımların ömrü ve maliyeti gerek üretilen parçaların kalitesi gerekse toplam üretim maliyeti açısından büyük önem taşır. Talaşlı imalat alanında en önemli hususlardan biri en ekonomik imalat ve en ideal takım ömrü için en uygun kesme parametrelerinin belirlenmesi işlemidir. Kesici takım ömrü her zaman sınırlıdır. Takım aşınmasına etki eden faktörler kesme işlemine bağlı parametrelerdir. Kesici takımın kırılması talaş yüzeyindeki ve serbest yüzeydeki aşınmaya bağlı olup takım ömrü kıstasları genellikle takım aşınmasına göre belirlenir.

Talaş kaldırma esnasında kesici takımın doğru seçilmesi maksimum verimliliğin sağlanması açısından şarttır. Özellikle talaş kaldırma işlemlerinde kesici takım geometrisi ve malzemesi oldukça önemlidir. Ancak takım doğru seçilmiş olsa bile işleme koşulları özellikle kesme parametreleri ve işlemin rijitliğini ilgilendiren koşullar standart dışı ise optimum takım ömrü elde edilemez. Bağlama elemanlarının rijit olmaması ve titreşimler birçok kesici kenarın ömrünü, belirlenen süreden önce tamamlanmasına neden olurlar. Bu tür hasarlar genellikle önceden tahmin edilmeyen ve kesici takım uç ve ağzında meydana gelen kırılmalar şeklindedir.

Genelde talaş kaldırma işlemi; iş parçasının cinsine, kesici takım malzemesine, tezgâhın konstrüksiyonuna ve işleme yöntemine bağlıdır. Kesme işlemine etki eden ve optimum talaş kaldırma işlemi için değiştirilebilen faktörler kesme hızı, talaş derinliği ve ilerleme miktarıdır (Şekil 1.13). Yapılan deneyler sonucu bu faktörlerin takım ömrüne etkileri farklı oranlarda ifade edilmiştir (Şahin, 2001).



Şekil 1.13. Yüksek hız çeliği takımının kesme hızı-ömür eğrisi (Parlak, 2012)

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Sandvik (1996), Sandvik Coromant firmasının yapmış olduğu araştırmaya göre; alaşım elementlerinin malzemedeki özellikler üzerinde çok önemli bir etkiye sahip olduğu belirtilmiştir. Karbonun, çeliğin mekanik özelliğini ve işlenebilirlik özelliklerini belirleyen en önemli element olduğu tespit edilmiştir. İş parçası malzemesinin kimyasal analizi, o malzemenin işlenebilirliği konusunda araştırmalara önemli ipuçları vermektedir. Kükürt (S), fosfor (P) ve kurşun (Pb) gibi alaşım elementlerinin işlenebilirlik üzerinde önemli ölçüde pozitif etkiye sahip olduğu, Mn, Ni, Co, Cr, V, C <math>< 0,03, C > 0,6, Mo, Nb</math> ve W gibi alaşım elementlerinin ise önemli ölçüde negatif etkiye sahip olduğu belirtilmiştir. Talaş oluşumunun, genellikle sünekliği azaltan alaşım elementleri ile iyileştirilebileceği üzerinde durulmuştur.

Çolak (2006), sert malzemelerin frezelenmesi esnasında oluşan kesici takım aşınmaları, CNC freze tezgâhı üzerine yerleştirilen farklı sensörler ile belirlenerek frezeleme için en uygun kesme koşulları Bulanık Mantık Modelleme ve Genetik Programlama gibi yapay zekâ algoritmalarında değerlendirilerek tespit edilmiştir. Sert malzemelerin frezelenmesi için seçilen uygun kesici takımların aşınma süreçlerinin incelendiği çalışmada, yüzey frezeleme ve kaba frezelemedeki aşınma karakteristikleri araştırılmıştır.

Çiftçi (2007), iki farklı kalitede östenitik paslanmaz çeliğin (AISI 304 ve AISI 316) işlenmesinde, kesici takım kaplamasının, kesme hızının ve iş parçası malzemesinin, yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışmada, 120-150-180 ve 210 m/dak kesme hızları, 0,16 mm/dev sabit ilerleme hızı ve 1,6 mm sabit kesme derinliği kullanılmıştır. Deneyler sonucunda kesme hızının, kesme kuvvetleri üzerinde önemli bir değişikliğe neden olmadığı ancak, yüzey pürüzlülüğünü önemli derecede etkilediği sonucuna varılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde, CVD çok katlı kaplanmış sementit karbür takımlar kullanarak östenitik paslanmaz çeliklerin (AISI 304 ve AISI 316) kuru tornalanmasıyla yapılan deneysel çalışmanın sonuçlarını değerlendirmiştir. Tornalama deneylerinde, ilerleme hızı 0,16 mm/dev ve kesme derinliği 1 mm ile

sabit tutulurken dört farklı kesme hızı (120-150-180 ve 210 m/dak) kullanılmıştır. Kesici takım olarak TiC/TiCN/TiN ve TiCN/TiC/Al₂O₃ kaplı sementit karbür takımlar kullanılmıştır. Kesme hızının, kesici kaplaması en üst tabakasının ve iş parçası malzemesinin, yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Kesici takımın aşınan bölümleri tarayıcı elektron mikroskobu kullanılarak analiz edilmiş, kesme hızının elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerini önemli derecede etkilediği belirtilmiştir. Kesme hızı artırıldığında, yüzey pürüzlülük değerleri azalmış, kesme hızı azaltıldığında yüzey pürüzlülük değerlerinde artış eğilimi belirtilmiştir.

Hidromek (2018), sanayi sektörüne adım attığı 1978 yılından itibaren ki sürecine değinilmiş olup, bundan sonraki yıllarda da vizyon ve misyona, ayrıca sürmekte olan projelere değinilmiştir.

Sağlam (2016), kesme kuvvetleri ile kesme kuvvetleri ve çıktı değerleri olan serbest yüzey aşınması (Vb) ile yüzey pürüzlülüğü (Ra) arasındaki korelasyon analiz edilmiştir. Çıktı değerlerinin dolaylı olarak tahmin edilmesinde Vb ve Ra'ya en duyarlı kesme parametreleri ve kesme kuvveti bileşenlerinin değişimleri referans alınmıştır. Çizilen grafiklerde aşınma ve yüzey kalitesi üzerinde; ilerleme (Ff) ve normal kuvvete (Fn) ilaveten ilerleme kuvvetinin normal kuvvete (Ff/Fn) ve normal kuvvetin radyal kuvvete oranları (Fn/Fr) etkili bulunmuştur. Bu değerlerin on-line takım durumu izleme ve yüzey kalitesinin korunmasında etkili parametreler olduğu görülmüştür.

Koç (2012), talaşlı üretimin ne olduğuna, malzeme üzerinden talaş kaldırmak suretiyle yapılan bu üretim şeklinin farklı çeşitleri bulunduğuna değinilmiştir. Talaşlı imalat üretim metodlarına da değinilmiş olup temel prensiplerine yer verilmiştir.

Anonim (2012), seco sandvik grup bünyesindeki kesici takım birimi olan Sandvik Machining Solutions grubunun bir üyesidir. Kesici takım üretici firması olup; frezeleme, tornalama, delik işleme ve tutucu sistemleri konularında dünyanın en kapsamlı metal işleme çözümleri sunan tedarikçilerinden biridir. Verdiği

hizmetler ve takım özellerine değinilmiştir. Takım parametrelerinin ana hatları, takım çeşitlerine de yer verilmiştir.

Tekaül (2008), bu amaçla, kuru kesme şartları altında, dört farklı talaş kırıci (SA, MA, MS, GH) formuna sahip kaplamalı sementit karbür kesici takımlar kullanılarak, işleme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Kesme parametreleri olarak, sabit kesme derinliğinde (2,5 mm) dört farklı kesme hızı (200, 250, 300, 350 m/min) ve üç farklı ilerleme (0,15, 0,25, 0,35 mm/rev) kullanılmıştır. Bu kesme parametreleri ile 40 mm çapındaki AISI 1050 malzemesi deney numunelerinden 50 mm boyunda talaş kaldırılarak 48 adet deney yapılmıştır. Talaş kaldırma esnasında titreşimler ve kesme kuvvetleri beraber, yüzey pürüzlülüğü ise daha sonra ölçülmüştür. Bu ölçümler ışığında, titreşimin ivme değerleri ile yüzey pürüzlülüğündeki değişimler incelenmek suretiyle bir değerlendirme yapılmıştır.

Tekaüt vd. (2011), deneysel çalışmalarda, daha az deney ile daha verimli sonuçlara ulaşılması için uygulanan Taguchi L32 karma deney tasarımı ve optimizasyonu tornalama işlemi için başarılı bir şekilde uygulanmıştır.

Yapılan literatür araştırması değerlendirildiğinde, işlenebilirlik deneylerinde tornalama işleminde işleme performansına ve yüzey kalitesine etki eden faktörlerden; ilerleme hızı, kesme hızı, kesme derinliği, soğutma sıvısı, kesici takım kaplamaları, talaş kırıci geometrisinin ve kesici uç yarıçapının kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerinin araştırıldığı görülmüştür.

Yapılan çalışmalar göstermiştir ki; kesme parametreleri içerisinde ilerleme hızı, kesme derinliği ve kesme hızı talaş kaldırma işlemlerini etkileyen en önemli parametrelerdir.

Tornalama işlemlerinde ilerleme hızının ve kesme derinliğinin artması ile kesme kuvvetlerinin arttığı, kesme hızının artması ve uç yarıçapının büyümesiyle yüzey pürüzlülüğünün azaldığı kesme kuvvetlerinin arttığı, ilerleme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisinin, kesme hızından daha fazla olduğu görülmüştür. Kesme

parametrelerinin uygun seçilmesi takım ömrü ve yüzey kalitesi bakımından çok önemli olduğu görölmüştür.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde deneysel çalışmada kullanılan cihazlar, sistemler ve metotlar hakkında bilgiler verilmiştir.

3.1. Materyal

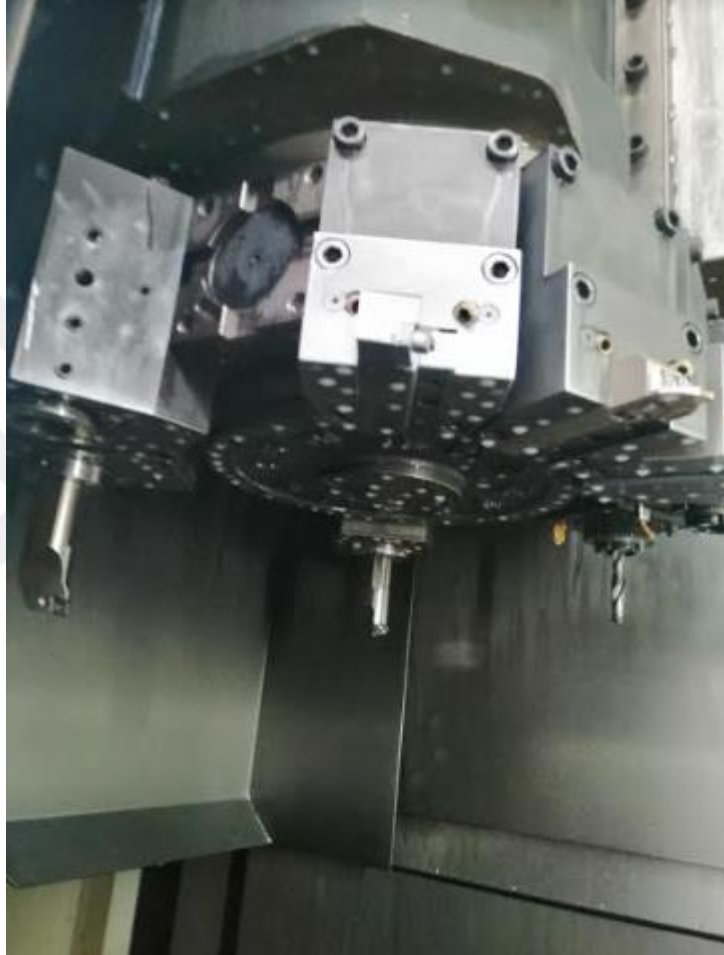
Deneysel çalışmada kullanılan takım ve malzemeler, cihaz ve sistemler, tezgâhlar bu bölümde anlatılmıştır. İş parçası malzemesinin kimyasal bileşimi, fiziksel ve mekanik özellikleri, deneylerin yapılması için kullanılan tezgâh, yüzey pürüzlülük cihazı ve diğer ara bağlantı elemanları, talaş kaldırma işleminde kullanılan kesici uç ve takım tutucunun tipi ve boyutları ile ilgili bilgilere yer verilmiştir.

3.1.1. CNC torna tezgâhının özellikleri ve teknik detayları



Şekil 3.1. Doosan Puma V550m tezgâh genel görünüşü (Anonim, 2018a)

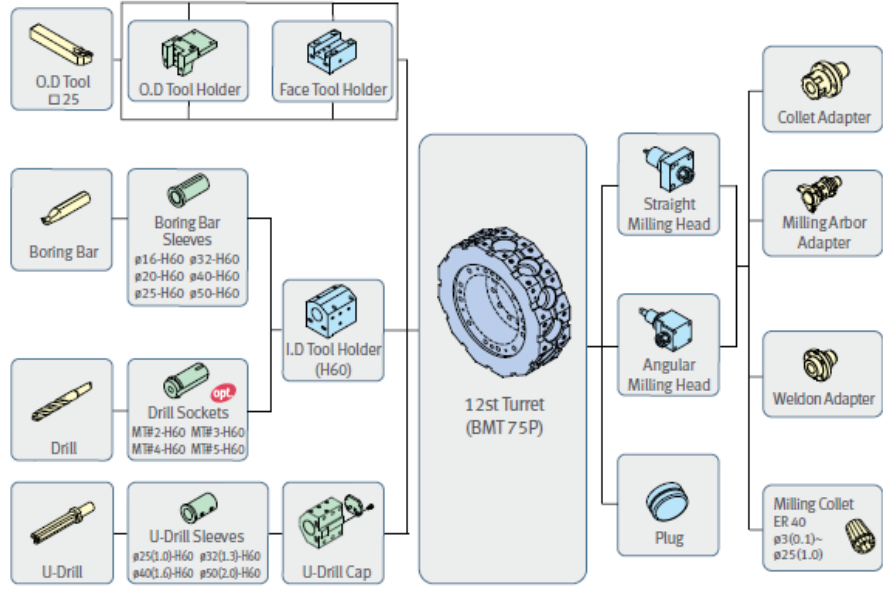
Deneyde kullanılacak tezgâh Doosan Puma V550m' dir (Şekil 3.1) Dik torna tezgâhidir. Dikey tornalama merkezi uzun süreli doğruluk için tasarlanmıştır. Burunlu kartuş tipi mili, yüksek kabiliyet ve bakım kolaylığı sağlar. Özellikle rijit birleştirilmiş rulman takımı ile ağır iş parçasını desteklemekte ve uzun vadede ısıl büyümeyi azaltmaktadır.



Şekil 3.2. Doosan Puma V550m BMT taret görünüşü (Anonim, 2018a)

Taret 12 istasyonludur (Şekil 3.2). Taret dönüşü, hızlanma ve yavaşlama, güvenilir bir yüksek torklu servo motor tarafından kontrol edilir. İş parçası geometrisi ve takım tutucuların boyutları göz önüne alındığında eş zamanlı aktif olarak max. 7 ya da 8 takım bağlanmaktadır.

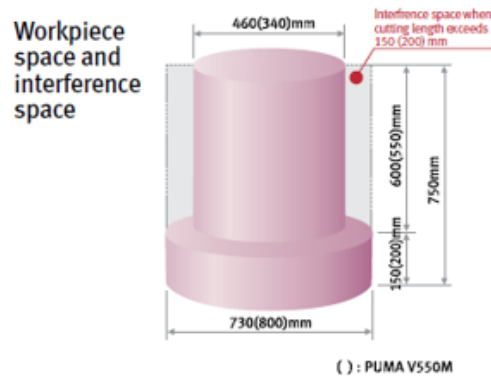
PUMAV550M



Şekil 3.3. Doosan Puma V550m takım sistemi (Anonim, 2018a)

Doosan Puma V550m takım sisteminin belirlenen takım tutucu ve güç aktarma durumları tabloda belirtilmiştir. Dışa aktarma durumuna bağlı olarak, makine ile paketlenmiş standart takımlar farklı olabilir (Şekil 3.3).

Doosan Puma V550m dik torna takım tezgâhında maksimum Devir, 3000 dev/dak. 'dır. Motor 22 kW (29.5 Hp)'dir. Taretin 1 istasyon dönüş hızı ise, 0.15 s.' dir. Dik torna tezgâhında maksimum işlenebilirlik kısıtları ise; (Şekil 3.4)' de görüldüğü gibi Max. 800 mmx750mm' dir.



Şekil 3.4. Doosan Puma V550m işlenebilirlik kısıtları (Anonim, 2018a)

3.1.2. İş parçası ve özellikleri

Deneysel çalışmada ise motor greyderlerin motordan aldığı kontrolsüz gücü kontrollü güç haline getiren ve aktaran şanzımanın montajında kullanılan ve Türkiye’de üretilen şanzıman parçalarından olan şanzıman kapağı kullanılmıştır. Şanzıman montajda 1 adet kullanılmaktadır. İş parçasının malzeme tanımı JIS standardına göre FC250’dir. Malzeme grubu ise, metaller, demir malzemeler, dökme demirler ve çelikler, gri dökme demirdir.

Gri dökme demir iyi işlenebilirlik ve mükemmel yüzey kalitesinin yanında, yüksek mukavemet ve aşınma direncine sahiptir. Döküm olarak tedarikçiden gelmekte olan ham mamül, tasarıma uygun ve yüksek kalite ile talaşlı imalat sürecinin ardından istenilen son mamül haline gelmektedir.

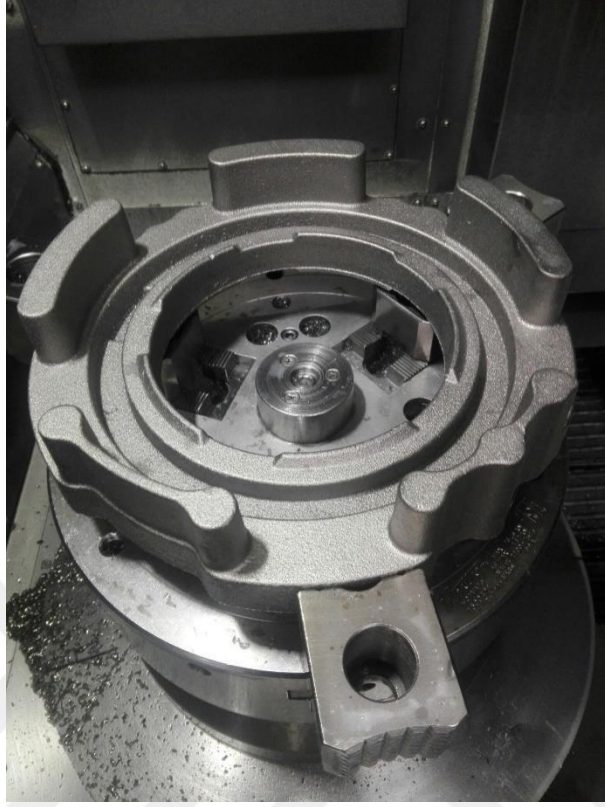
Çizelge. 3.1. Gri dökme demirlerin mekanik özellikleri (Anonim, 2000)

TS-552 LAMEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLER / GENEL AMAÇLAR İÇİN					
	DDL-15	DDL-20	DDL-25	DDL-30	DDL-35
Çekme Dayanımı N/mm ² min	150	200	250	300	350
TİPİK ÖZELLİKLERİ					
Sertlik HB	160-190	170-210	180-250	200-240	210-250
Mikroyapı	Ferritic+Pearlitic	Pearlitic+Ferritic	Pearlitic (min %90)	Pearlitic (100%)	Pearlitic (ince)
Kimyasal Kompozisyon (Orta et kalınlığı için)	C : 3.40-3.60 Si : 2.30-2.50 Mn:0.50-0.80 S: 0.12 max P: 0.50 max	C : 3.20-3.40 Si : 2.10-2.30 Mn:0.50-0.80 S: 0.12 max P: 0.40 max	C : 3.00-3.25 Si : 1.85-2.10 Mn:0.40-0.70 S: 0.12 max P: 0.25 max	C : 2.95-3.10 Si : 1.70-2.00 Mn:0.40-0.70 S: 0.10 max P: 0.20 max	C : 2.70-3.00 Si : 1.70-2.00 Mn:0.60-0.80 S: 0.10 max P: 0.20 max

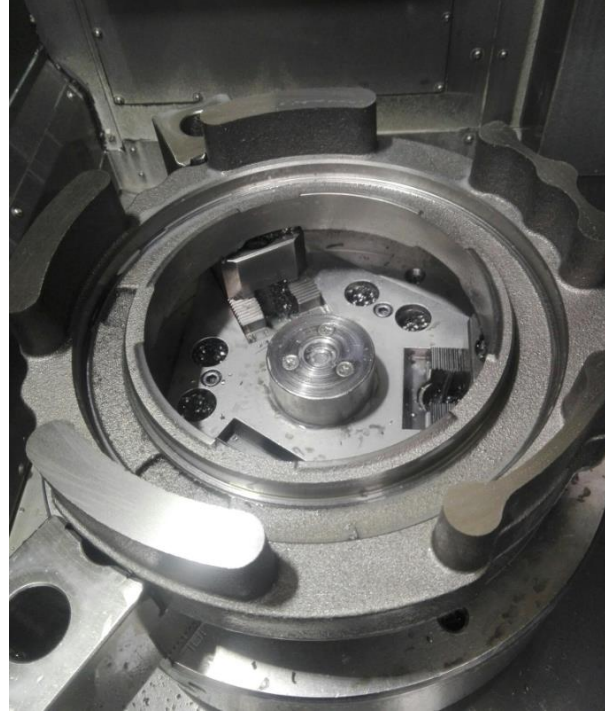
Çizelge. 3.2. Gri dökme demirlerin eşdeğer standartları (Anonim, 2000)

EŞDEĞER STANDARTLAR					
TURKEY- TSE TS-552	DDL-15	DDL-20	DDL-25	DDL-30	DDL-35
EU - EN 1561	GJL 150	GJL 200	GJL 250	GJL 300	GJL 350
GERMANY - DIN 1691	GG 15	GG20	GG 25	GG 30	GG 35
USA - ASTM A 4876	Class 20 B	Class 25 B	Class 35 B	Class 50 B	Class 55 B
G.BRITAIN - BS 1452	Grade 150	Grade 220	Grade 250	Grade 300	Grade 350
FRANCE - NF A32-101	Ft 15 D	Ft 20 D	Ft 25 D	Ft 30 D	Ft 35 D
ITALY - UNI 5007	GG 15	GG20	GG 25	GG 30	GG 35
JAPAN - JIS G 5501	FC 150	FC 200	FC 250	FC 300	FC 350

İş parçasının işlenmeden önceki ve işlendikten sonraki görüntüleri Şekil 3.5 ve Şekil 3.6' da verilmektedir.



Şekil 3.5. İş parçasının işlenmemiş görüntüsü

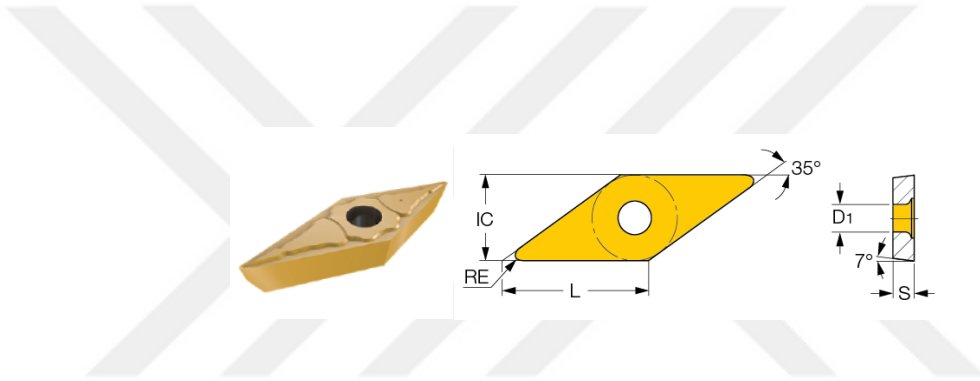


Şekil 3.6. İş parçasının işlenmiş görüntüsü

**İş parçası Teknik Resmi; HİDROMEK know-how prensipleri doğrultusunda paylaşamamıştır.

3.1.3. Kesici uç ve takım tutucu

Deneylerde kullanılmak üzere yüksek basınçlı jet soğutma sistemleri için geliştirilen özel tasarım ASHA-R-VDI40-25-JETI Seco Jet Stream tercih edilmiştir. Seco Tools, kare saplı takımlar ile işleme için Jet stream Tooling yüksek basınçlı soğutma sıvısı teknolojisini sunmaktadır. Sap takım adaptörleri, kare saplı tornalama takım tutucuları için son derece yaygın olarak kullanılan bir bağlantı sunmaktadır.



Şekil 3.7. VCMT160408 kesici takım (Anonim, 2019c)

Deneylerde kullanılan kesici uç' a ait geometrik boyutlar gösterimi (ISO) standartına göre çizelge 3.3' de verilmiştir.

Çizelge. 3.3. Kesici takım ISO standardına göre gösterimi (Anonim, 2019c)

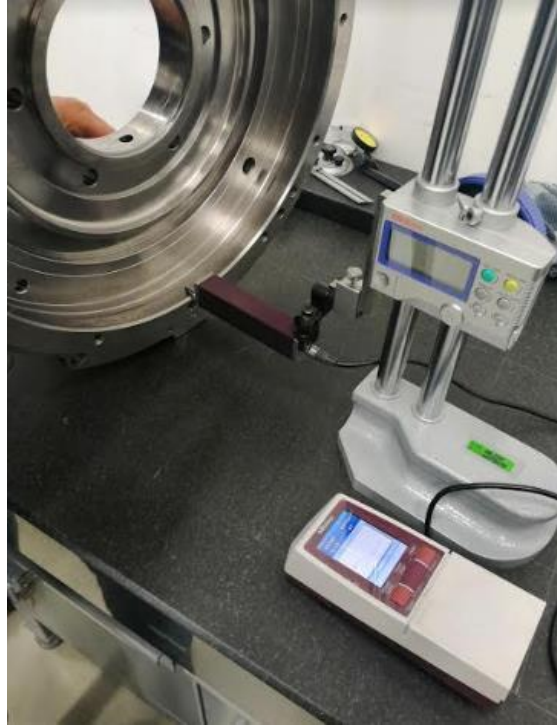
	L	IC	S	RE	D1	ft(min)
VCMT160408-MK MC5015	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40

3.1.4. Yüzey pürüzlülük cihazı

- Seri 178- Portatif Yüzey Pürüzlülük Ölçüm Cihazı ile ölçüm yapılmıştır. SurfTest SJ-210 yerinde ölçüm için taşınabilir olarak tasarlanmış kullanıcı dostu yüzey pürüzlülük ölçüm cihazıdır.
- 2.4" arka aydınlatmalı, renkli grafik LCD.

- Basit tuş yerleşimi: Surftest SJ-210 cihazın ön kısmında ve kayar kapak altında yer alan tuşlar ile kolaylıkla kullanılabilir.
- Gelişmiş veri saklama kapasitesi: Dâhili hafızaya 10 adet ölçüm koşulu ve bir ölçüm profili saklanabilir.
- Opsiyonel hafıza kartı: Opsiyonel hafıza kartı ile çok sayıda ölçüm profili ve koşulu saklayabilecek şekilde hafıza arttırılabilir.
- Birçok endüstriyel standartlar ile uyumludur: Surftest SJ-210 aşağıdaki standartlar ile uyumludur: DIN EN ISO, VDA, JIS, ANSI ve özel ayarlar.
- Profilleri ve grafiksel tarihleri gösterir: Hesaplama sonuçlarına ek olarak, Surftest SJ-210 bölgesel hesaplama sonuçlarını ve profillerini, yüklenmiş eğrileri ve genlik dağılım eğrilerini gösterir.
- Farklı uygulamalarda kullanmak için opsiyonel sürücü üniteleri bulunmaktadır.
- Sahada ölçüm yapabilme imkânı sunmaktadır (Anonim, 2018b).

Deneysel çalışmada kullanılan yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı Şekil 3.8' de verilmiştir.



Şekil 3.8. Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı

3.2. Yöntem

3.2.1. Deney tasarımı, tezgâh programlama

Takım veya iş parçasının, talaş kaldırmak için çeşitli yönlere hareket ettirilmesi ve hareket uzunluklarının tam olarak gerçekleştirilmelidir (Şekil 3.9). Tezgâh kontrol ünitelerine veri girişi öncesi nümerik verinin hazırlanması yani programlanması gerekmektedir. Karmaşık geometrili parçaların programlanması, uygun takım yörüngelerinin belirlenmesi için bilgisayar programları kullanılmaktadır.

Bu çalışmada yer verilen Doosan Puma V550m tezgâhının CNC programlama dili Fanucur. Fanuc kodlama sistemine göre şanzıman kapağı iş parçası için oluşturulan programlardan biri (Çizelge 3.4)' de verilmiştir.



Şekil 3.9. Tezgâh kontrol ünitesi

Çizelge 3.4. İş parçası CNC programı

Satır No	1. sayfa	Satır No	2. sayfa
10	M90	500	G1Z-50
20	G50S1000	510	X244
30	T060606(DIS CAP KABA)	520	X245Z-52.60
40	S350M3	530	G02X249Z-54.5L2
50	G0X350Z50	540	G1X266
60	Z4M8	550	G0Z-33
70	G85 NAT40 D2 F0.15	560	X233
80	NAT40 G82	570	G1Z-37F0.08
90	G0Z0.2	580	X234.2Z-38
100	G1X287	590	X238.35Z-41
110	G80	600	Z-52.60F0.15
120	G0Z10M9	610	X270
130	X800Z800	620	G0Z10M9
140	M1	630	X888Z888
150	N001	640	M1
160	T030303(KANAL 6LIK DELIK)	650	T11111(226 CAP FINIS VCMT 32'LIK)
170	S250M3	660	G96S1000M4
180	G0X190Z50	670	S355
190	Z-34.5M8	680	G0X221.75Z50
200	G1X220F0.18	690	Z-33M8
210	G0X190Z-32	700	G1Z-38G42F0.08
220	Z-35.8	710	X225.334Z-41.1
230	G1X220	720	G03X225.880Z-42.1I-1.732K-1
240	G0X195Z-33	730	G1Z-52.45
250	G85 NAT1 D4 U0.4 W0.2 F0.15	740	G40
260	NAT1 G81	750	G1X226.5Z-51F0.08
270	G1X203.5	760	G0Z10M9
280	Z-36	770	Z888X888
290	X202Z-36.75	780	M1
300	Z-69	790	T090909(280 CAP FINIS VCMT40)
310	X193	800	G96S1000M3
320	G80	810	S355
330	G0Z-33	820	G0X280Z50
340	X276.5	830	Z-33M8
350	G1Z-52.60	840	G1X284.3F0.08
360	X274	850	Z-38G41F0.08
370	X273Z-53	860	X280.706Z-41.1
380	G03X269Z-54.5L2	870	G02X280.170Z-42.1I1.732K-1
390	G1X266	880	G1Z-52.45
400	G0Z-33	890	G40
410	X280	900	X279Z-51.8
420	X285	910	G0Z10M9
430	Z-37	920	G0X888Z888
440	G1X283.7Z-37.8	930	M1
450	X279.6Z-41	940	N009
460	Z-52.60	950	.
470	X270	960	.
480	G0Z-33	970	.
490	X242	**	(HİDROMEK know-how prensipleri doğrultusunda program tamamı paylaşılamamıştır.)

3.2.2. Kesme parametreleri

Kesme parametrelerinin belirlenmesi ile kesme kuvvetlerine ve takım aşınmasına etkilerini incelemek amaçlanmıştır. Deneyler için, ISO 3685' teki öneriler dikkate alınarak, üç farklı devir ve üç farklı ilerleme hızı değeri belirlenmiştir. VCMT160408-MK MC MY5015 için sabit kesme derinliği 1 mm seçilmiştir. Deneylerin tümünde aynı şartları oluşturmak için, her deneyde hiç kullanılmamış yeni kesici takımlar kullanılmıştır. Deneylerin yapılış sırasına göre belirlenmiş kesme parametreleri çizelge 3.5' de verilmiştir.

Çizelge 3.5. Deney kesme parametreleri

Deney No	Vc(m/dak)	f(mm/dev)
mevcut	325	0,13
1	200	0,08
2	200	0,15
3	200	0,20
4	450	0,08
5	450	0,15
6	450	0,20
7	700	0,08
8	700	0,15
9	700	0,20

$$V(m/dak) = \frac{\pi \cdot D \cdot N}{1000}$$

V: Kesme Hızı, metre/dakika

N: Devir Sayısı, devir/dakika

D: Kesici Takım çapı, mm

f: İlerleme Hızı, mm/devir veya mm/diş

3.2.3. Yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi

Kesme deneylerinin sonunda işlenen yüzeylerde meydana gelen ortalama yüzey pürüzlülüğünün (Ra) Şekil 3.10' da kesme hızı ve ilerleme hızı olan ile ilişkisini gösteren hesaplama ile bulunmuştur. Hesaplanan değerler çizelge 3.6' de belirtilmiştir.

$$Ra = \frac{0.0321f^2}{r_e} \quad (\mu\text{m})$$

Ra : Ortalama pürüzlülük (μm)

f : İlerleme (mm/devir)

r_e : Kesici uç yarıçapı (mm)

Şekil 3.10. Ra değerleri (Kaçal, 2008)








Çizelge 3.6. Ra değerlerinin tespiti

d=1mm	Çap=382mm	Re=0,8mm	
Deney No	Vc(m/dak)	f(mm/dev)	Ra(mikron)
Mevcut	325	0,13	1,066
1	200	0,08	1,059
2	200	0,15	1,174
3	200	0,20	1,576
4	450	0,08	1,059
5	450	0,15	1,174
6	450	0,20	1,576
7	700	0,08	1,059
8	700	0,15	1,174
9	700	0,20	1,576

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

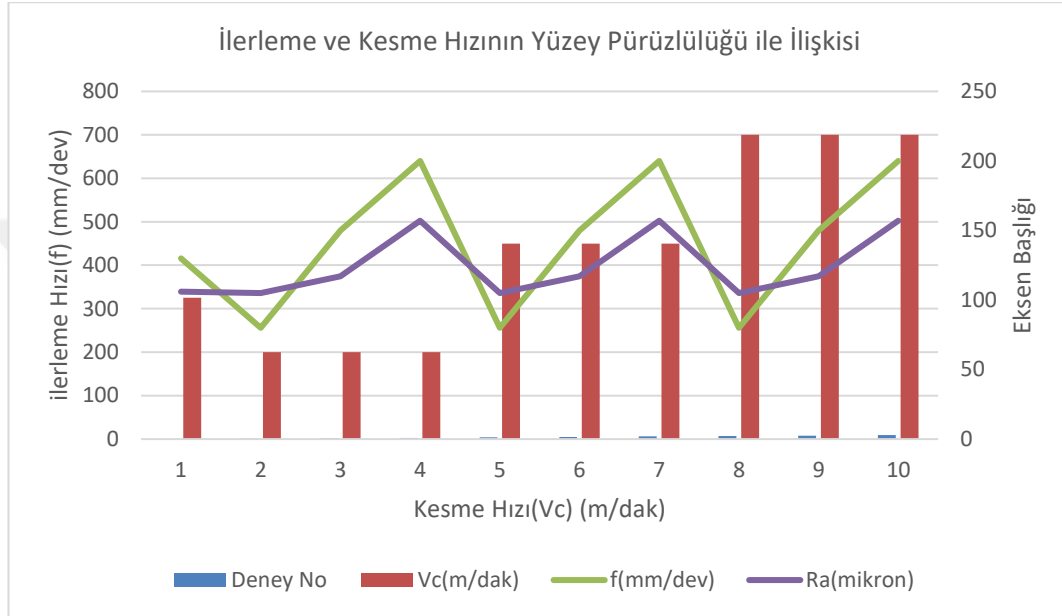
4.1. Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Etkisi

Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri, kesici takımla talaş kaldırma işlemi sonucunda elde edilen işlenmiş yüzey üzerinde üç farklı bölgede ortalama yüzey pürüzlülük değerleri elmas uçlu profilometre ile ölçülmüş ve aritmetik ortalaması alınarak ortalama yüzey pürüzlülük değerleri belirlenmiştir. Yapılan deneylerde talaş miktarı sabit tutulmuştur. İlerleme hızı değiştirildiğinde yüzey pürüzlülüklerinde meydana gelen değişiklikler yüzey ölçüm cihazı ile ölçülerek kaydedilmiştir. Ölçülen Ra yüzey pürüzlülüğü değerleri Şekil 4.1'de her bir ilerleme hızı için ayrı ayrı verilmiştir.

Yüzey pürüzlülüğü esnasında Ra, Rz dalga boyları	Yüzey pürüzlülüğü sonuç değeri(Ra)	İlerleme Hızı(f) (mm/dev)
		0,13 (mevcut durum)
		0,08
		0,15
		0,20

Şekil 4.1. Deney esnasında ölçülen yüzey pürüzlülük değerleri

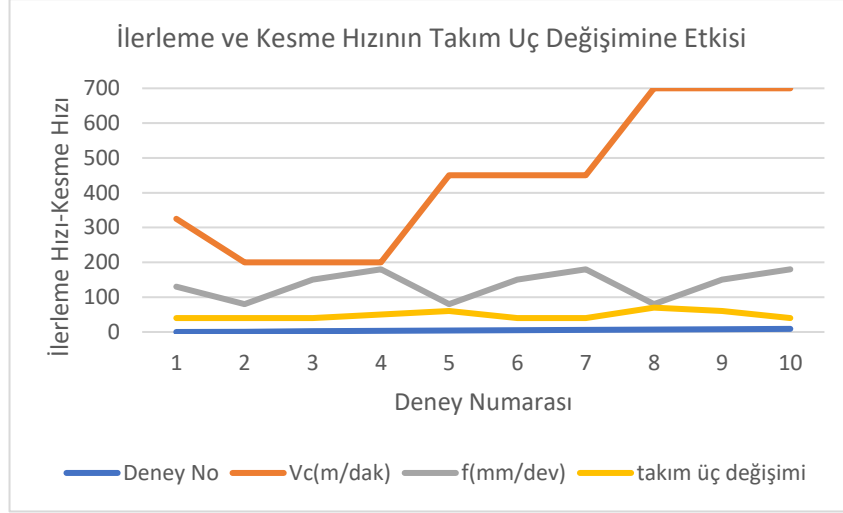
Kesme hızı ve ilerleme hızının yüzey pürüzlülüğü ile doğrudan etkisi olduğu yapılan çalışmalar sonucunda da elde edilmiş olup, sonuçlar literatürü destekler nitelikte olduğu görülmüştür. Şekil 4.2' de görüldüğü gibi ilerleme hızı arttığı zaman yüzey pürüzlülüklerinde de artış yaşanmıştır. Kesme hızı ile ilerleme hızı birlikte ele alındığında ilerleme ve kesme hızının en az olduğu deneylerde yüzey pürüzlülük değeri de en ideal duruma yakın olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.2. Deney esnasında ölçülen yüzey pürüzlülük grafiği

4.2. Kesme Parametrelerinin Takım Aşınması ve Takım Ömrüne Etkisi

İlerleme hızının düşük olduğu deneylerde daha fazla aşınma meydana gelmiştir. Yüksek kesme hızlarında düşük ilerleme hızı ile çalışıldığında kesici takımın yanma meydana gelmiştir. Ayrıca kesici takım, takım-talaş ara yüzeyinde ısınmaya maruz kaldığı için sıvanma da meydana gelmiştir. Genel olarak takımlarda meydana gelen aşınmalar, yanak bölgelerinde meydana gelmiştir. Yapılan deneyler esnasında kesici takım üzerinde oluşan takım aşınmasına bağlı kesici uç değişimi Şekil 4.3' de görüldüğü gibidir.



Şekil 4.3. İlerleme ve kesme hızının takım uç değişimine etkisi

Sabit kesme derinliğinde 3 farklı kesme hızı ve 3 farklı ilerleme hızında yapılan 9 deney esnasında kesici takımda meydana gelen aşınma görüntüleri ve aşınmaya sebep olan durumlar Şekil 4.4' de görüntüleri ile birlikte verilmiştir.



Şekil 4.4. Kesici takımda karşılaşılan aşınma görüntüleri

4.3. Kesme Parametrelerinin Üretim Maliyetine Etkisi

Üretim amacıyla varlık tüketildiğinde tüketilen varlığın maliyet değeri maliyet giderine dönüşür ve belirli bir malın üretimiyle ilgili maliyet giderlerinin toplamı da üretilen söz konu malın üretim maliyetini oluşturur. Endirekt ve direkt maliyetlere ek olarak işçilik ve genel imalat giderleri de üretim maliyetini etkilemektedir. Sabit kesme derinliğinde 3 farklı kesme hızı ve 3 farklı ilerleme hızı ile yapılan 9 deneyde elde edilen veriler incelendiğinde üretim süresinin de etkilediği görülmüştür. Mevcut şartlarda 325 m/dak kesme hızı ve 0,13 mm/dev ilerleme hızı için 60 dakika olan üretim süresi, 450 m/dak kesme hızı ve 0,15 mm/dev ilerleme hızı ile yapılan deney ile 50 dakikaya düştüğü gözlemlenmiştir. Üretilmesi için sipariş verilen 300 adet şanzıman kapağı için 3000 dakikalık bir üretim süresi kısılması olmuştur. 9 saat olan günlük çalışma süresi 540 dakika olduğundan 3000 dakika yaklaşık 5 günlük bir maliyet tasarrufu yapılabilmektedir.

Böylece aynı iş parçası sadece kesme parametrelerinde yapılan değişiklikler ile yaklaşık 5 iş günü önce üretim tamamlanmaktadır. Üretim maliyeti ise günlük 1.575,00 TL olduğu göz önüne alındığında 8.225,00 TL mali kazanç sağlanmış olacaktır. Hem iş gücü hem maliyet olarak yapılan deneyler amaçlandığı gibi kazanım sağlanmıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Sonuç

Bu çalışmada TSE552 standardına göre DDL-25 gri dökme demir (C: 3.00-3.25, Si: 1.85-2.10, Mn:0.40-0.70, S: 0.12 max, P: 0.25 max) malzemeye 1 mm sabit talaş derinliği, 3 farklı kesme hızına (200,450, 700 m/dak), 3 farklı ilerleme (0.08, 0.15, 0.20 mm/dev.) hızına bağlı olarak 9 deney yapılmıştır. Deneyler sırasında kullanılan kesici takım tek tip olarak VCMT160408 seçilmiştir.

Yapılan deneyler sonucunda elde edilen çıktılar aşağıdaki başlıklar ile değerlendirilmiştir. Bunlar:

- **Yüzey pürüzlülüğü:** Önerilen 5. durumdaki yüzey pürüzlülüğünün mevcut durumdaki yüzey pürüzlülüğüne göre daha fazla olduğu aşağıdaki grafikten görülmektedir (Çizelge 5.1).

Çizelge 5.1. Yüzey pürüzlülüğü

d=1mm	Çap=382mm	Re=0,8mm	
Deney No	Vc(m/dak)	f(mm/dev)	Ra(mikron)
mevcut	325	0,13	1,066
1	200	0,08	1,059
2	200	0,15	1,174
3	200	0,20	1,576
4	450	0,08	1,059
5	450	0,15	1,174
6	450	0,20	1,576
7	700	0,08	1,059
8	700	0,15	1,174
9	700	0,20	1,576

- **Üretim süresi:** 1 parça için üretim süresi mevcut durumda 60 dakikada önerilen 5. durumda 50 dakikaya düşmüştür (Çizelge 5.2).

Çizelge 5.2. Üretim süresi

Deney No	Vc(m/dak)	f(mm/dev)	Üretim Süresi(dk.)
mevcut	325	0,13	60,00
1	200	0,08	70,00
2	200	0,15	60,00
3	200	0,20	80,00
4	450	0,08	90,00
5	450	0,15	50,00
6	450	0,20	50,00
7	700	0,08	90,00
8	700	0,15	95,00
9	700	0,20	100,00

- **Takım uç değişim sayısı:** Mevcut durum ile önerilen durum arasında takım ucu değişim sayısı bakımından fark bulunmamaktadır (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.3. Takım uç değişim sayısı

Deney No	Vc(m/dak)	f(mm/dev)	Takım uç değişimi(adet)
mevcut	325	0,13	20
1	200	0,08	20
2	200	0,15	20
3	200	0,20	25
4	450	0,08	30
5	450	0,15	20
6	450	0,20	20
7	700	0,08	35
8	700	0,15	30
9	700	0,20	20

- **Toplam üretim maliyeti:** Bu tez çalışmasında iş makineleri şanzıman kapağının tornalanmasında, uygun kesme parametrelerinin belirlenmesi ve bunun üretim maliyetine olan etkisi araştırılmaktadır. Belirlenen 3

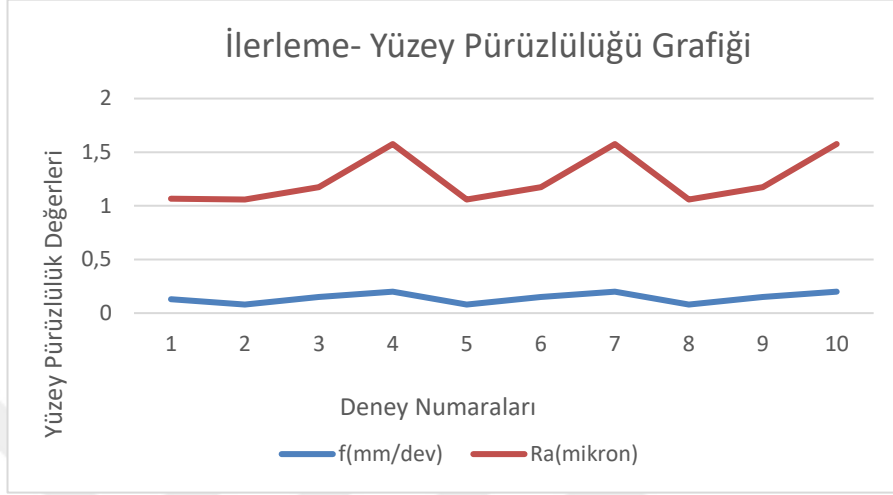
kesme hızı ve 3 ilerleme hızı ile 9 adet deney yapıp, en uygun durumun 5. durum olduğu gözlemlenmiştir. Mevcut durum ile 5. durum kıyaslandığında 300 adet şanzıman kapağı 5 gün daha erken bitirilebilmektedir. 1 günlük işçi ve makine maliyeti 1.575,00 TL' dir. 5 günlük işçi ve makine maliyetinden elde edilen kazancın 8.225,00 TL olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 5.4). Ancak yüzey pürüzlülüğündeki hassasiyet söz konusu ise 5. durum avantajlı bir durum değildir.

Çizelge 5.4. Toplam üretim maliyeti

Deney No	Vc (m/dak)	F (mm/dev)	Toplam üretim maliyeti (TL)
mevcut	325	0,13	3.951,40
1	200	0,08	9.275,00 kayıp
2	200	0,15	525,00 kayıp
3	200	0,20	18.025,00 kayıp
4	450	0,08	26.775,00 kayıp
5	450	0,15	8.225,00 kazanç
6	450	0,20	8.225,00 kazanç
7	700	0,08	26.775,00 kayıp
8	700	0,15	31.150,00 kayıp
9	700	0,20	35.525,00 kayıp

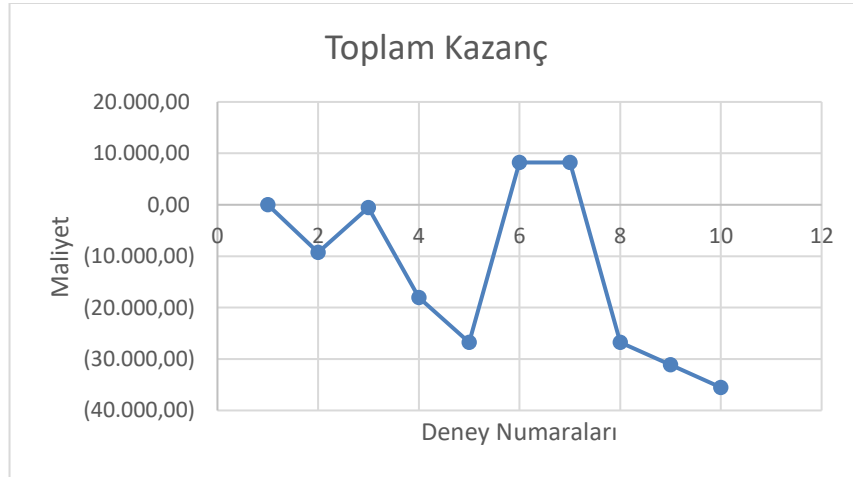
Bu çalışmada yapılan deneylerden elde edilen verilere göre aşağıdaki grafikler oluşturulmuştur.

İlerleme hızı - yüzey pürüzlülüğü ilişkisi: Yapılan deneylerden ilerleme hızındaki artış ile yüzey pürüzlülüğündeki artışın doğru orantılı olduğu gözlemlenmiştir. Yüzey pürüzlülüğü önemli bir kriter ise ilerleme hızı artırılmamalıdır.



Şekil 5.1. Yüzey pürüzlülüğü-ilerleme hızı sonuçları

İlerleme hızı- üretim maliyeti ilişkisi: İlerleme hızı arttıkça üretim maliyetinin düştüğü görülmüştür. Mevcut şartların üzerindeki ilerleme hızında üretim süresi kısaldığından maliyetin de düştüğü tespit edilmiştir.



Şekil 5.2. Üretim maliyetinin toplam kazanç değerleri

5.2. Öneriler

Bu tez çalışmasında dik torna tezgâhında mevcut olan 325 m/dak'lık kesme hızını ve 0,13 mm/dev'lik ilerleme hızını değiştirerek üretim maliyetinin düşürülmesi hedeflenmiştir. Deney esnasında DDL-25 gri dökme demir iş parçası ile çalışıldığı için yüzey pürüzlülüğü ile ilgili sonuçlar öncelik olarak seçilmemiş olup, 5. Durum tercih edilmiştir.

Bundan sonraki yapılacak çalışmalarda tornanın mevcut kapasitesi ve işlenecek parçanın yüzey ve ölçü toleransları dikkate alınarak farklı kesme hızı ve ilerleme hızlarında deneyler yapılabilir.

Farklı malzeme özelliklerine sahip kesici takımlarla da deneyler yapılabilir. Bu tez çalışmasında yapılan deneyler arasından; önem sırası bakımından öncelikli olan kriterlere göre diğer durumlarda seçilebilir. Başka ideal şartları taşıyabilecek kesici takımlar incelenebilir.

Bu bağlamda etkin DDL-25 gri dökme demir iş parçası kullanılarak sıcaklık ve kuvvet ölçümleri gerçekleştirilebilir. Bu veriler irdelenerek elde edilecek sonuçlar kuskusuz çok faydalı olacaktır.

Bundan sonraki aynı kapsamlı çalışmalarda; kesme hızı, ilerleme hızı, paso miktarı gibi kesme parametrelerinin değiştirilmesi ve bu koşullarda kesme işlemlerinin izlenmesi uygun olacaktır.

Bir diğer yandan kesici uç malzeme ve geometrilerinin de etkisinin irdelenmesi gerekiyorsa, farklı takım malzemeleri ve farklı takım geometrileri kullanılarak deneyler yapılabilir.

KAYNAKLAR

- Akkurt, M., 1985. Takım Tezgâhları, Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Teknolojisi. Birsen Yayınevi, 704s, İstanbul.
- Akkurt, M., 1991. Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgâhları, Birsen Yayınevi, 347s, İstanbul.
- Akkurt, M., 2000. Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgâhları, Birsen Yayınevi, 376s, İstanbul.
- Akkurt, T., 2013. Ağır Ticari Araçlarda Kardan Şaftına Etkiyen Tork Değerlerinin Araştırılması. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 79s, İstanbul.
- Altıntaş, Y., 2000. Manufacturing Automation. Cambridge University Pres, 275p, Vancouver.
- Anonim, 2000. Gri Dökme Demirler ve Genel Amaçları. Erişim Tarihi: 2000. <http://www.atacelik.com/dokumstandartlari.html>
- Anonim, 2012. Genel Tornalama. Erişim Tarihi: 2012. <https://www.secotools.com/#article/702>
- Anonim, 2018a. Puma V Series V400/V500 High Performance Vertical Turning Center. Erişim Tarihi: 2018. <http://www.doosanmachinetools.com/brochure/turning-center/vertical/puma-v-series-v400-v550-english.pdf>
- Anonim, 2018b. Yüzey Ölçüm Cihazı. Erişim Tarihi: 2018. <https://shop.mitutoyo.eu/web/mitutoyo/tr/mitutoyo/1292249246959/Surftest%20SJ-210/index.xhtml>
- Anonim, 2019c. Endüstri Nedir. Erişim Tarihi: 2019. <https://masinoksendustriyel.com/endustri-nedir/>
- Anonim, 2019d. Manufacturer of Metal Working Tools. Erişim Tarihi: 2019. <http://www.iscar.com/eCatalog/item.aspx?cat=5566929&fnum=869&map=IS&app=0&GFSTYP=M>
- Bakır, S., 2014. Dış Yüzeye Kanal Açma Sırasında Kesici Takıma Etkiyen Gerilmelerin İncelenme. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 95s, Ankara.
- Balcı, B., 2008. AISI 304 Östenitik Paslanmaz Çelik Malzemenin İşlenmesinde Yüzey Pürüzlülüğünün İncelenmesi. Zonguldak Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilim Uzmanlığı Tezi, 87s, Zonguldak.

- Bayrak, M., 2002. Ç 1020, Ç 1040 ve 9SMnPb28 Çeliklerinin Talaşlı İşlenmesinde Yüzey Pürüzlülüğünün Uzman Sistemle Hesaplanan Değerlerin Deneysel Değerlerle Karşılaştırılması. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 155s, Ankara.
- Can, A., 2003. AISI 5140 Çeliğinin Sermet, PVD İle TiAlN-CVD İle TiN Kaplanmış Kesici Uçlarla Tornalanmasında Kesme Değişkenleri, Kaplama Cinsi ve Takım Aşınmasının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin Deneysel İncelenmesi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 143s, Ankara.
- Çakır, M.C., 1999. Modern Talaşlı İmalatın Esasları, Dora Basım Yayınevi, 308s, Bursa.
- Çakır, M.C., 2000. Modern Talaşlı İmalat Yöntemleri, Vipaş A.Ş. Yayınevi, 535s, İstanbul.
- Çakır, M.C., 2006. Modern Talaşlı İmalat Yöntemleri, Nobel Yayınevi, 268s, Ankara.
- Çakır, M.C., Ensarioğlu, C., Demirayak, I., 2009. Mathematical Modeling of Surface Roughness for Evaluating the Effects of Cutting Parameters and Coating Material. Journal of Materials Processing Technology, 209(1), 102-109.
- Çiftçi, Ş., 2007. Kesici Takımlar ve Kesme Teorisi Ders Notları, Zonguldak Karabük Üniversitesi, Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Ders Notları, 3-15.
- Çolak, O., 2006. CNC Freze Tezgahı için Kesme Parametrelerinin Akıllı Yöntemlerle Elektronik Ortamda Optimizasyonu. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 311s, Isparta.
- Dan, L., Mathew, J., 1990. Tool Wear and Failure Monitoring Techniques for Turning. International Journal of Machine Tools and Manufacture, 30(4), 579-598.
- Danilevsky, V., 1967. İmalat Mühendisliği. Çev. Kantaroğlu, E. B. Makine Mühendisleri Odası, 6s, Ankara.
- De Garmo, E.P., Black, J.T., Kohser, R.A., 1997. Materials and Processes in Manufacturing. Printice-Hall Inc, 652p, New Jersey.
- Gökkaya, H., 2004. Takım-Talaş Ara Yüzey Sıcaklığının Isıl Çift Yöntemiyle Ölçülmesi ve Kesici Takım ile Takım Tutucu Üzerindeki Etkilerinin Sonlu Elemanlarla İncelenmesi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 180s, Ankara.

- Güllü, A., 1995. Silindirik Taşlamada İstenen Yüzey Pürüzlülüğünü Elde Etmek için Taşlama Parametrelerinin Bilgisayar Yardımıyla Optimizasyonu. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 152s, Ankara.
- Güllü, A., Özdemir, A., ve Demir, H., 2003. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçme Yöntemleri ve Mukayesesi. Zonguldak Karabük Üniversitesi Teknoloji Dergisi, 61(2), 79-92.
- Günaydın, T., 2015. Tornalamada Zamana Göre Değişen Kesme Kuvvetlerinin Kesici Takımdaki Etkilerinin İncelenmesi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 77s, Ankara.
- Habalı, K., 2003. Kesici Takım Kaplama Malzemesinin Takım-Talaş Arayüzey Sıcaklığı Üzerindeki Etkisinin Deneysel Olarak Araştırılması. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 132s, Ankara.
- İşbilir, F., 2006. Takım Ömrünün Sebep-Sonuç Diyagramları ile Açıklanması, Yüzey Pürüzlülüğü ve Takım Ömrüne Etkili Faktörlerin Analizi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 85s, Ankara.
- Kaçal, A., Gülesin, M., Melek, F., 2008. GGG 40 Küresel Grafitli Dökme Demirlerin İnce Tornalama Operasyonlarında Kesme Kuvvetlerinin ve Yüzey Pürüzlülüğünün Değerlendirilmesi. Politeknik Dergisi, 113(1), 229-234.
- Koç, C., 2012. Talaşlı Üretim Nedir. Erişim tarihi: 2012.
<http://www.catiaturk.com/imalat-2/cam/12/talasli-imalat-uretim-nedir-17.html>
- Krar, S.F., Oswald, J.W. and Amand, J.E., 2006. Technology of Machine Tools. Third Editions, 903p, Toulouse.
- Memiş, F., 2015. AISI 2205 (EN 1.4462) Paslanmaz Çeliğin CNC Torna Tezgahında İşlenmesinde Yüzey Pürüzlülüğü ve Kesme Kuvvetlerinin Deneysel Araştırılması. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 83s, Ankara.
- Oral, N., 2018. Ti6Al4V Elı Alaşımının Tornalanmasında Yüksek Basınçlı Jet Soğutmanın Kesme Kuvvetlerine ve Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 105s, Isparta.
- Özdemir, U., Erten, M., 2003. Talaşlı İmalat Sırasında Kesici Takımda Meydana Gelen Hasar Mekanizmaları ve Takım Hasarını Azaltma Yöntemleri. Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi, 11(1), 37-50.
- Özkaya, Y., 2018. Endüstri 4.0. Erişim Tarihi: 2018
<http://www.paragrafoku.com/2018/04/27/2622>

- Özler, L., 1998. Östenitik Manganlı Çeliğin Sıcak Talaşlı İşleminde Kalem Ömrünün Teorik ve Deneysel Olarak Araştırılması. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 104s, Elazığ.
- Özses, B., 2002. Bilgisayarlı Sayısal Denetimli Takım Tezgahlarında Değişik İşleme Koşullarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 114s, Ankara.
- Parlak, N., 2012. AISI D6 Soğuk İş Takım Çeliğinin Tornalanmasında Takım Aşınması ve Yüzey Pürüzlülüğünün İncelenmesi. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 92s, Elazığ.
- Sağlam, H., 2016. Frezelemede Kesme Parametreleri ile Kesme Kuvvetlerinin Değişimi ve Bunların Takım Aşınması ve Yüzey Pürüzlülüğü Üzerindeki Etkilerinin Deneysel İncelenmesi. Selçuk Teknik Online Dergisi, 13(2), 9.
- Sandvik, A., 1996. Modern Metal Cutting-a Practical Handbook. Sandvik Coromant Edition, 960p, Sweden.
- Şahin, Y., 2000. Talaş Kaldırma Prensipleri. Gazi Yayınevi, 398s, Ankara.
- Şahin, Y., 2001. Talaş Kaldırma Prensipleri. Nobel Yayınevi, 501s, Ankara.
- Şahin, Y., 2003. İmal Usulleri, Gazi Yayınevi, 378s, Ankara.
- Tekaslan, Ö., Gerger, N. ve Şeker, U., 2008. CNC Torna Tezgahında AISI 304 Çeliklerin İşlenmesinde Optimum Yüzey Pürüzlülüğünü Sağlayacak Kesme Parametrelerinin Tespiti. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 16(2), 97-104.
- Tekaüt, İ., 2008. Takım Tezgahlarındaki Kesici Takım Titreşiminin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 103s, Ankara.
- Tekaüt, İ., Günay, M., Şeker, U., 2011. Tornalama İşlemlerinde Talaş Kırıcı Formunun ve Kesme Parametrelerinin Taguchi Yöntemiyle Optimizasyonu. International Advanced Technologies Symposium, 2011, Elazığ, 16-18.
- Trent, E.M., 1989. Metal Cutting. Butterworths Press, 464p, London.
- TS-10329/Haziran, 1992. Kalem Ömrü Kıstasları ve Kalem Aşınmasının Ölçülmesi. TSE, I. Baskı, Ankara.
- Yılmaz, N., Yalçın, B. ve Özsoy, A., 2004. Kesici Takımlarda Aşınma ve Takım Performansının İyileştirilmesi. Metal Makine Dergisi, 17(150), 474-481.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Berna ERDOĞAN
Doğum Yeri ve Yılı : Eskişehir, 1992
Medeni Hali : Bekâr
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : bernaerdogan3226@hotmail.com



Eğitim Durumu

Lise : Eskişehir Atatürk Anadolu Meslek Lisesi, 2010
Lisans : SDÜ, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği, 2015

Mesleki Deneyim

Dündarlar Makina Ltd. Şti. : 2015 – 2017
(Üretim Planlama Mühendisi)
Hidromek A.Ş. : 2017 – halen
(Üretim Planlama Mühendisi)