



T.C.

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YÜZEYİ SERTLEŞTİRİLMİŞ SOĞUK İŞ KALIP ÇELİKLERİNİN
TORNALANMASI İŞLEMLERİNDE TAKIM ÖMRÜ- KESME
PARAMETRELERİ İLİŞKİSİNİN İNCELENMESİ**

Doğan ŞENKAL

Prof. Dr. M. Cemal ÇAKIR

(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2012

Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Doğan ŞENKAL tarafından hazırlanan ‘‘YÜZEYİ SERTLEŞTİRİLMİŞ SOĞUK İŞ KALIP ÇELİKLERİNİN TORNALANMASI İŞLEMLERİNDE TAKİM ÖMRÜ- KESME PARAMETRELERİ İLİŞKİSİNİN İNCELENMESİ’’ adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS** tezi kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. M. Cemal ÇAKIR

Üye:

İmza

Üye:

İmza

Üye:

İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof Dr. Kadri ARSLAN

Enstitü Müdürü

..../..../.....

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

-tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,

-görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,

-başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,

-atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,

-kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,

-ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

.../.../.....

İmza

Doğan Şenkal

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YÜZEYİ SERTLEŞTİRİLMİŞ SOĞUK İŞ KALIP ÇELİKLERİNİN TORNALANMASI İŞLEMLERİNDE TAKIM ÖMRÜ- KESME PARAMETRELERİ İLİŞKİSİNİN İNCELENMESİ

Doğan ŞENKAL

Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. M. Cemal ÇAKIR

Bu çalışmada yüzey pürüzlülüğü, takım ömrü ve kesme parametreleri arasındaki ilişki Yanıt Yüzey Metodu (RSM) kullanarak modellenmiş ve çekirdeğe kadar sertleştirilmiş 62 HRC malzeme tornalanmak suretiyle bu ilişki analiz edilmiştir. Bu işlemler esnasında (CNGA 120404 KY4400 ve KY1615) seramik takımlar kullanılmıştır. Bu sayede yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkili olan parametreler ve istenen kesme sonuçlarını veren değerler gözlemlenmiştir.

Başarılı bir işleme veya imalat, önceden belirlenmiş kaliteye, maliyete ve zaman değerlerine, sunulan ekipmanlarla başarılı şekilde ulaşmak şeklinde tanımlanabilir. Maalesef ki bazı durumlarda sağlanması güç olan üretim kalite karakteristikleri ile karşılaşılabilir. Takım aşınması, iş parçası yüzey pürüzlülüğü ve bunun gibi durumlar, üretimde önemli unsurlardır.

Bu çalışma yüzey pürüzlülüğü, kesici takım aşınması, gibi temel noktalar hakkında öngörü sağlamamız için bizlere çeşitli metotlar ve uygulamalar gösterecektir. Sonuçlar bizlere işlenebilirlik açısından daha verimli nasıl bir yol izleyebileceğimizi ve de teknik özelliklere uygun bir iş parçası elde etmek için tekrar işlemine maruz kalmadan nasıl istenilen kalitede parçalar elde edebileceğimizi gösterecektir.(Benardos ve Vosniakos, 2007)

Çalışma 62 HRC sertliğe ulaşmış iş parçasının (KY1615) ve alüminyum oksit-titanyum karbon nitrürle kaplı seramik (KY4400) takımla tornalanması sonucunda ortaya çıkan kesici takım aşınmasını ve de yüzey pürüzlülüğünü öğrenmemize imkan sağlayacaktır. Bu çalışma sayesinde tüm işleme parametreleri ve deney sonuçları görülebilecektir.

Sonuç olarak istenen kalite ve pürüzlülük değerlerini veren parametreler seçilebilecektir.

Değerlendirilen sonuçlar göstermiştir ki, ilerleme oranı yüzey pürüzlülüğünü en çok etkileyen faktördür. Bunun dışındaki değerler daha az bir etkiye sahiptirler. Yüzey pürüzlülüğü takım uç yarıçapının azalmasıyla artmasına karşın, ilerlemenin azalmasıyla birlikte azalmaktadır. Kesme hızı ve talaş derinliği, Ra yüzey pürüzlülüğü üzerinde ilerlemeye nazaran daha az bir etkiye sahiptir. Yüzey pürüzlülüğü kesme hızının artmasıyla birlikte azalmıştır.

Deney planının oluşturulmasında istatistikî değerlendirme konusunda uzman olan bir birim ile çalışılmıştır. Deney planı RSM metodu temel alınarak hazırlanmıştır. Bu metotla, tornalamada yüzey pürüzlülüğü için kesme parametrelerinin optimizasyonu test edilmiştir. İkinci olarak, takım aşınması bu çalışma ile analiz edilmiştir. Üçüncü olarak, talaş örnekleri ve aşınmalar arasında bir ilişki kurulmaya çalışılmıştır. En iyi yüzey pürüzlülüğü değerlerine ulaşmak için en uygun işleme koşullarını öğrenmek şarttır. Çalışmamızda en iyi işleme koşulları RSM metodu ve de aşınma-talaş resimleri ile analiz edilmiştir. RSM metoduna göre yapılan değerlendirme sonucunda, en iyi yüzey kalitesinin, yüksek kesme hızı ve düşük ilerleme oranı ile elde edilebileceği ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sert malzeme işleme, yüzey pürüzlülüğü, RSM Yanıt yüzey modeli

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

INVESTIGATING THE RELATIONSHIP BETWEEN TOOL LIFE AND CUTTING PARAMETERS IN TURNING CASE HARDENED COLD WORK MOLD STEEL

Dogan SENKAL

Uludag University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Prof. Dr. M. Cemal CAKIR

In this work, correlations between the surface roughness - tool life and cutting parameters (V_c , f , a_p) are modeled and analyzed using Response Surface Methodology (RSM) in hard material turning operations of cold work mold steel hardened to 62 HRC up to its core. Ceramic inserts (KY4400 - KY1615) are used in the operations. Consequently, cutting parameters that have influence on surface roughness are determined and optimum surface roughness values, as well as the parameter values that give these optimum values are observed.

The general manufacturing can be described as the achievement of a predefined product quality with given equipment, cost and time constraints. Unfortunately, for some quality characteristics of a product such as surface roughness cost of tools it is hard to ensure that these requirements will be met. Goals of this paper point out the various methodologies and practices that are being employed for the prediction of surface roughness, wear on cutting tools. The outcome benefits would allow for the machinability process to become more productive and at the same time to reduce any re-processing of the machined work piece so as to satisfy the technical specifications (Benardos and Vosniakos, 2007).

This paper presents a study of the analysis of surface roughness and wear on cutting tools when turning the hardened steel up to 62 HRC with an advanced alumina/TiC ceramic grade (KY1615) and coated aluminum oxide and titanium carbonitride ceramic ($Al_2O_3/TiCN$) cutting tools (KY4400). Through this study all of machining parameter and results of these trials can be seen. Accordingly the best parameter can be chosen. The evaluated results indicated that the feed rate affected the surface roughness the most, other parameters remained slightly (R_a). It decreased with decreasing the feed rate while it increased with the decreasing the nose radius. The cutting speed and the depth

of cut had a slight effect on the surface roughness values of Ra. Surface Roughness decreased due to increasing the Cutting Speed. A statistical unit which is expert on statistical evaluation was used in this experimental plan. First of all, this experimental plan was based on RSM method. This method examines the optimization of cutting parameters for surface roughness in turning. Secondly, wear of cutting tool was also analyzed in this paper. Thirdly, it was tried to find a relation between chip examples and wear pictures. It is necessary to determine the best machining condition in order to get better surface roughness. In this paper after all best machining condition was analyzed thanks to RSM method and wear-chip pictures. According to RSM, the best results of the surface roughness can be obtained with the highest cutting speed and the lowest feed rate values.

Keywords: Hard part turning, Surface roughness, Response surface methodology

TEŞEKKÜR

Bu çalıőmanın planlanmasında ve yürütülmesinde ilgi ve desteğini esirgemeyen, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle bu çalıőmayı bilimsel temeller ışığında şekillendiren, çalıőmanın hiçbir aşamasında beni yalnız bırakmayan, tez danışmanım hocam Sayın Prof. Dr. M. Cemal ÇAKIR'a teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışma ve deneyler süresince yardımını esirgemeyen hocam Balıkesir Üniversitesi Müh-Mim Fakültesi Öğretim Üyesi Sayın Doç. Dr. Ali ORAL'a, çalıőmamda emeği geçen Ekonometri Bölümü Arő. Gör. Sayın Dilek Murat'a ve fakültemiz Arő. Gör. Sayın Cihat Ensarioğlu'na yardımları için teşekkür ederim.

Her zaman yanımda bulunan, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili anneme, babama ve kardeőime őükran ve minnetlerimi sunarım.

Doğan şenkal

...../...../.....

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1.GİRİŞ	1
2.KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
3.KURAMSAL TEMELLER	10
3.1. Kesme Hızı ve Etki Eden Faktörler.....	10
3.1.1. Malzemenin cinsi.....	10
3.1.2 Kullanılan kesici takımın modeli.....	10
3.1.3. Torna tezgahının gücü ve kapasitesi.....	10
3.1.4. Talaş derinliği.....	11
3.1.5. İşleme modeli.....	11
3.2. İlerleme.....	11
3.2.1. İlerlemeye etki eden faktörler.....	11
3.3. Kesme.....	12
3.4. Talaş Tipleri.....	12
3.4.1. Sürekli talaş.....	12
3.4.2. Yığılma talaş.....	13
3.4.3. Kırık (kopuk veya süreksiz) talaş.....	13
3.5. Talaş Kaldırma İşlemlerinde Isı.....	15
3.6. Tornalama İşleminde Meydana Gelen Kuvvet.....	17
3.7. Avantajlı ve Kısıtlı Tarafları.....	17
3.8. Sert Malzeme İşleme Üzerine Yapılan Araştırmaların Analizi.....	21
3.8.1. Takım Ömrü.....	23
3.8.2. Talaş Formu.....	23
3.8.3. Son İşleme Yüzeyi.....	24
3.9. Sertlik Karşılaştırma Tablosu.....	25
3.10. Aşınma Değerlendirmesi.....	26
3.11. Tornalama İşleminde Takım Aşınmaları.....	27
3.11.1. Krater Aşınması.....	27
3.11.2. Çentik Aşınması.....	28
3.11.3. Adezyon Aşınması.....	28
3.11.4. Serbest Yüzey Aşınması.....	29
3.11.5. Plastik Deformasyon.....	29
3.11.6. Burun Aşınması.....	29
3.11.7. Termal Çatlaklar.....	29
3.11.8. Mekanik Yorulma Çatlakları.....	29
3.11.9. Kırılma.....	30
4.MATERYAL VE METOT	31
4.1. İş Parçası Özellikleri ve Şekli.....	31

4.2. Tezgâh.....	32
4.3. Kullanılan Kesici Takım ve Takım Tutucular.....	32
4.4. Seramik Kesici Uçlar.....	33
4.5. Yüzey Pürüzlülük Cihazı TIMETR-200 (Ölçüm Aralığı Ra0.01-40µm) ...	36
4.6. Yanıt Yüzey Metodu.....	37
4.6.1. Box-Behnken Tasarımı (BBD)	38
4.7. Deney Tasarımı ve Kayıt Sistematiği.....	38
4.8. Talaş Örnekleri.....	39
4.9. Deney Planı.....	40
5.BULGULAR VE TARTIŞMA.....	41
5.1. Kalıntı Grafikleri.....	47
5.2. Yanıt Yüzeyi Grafiği.....	48
5.3. Sonuç.....	49
KAYNAKLAR.....	50
EKLER.....	52
EK 1. Kesme Parametrelerine Göre Kesici Takım Aşınma-Malzeme Talaş Resimleri.....	63
EK 2. Aşamalara Göre Kesici Takım Aşınmaları.....	68
EK 3. Aşamalara Göre Malzeme Talaş Resimleri.....	74
EK 4. Deney Sonuçları.....	79
ÖZGEÇMİŞ.....	86

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
a	Kesme derinliği (mm)
f	İlerleme miktarı (mm/dev)
Fc	Esas kesme kuvveti (N)
Ff	İlerleme kuvveti (N)
Fr	Radyal kuvvet (N)
Fp	Pasif Kuvvet (N)
Ra	Ortalama yüzey pürüzlülüğü (μm)
V	Kesme hızı (m/dak)
Kısaltmalar	Açıklama
RSM	Yanıt Yüzey Metodu
CNC	Bilgisayar Kontrollü Tezgah
PCBN	Polikristal Kübik Bor Nitür
AISI	Amerika Demir Çelik Enstitüsü
ANOVA	Varyans Analizi

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Talaş Biçimleri.....	12
Şekil 3.2. Isı akışının gösterimi	14
Şekil 3.3. İş parçası, kesici takım, talaş arası ısı akışı.....	14
Şekil 3.4. Kesme kuvvetlerinin gösterimi.....	15
Şekil 3.5. Tornalama işleminin montaj parçası üzerinde gösterimi.....	17
Şekil 3.6. Takım aşınmasının son işleme yüzeyine etkisi	19
Şekil 3.7. Nakayama tarafından hazırlanan talaş şekillenme modeli ve König tarafından hazırlanan deneysel veri.....	20
Şekil 3.8. Talaş biçimlenme süreci.....	21
Şekil 3.9. Aşınma grafiği.....	24
Şekil 3.10. Aşınma çeşitleri.....	25
Şekil 4.1. Deneysel Çalışmada Kullanılan İş Parçası Malzemesinin Özellikleri...	28
Şekil 4.2. Deneysel Malzemesi.....	28
Şekil 4.3. Deneysel kullanılan cnc torna tezgahı.....	29
Şekil 4.4. Deneysel kullanılan takım tutucu.....	30
Şekil 4.5. Kullanılan kesici seramik uç.....	31
Şekil 4.6. Seramik uçlar.....	31
Şekil 4.7. Kesici takım numaralandırma sistematiği.....	33
Şekil 4.8. Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı.....	33
Şekil 4.9. Kesici takım numaralandırma sistematiği.....	36
Şekil 4.10. Talaş numaralandırma sistematiği.....	37
Şekil 5.1. İlk aşamaya ait talaş örnekleri.....	40
Şekil 5.2. Üçüncü ve beşinci aşama talaş örnekleri.....	40
Şekil 5.3. Altıncı ve sekizinci aşamalara ait talaş.....	41
Şekil 5.4. Serbest yüzey aşınması (VB) grafikleri: a) V_c 'nin etkisi b) f 'in etkisi c) a_p 'nin etkisi.....	42
Şekil 5.5. Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi.....	44
Şekil 5.6. Kalıntı grafikleri.....	45
Şekil 5.7. Kalıntıların Normal Dağılım Grafiği.....	45
Şekil 5.8. Yanıt yüzey grafiği.....	46

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Sertlik karşılaştırma tablosu.....	23
Çizelge 4.1. Deney planı.....	37
Çizelge 5.1 Deney sonuçları kayıt şeması.....	38
Çizelge 5.2. Pürüzlülük değerleri bulunan deney planı.....	43

1. GİRİŞ

Talaş kaldırma, iş parçası yüzeyinin, kesici takımlar vasıtasıyla deforme edilmesi suretiyle, küçük parçacıklar halinde talaş parçacıklarının, iş parçası yüzeyinden uzaklaştırılması işlemidir. Bu sayede iş parçası istenilen forma getirilebilir. Bu işlem esnasında esas alınan sınır değerler bizim için çok önemlidir. Bir iş parçası çok çeşitli metotlarla istenilen şekle sokulabilir. Asıl konu, istenilen şekle getirildiği zaman ki yüzey kalitesi, harcanan zaman, kesici veya şekillendirici araç gereçler, maliyet ve beklentilerin karşılanıp karşılanmadığıdır.

Optimum kesme koşullarının belirlenmesi yüksek dayanımlı sertleştirilmiş malzemeler için çok önemlidir, çünkü yüksek dayanımlarından ötürü bu malzemeler yaygın olarak kullanılmaktadır. Sert malzemelerin (>HRC45) tornalanması işleminin taşlama işlemine göre bazı avantajları vardır. Her şeyden önce tornalama işlemi taşlama işlemine göre daha kısa sürede tamamlanmaktadır. Bunun yanı sıra bir pasoda kaldırılan talaş miktarı ve de işleme zamanları bakımından da tornalama işlemi avantaja sahiptir. Tornalama işleminde bize sıkıntı verecek unsurlardan biri, sert malzemeyi işleyecek kesici takım bulamamaktır. Bir diğeri ise taşlamada elde edilen yüzey kalitesine ulaşamamaktır. Fakat geldiğimiz şartlarda elimizdeki kesici takımlarla belli sertliğe kadar malzeme tornalama işlemi yapılmakta ve belli hassasiyette yüzey pürüzlülükleri elde edilebilmektedir.

Günümüzde sert malzeme tornalama işlemleri millerde, rulmanlarda, kalıp malzemelerinde, çeşitli motor ekipmanlarında sıkça kullanılmaktadır. Sebebi ise taşlama maliyetlerinin tornalamaya göre daha fazla olmasıdır. İş parçası yüzey kalitesi, kesme hızı, talaş derinliği, ilerleme, kesici takım uç yarıçapı, kesici takım geometrisi ve belli bazı faktörlere bağlı olarak değişebilir. Bu çalışmada belli başlı faktörler temel değişken olarak ele alınıp incelenmiş, bazı faktörler ise sabit tutulup her deney için aynı kabul edilmiştir.

Deneylerde çekirdeğe kadar sertleştirilmiş (HRC62) malzeme, seramik kesici takımlarla işlenmiştir ve sonuçlar RSM metoduna göre yüzey pürüzlülüğü - işleme parametreleri

ilişkisi bazında değerlendirilmiştir. İstatistiki deney tasarımı, inceleme gerektiren değer aralığını daha ufak bir alanda değerlendirmeye fırsat sağlar ve bununla birlikte neden-sonuç ilişkisi kurmaya yardımcı olur (Gürsakal 2005). Yapılan deneylerde de istatistiki deney tasarımı kullanılmıştır. RSM metodu, faydalı matematiksel ve istatistiksel tekniklerin, bazı değişkenlerden etkilenen yanıt değişkenlerinin analiz, modelleme ve optimizasyonu için kullanılan istatistiksel bir deney tasarım metodudur (Montgomery 2001).

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Sert malzemelerin işlenebilirliği konusu, son yıllarda üzerinde sıkça durulan araştırma konularından biridir. Bu konu hakkında literatürde birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalardan bazıları burada kısaca ele alınacaktır.

Demirok çeliklerin farklı sertlik oranlarında işlenebilirliklerinin araştırılması konusunda çeşitli çalışmalar yapmıştır. Piyasada sık kullanılan sertlikteki malzemeler üzerine 35-40-45 HRC sertliğinde AISI çeliğini farklı kesme parametreleri ile frezelemiş elde edilen yüzey pürüzlülüklerini ve takım aşınmalarını deneysel olarak incelemiştir. Deneysel olarak kaplamalı karbür uçlar kullanılmıştır. Çalışmada üç farklı kesme hızı 100-175-250 m/dak, üç farklı ilerleme 0.05- 0.1- 0.2mm/dev, üç farklı talaş derinliği 0.3-0.6-0.9mm kullanılmıştır. İşleme kuru şartlarda gerçekleştirilmiştir. Deneysel sonuçta takım aşınması ve pürüzlülük değerleri incelenmiştir. Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri portatif yüzey ölçüm cihazıyla yapılmış, takım aşınmaları optik mikroskop ile ölçülmüştür. Sonuç olarak sertlik artışıyla pürüzlülüğün arttığı gözlemlenmiştir. Aslan ve arkadaşları yapılan tornalama deneylerinde yüzey pürüzlülüğüne ana faktörlerden hiçbirinin önemli bir etkisinin olmadığını belirtirken, çalışma sonucunda Demirok kesme hızının düşük olduğu deneylerde yüksek yüzey pürüzlülüğü değerleri elde etmiştir (Demirok 2008).

Ulusoy orta karbonlu çeliklerde ve otomat çeliklerinde kesme hızının işlenebilirlik üzerine etkisini araştırmış bu çalışmada farklı ilerleme ve kesme hızlarını kullanmıştır. Malzeme çeşidine göre kesme hızı, ilerleme, yüzey pürüzlülüğü, üretim süreleri, yıllık üretim adetleri hesaplanmış ve karşılaştırma yapılmıştır. Deneysel olarak otomat çeliği kullanılmış ve bunun nedeni olarak da kolay işlenebilirliği gösterilmiştir. Sonuç olarak ilerleme hızının artmasıyla imalat süresinin azaldığı, yüzey pürüzlülüğünün arttığı görülmüştür. Ç1040 çeliği kullanımında takım ömrü azalırken, yüzey kalitesinin arttığı gözlemlenmiştir. Malzeme adedine bakıldığında yıllık üretim adedi değerlendirilmiş, Ç1040 çeliği kullanımının daha avantajlı olduğu tespit edilmiştir (Ulusoy 2008).

Şahin seramik ve kübik bor nitrid takımlar arasındaki takım ömrünü karşılaştırma üzerine, sert malzemeleri işlemek suretiyle bir araştırma yapmıştır. Bu çalışma sertleştirilmiş rulman çeliklerinin Taguchi metodu kullanılarak işlenmesiyle oluşturulmuştur. Dikey tasarımla, sinyal-gürültü oranı dikkate alınarak ve ANOVA varyans analizi yardımıyla takım üzerindeki etkili kesme parametreleri belirlenmeye çalışılmıştır. Kesme zamanı ve bilinmeyen değişkenler arasındaki bağıntıyı keşfetmek için ilk olarak doğrusal ve üssel modeller gerçekleştirilmek istenmiştir. İkinci olarak regresyon modeli, birinci sıradaki modeli de içine alarak, kesme hızını, ilerleme oranını, kesici takım sertliğini ve V , f , TH (kesici takım sertliği) değişkenleri arasındaki etkileşimin iki yolunu kapsar. Sonuçlar kesme hızının takım ömrü üzerindeki en etkili faktör olduğunu göstermiştir. Bunu takiben takım ömrü üzerindeki ikinci etkili parametre kesici takımın sertliği, son parametre ise ilerlemedir. CBN takım, seramik takıma göre yapılan çalışmalarda daha iyi performans göstermiştir. Deney doğrulaması optimum deney parametresini belirlemek için gerçekleştirilmiştir. İkinci sıradaki regresyon modeli ve üssel model, ilk sıradaki modeli öngörü kapasitesine ilişkin olarak desteklemiştir. Sinyal-gürültü oranının başlangıçtaki deney parametrelerine göre gelişmesi, optimum kesme parametreleri ve tahmin kapasitesi, gürültü-sinyal oranına ve ANOVA sonuçlarına bağlıdır. Buna ek olarak ANOVA göstermiştir ki kesme hızının takım ömrü üzerinde daha çok önemi vardır, fakat diğer parametrelerin de takım ömrü üzerinde %90 güven sınırında olmak üzere önemli etkisi vardır. Yüzesel olarak takım ömrüne kesme hızının 41.63, takım sertliğinin 32.68 ve ilerleme oranının 25.22 etkisi olduğu saptanmıştır (Şahin 2008).

Astakhov takım aşınmasının değerlendirilmesi üzerine bir çalışma yapmıştır. Kesici takımın yan yüzey aşınması, çapsal işleme doğruluğunu belirlediği için takım ömrü kriteri olarak seçilir, bu işlem kararlılık ve güvenilirlik sağlamaya yardımcı olmaktadır. Bu çalışmada, yan yüzey aşınmalarının özgün karakteristik için yetersiz olduğu tartışılmaktadır. Takım yan yüzey-iş parçası ara yüzeyinde bağlantı yollarına bilgi eksikliği nedeniyle oluşur. Bilinen girişimler, ara yüzeydeki fiziksel süreçlerin değerlendirilmesinde yardımcı olmamıştır. Bu çalışma yan yüzey aşınmasının değerlendirilmesinde, farklı karakteristikleri karşılaştırmıştır. Bahsi geçen ara yüzeydeki temas süreci, temas geriliminin deneysel değerlendirmesi, Makarow yasalarının

tümünün geçerliliğini doğrulamıştır. Minimum takım aşınması optimum kesme hızında gerçekleşir. Takım kaynaklarının yeni fikri sunulmuş ve tartışılmıştır. Bu kaynak kesme kaması vasıtasıyla kırılana dek iletilen enerji miktarı olarak tanımlanmıştır (Astakhov 2003).

Liu ve arkadaşları, yaptıkları çalışmada HRC30-64 arasındaki farklı sertlikteki rulman çeşitlerini PCBN takımla son yüzey işlemesi (finiş işlemi) yapmak suretiyle tornalamışlar ve sonuçlarını incelemiştir. Kesme sıcaklığını ölçmek için doğal bir Termokupl kullanılmış, takım ömrü, kesme sıcaklıkları incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. Aslında amaç, iş parçasının sertliğinin, takım aşınma karakteristiği ve kesme sıcaklığı üzerindeki etkisini belirlemektir. Deneysel sonuçlara göre, rulman çeliğinin PCBN takım ile tornalanmasında kritik sertliğin 50 HRC civarında olduğu bulunmuştur (Liu ve ark. 2002).

Kahraman yaptığı çalışmada RSM metodunu yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesi işleminde kullanmıştır. Bu çalışma RSM metodunu, döndürülebilir merkez kompozit tasarımıyla kullanarak, AISI4140 çeliğini tornalama işleminde regresyon modelinden yararlanmış. İkinci dereceden model, kesme şartları ve yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişkinin analiz ve öngörüsü için geliştirilmiştir. Öngörü modelinin geliştirilmesinde kesme parametreleri, kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliği model değişkenleri olarak düşünülmüş, yüzey pürüzlülüğü yanıt değişkeni olarak düşünülmüştür. İstatistiksel analizler göstermiştir ki kesme hızı ve ilerleme yüzey pürüzlülüğü üzerinde en etkili faktörlerdir. Öngörülen değerler gerçek değerlerle benzer bulunmuştur. İşlenebilirlik fonksiyonlarını kullanan optimizasyon yaklaşımının alternatif çözümleri, optimum işleme durumlarını belirlemede kullanılmıştır. Optimum süreç koşullarını, istenirlik fonksiyonu kullanarak belirlemiştir. İstenirlik fonksiyonu, kalite karakteristik problemlerinin optimizasyonunda, sanayi için çok önemli ve gerekli bir metottür (Kahraman 2009).

Şahin ve Motorcu 484 HV sertlikteki yumuşak çelikleri KY 1615 VE KY 4400 takımlarla işlemişlerdir. RSM metodu kullanılmak suretiyle ana kesme parametreleri geliştirilmiştir. Tespit edilen eşitlik göstermiştir ki, ilerleme, yüzey pürüzlülüğünü en

çok etkileyen faktördür. Bunun dışındaki faktörler sabit kalmıştır. Fakat pürüzlülük kesme hızının artmasıyla birlikte azalmıştır. Kesme hızı ve talaş derinliğinin, KY4400 kesici takım kullanıldığında Ra ve Rz pürüzlülük değerlerinde çok az bir etkisi olduğu görülmüştür. Ortalama yüzey pürüzlülüğü Ra KY1615 için yaklaşık 0.926, KY4400 için 1.086 bulunmuştur. Öngörülen yüzey pürüzlülüğü ile deneysel sonuçlar arasında %95 bir uyum olduğu görülmüştür (Şahin ve Motorcu 2009).

Yücel yaptığı çalışmada alaşımly beyaz dökme demirlerin işlenebilirlik parametrelerinin Taguchi yöntemiyle optimizasyonunu araştırmış ortalama yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvveti optimizasyonunu sağlamayı amaçlamıştır. Bu amaçla CNC torna tezgahında sertleştirilmiş Ni-Hard malzemeleri, seramik ve CBN kesici takımları kullanarak işlenebilirliği araştırmıştır. Kesme hızı, ilerleme, talaş derinliği kesme parametreleri olarak seçilmiştir. Taguchi metoduyla deney tasarımı yapılmış, kesme şartlarının yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvveti üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Varyans analizi sonucunda kesme kuvveti için en etkili parametre olarak kesme derinliği bulunmuştur. Yüzey pürüzlülüğü için 62 HRC malzemede en önemli etken ilerleme iken, 50 HRC malzemede en etkili parametre kesme hızı olarak bulunmuştur. Optimizasyon sonuçlarına göre, kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü için kesme şartlarının optimum olduğu durumun, istenen sonuca göre farklılık gösterebileceği tespit edilmiştir (Yücel 2011).

Günay toz metalurji yöntemiyle üretilmiş kompozitlerin mekanik ve işlenebilirlik özelliklerinin araştırılması üzerine bir çalışma yapmıştır. Bu araştırmada numuneler kaplamasız sementit karbür, kübik bor nitrür, çok kristalli elmas kesici takımlar kullanılarak tornalanmış ve işlenebilirlik deneylerine tabi tutulmuştur. Kuru kesme şartlarında CNC torna tezgahında dört farklı kesme hızı, iki farklı ilerleme ve sabit kesme derinliğinde deneyler yapılmıştır. Numunelerin işlenebilirliği, talaş oluşumu, kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü açısından araştırılmıştır. Özellikle sementit karbür kesicide, yüksek kesme hızlarında takımın burun bölgesinde aşınma olduğu ve bununla birlikte talaş yığılması olduğu gözlemlenmiştir. Sertliğin artmasıyla birlikte kesme kuvvetlerinin arttığı belirlenmiştir. Kesici takımların yüzey kalitesi bakımından değerlendirilmesi yapılmış, çok kristalli elmas kesicinin en iyi yüzeyi verdiği, kübik bor

nitür kesicinin orta dereceli yüzey verdiği, sementit karbürün ise en kötü yüzeyi verdiği tespit edilmiştir (Günay 2009).

Ekinovic, Dolinsek ve Begovic 63-65 HRC sertliğindeki 90MnCrV8 çeliğinin, CVD kaplı kesici takımlarla yüksek hızlarda işlenebilirliğini araştırmışlardır. Bunun sonucu olarak kesme hızının etkilerini, takım uç yarıçapını, işlenmiş malzeme sertliğini, yüzey pürüzlülüğünü gözlemlemişlerdir. Kesme hızı arttığında ve de takım uç yarıçapı azaldığında, yüzey kalitesinin iyileştiği sonucuna varmışlardır (Ekinovic 2005).

Li, He, M. Wang ve Z.G. Wang, Inconel 718 nikel alaşımlı çeliği, kaplamalı karbür ve seramik kesici takımlarla tornalama işlemine tabi tutmuş, aşınma mekanizmalarını gözlemlemişlerdir. Ayrıca Taylor denklemini kullanarak ve ortalama yan yüzey aşınmasını 0,4 mm, en büyük yan yüzey aşınmasını 0,6 mm alarak, kesme hızı optimizasyonu yapmışlardır (Li ve ark. 2002).

Farhat, P20 takım çeliğini CBN kesici takım ile yüksek hızlarda tornalama işlemine tabi tutmuş ve aşınma mekanizmalarını incelemiştir. Ayrıca serbest yüzey aşınması (VB - en büyük 0,2 mm) - kesme uzunluğu (mm), sürtünme katsayısı - kesme hızı değerleri ilişkisini incelemişlerdir (Farhat 2003).

Sokovic, Kopac, Dobranski ve Adamiak, 47-48 HRC sertliğindeki X63CrMoV5.1 kalıp çeliğini, farklı kaplamalara sahip karbür uçlarla, yüksek hızlarda kuru kesmeye tabi tutmuş ve aşınma tiplerini SEM görüntüleriyle değerlendirmişlerdir (Sokovic ve ark. 2004).

Farhat, P20 kalıp çeliğini kaplamalı WC kesici takım ile yüksek hızlarda tornalama işlemine tabi tutmuş ve farklı kesme hızlarındaki yan yüzey aşınmasının, kesme uzunluğu artışıyla nasıl değiştiğini göstermiştir. Ayrıca aşınma oranı-kesme hızı, talaş sertliği-kesme hızı ve sürtünme katsayısı-kesme hızı arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Bunlara ilave olarak kesici takımlardaki aşınmaların tespiti SEM görüntüleri ile yapılarak, EDX spektrumuyla da kimyasal etkileşimler incelenmiştir (Farhat 2003).

Luo, Liao ve Tsai, 35, 45, 50 ve 55 HRC değerlerinde farklı sertliklere sahip AISI 4340 eliğini CBN ve seramik takımlarla tornalama işlemine tabi tutup, aşınma karakteristiğini incelemişler ve aşınma–takım ömrü grafiklerini oluşturmuşlardır (Luo ve ark. 1999).

Son otuz yıldır araştırmacılar, katkılı seramik takımların kullanıldığı uygulamalarda yüzey pürüzlülüğü, yüzey yapısı, takım aşınması, işleme kaynaklı iş parçası özelliklerinde ortaya çıkan değişimler ve boyutsal hassasiyet ile ilgili çok çeşitli çalışmalar yapmışlardır (Benedict ve ark. 2010).

Günümüzde başta sanayi olmak üzere birçok alanda kısıtlı kaynakların etkin bir biçimde kullanılması son derece önemlidir. Bu durum rekabetin çok güçlü bir şekilde yaşandığı işletmeler açısından üretilen üründe ve süreçte kalitenin sürekli iyileştirilmesi ve geliştirilmesini zorunlu kılmıştır. Bu bağlamda Keki Bhote, kitabında üç yöntemin kalite gelişmesine olan katkısını 1950-1990 döneminde Amerika ve Japonya için karşılaştırmıştır. Amaçları kaliteyi sağlamak ve geliştirmek olan bu yöntemler, “geleneksel muayene”, “istatistiksel proses kontrolü” ve “deney tasarımı” yöntemleridir (şirvancı 1997).

Singh ve Kumar, titanyum karbür kaplamalı tungsten uçlar ile elik En-24 tornalanması için matematiksel modeller geliştirmişlerdir. Çalışmada tornalama sürecinde kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliği ile ilişkili olan takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğü gibi bağımlı değişkenleri modelleyen yanıt yüzeyi yöntemi ve merkezi kompozit döndürülebilir tasarım kullanılmıştır. Takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğünün analizi için ise, doğrusal modeller uydurulmuştur (Singh ve Kumar 2007).

Abhang ve Hameedullah, En-31 eliğinin tornalanması sürecinde yanıt yüzeyi yöntemini kullanarak regresyon modellemesi yapmışlardır. alışmalarında kesme hızı, ilerleme, talaş derinliği, köşe yarıçapı ve kesme sıvısı konsantrasyonu ile yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişkinin analizini yapmış ve deneysel verileri kullanarak, yüzey pürüzlülüğü tahmin modelleri geliştirmişlerdir. Analizlerin sonucunda yüzey

pürüzlülüğü üzerinde en anlamlı faktörün ilerleme olduğu ve bu faktörü kesme hızı ve talaş derinliğinin izlediği belirlenmiştir (Abhang ve Hameedullah 2011).

Kahraman, çalışmasında döndürülebilir merkezi kompozit tasarım ile yanıt yüzeyi yöntemini kullanarak, AISI 4140 çeliğinin tornalanması sürecinde regresyon modellemesini kullanmıştır. Çalışmasında kesme koşulları (kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliği) ve yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişkinin tahmini ve analizinde kuadratik model geliştirmiştir. İstatistiksel analizler kesme hızı ve ilerlemenin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki en önemli etkiler olduğunu göstermiştir (Kahraman 2009).

Bu çalışmada RSM ile elde edilen parametreler yardımıyla, çekirdeğe dek 62 HRC değerine kadar sertleştirilmiş soğuk iş çeliği numunelerin seramik kesici takımlarla tornalanması işleminde, işleme parametreleriyle yüzey pürüzlülüğü ilişkisinin belirlenmesi ve yüzey pürüzlülüğünün minimize edilmesi ele alınmıştır.

3. KURAMSAL TEMELLER

3.1. Kesme Hızı ve Etki Eden Faktörler

Kesme hızı, kalemin iş çevresinde bir dakikada metre olarak aldığı yoldur. Tornacılıkta kesme hızı daima metre/dakika cinsinden ifade edilir.

3.1.1. Malzemenin cinsi

Her malzemenin talaş kaldırmak suretiyle işlemeye karşı gösterdiği direnç birbirinden farklıdır. Çünkü malzemenin sertliği kopma direnci ve dayanıklılığı başka başkadır. Hafif madenler, çeliğe göre çabuk kesilir. Yani malzemenin kesilmeye direnci ne kadar az olursa, kesme hızı da o kadar büyük olur.

3.1.2 Kullanılan kesici takımın modeli

Kalemin ucu,talaş kaldırırken devamlı olarak kesme kuvvetinin etkisinde kalır.Normal şartlarda kesici ağzın bu etkiye, kesme kabiliyetini kaybetmeden dayanması gerekir.Kesme kabiliyetinin yükseklik derecesi, kullanılan kesicinin cinsine bağlıdır.

3.1.3. Torna tezgahının gücü ve kapasitesi

Bir parçanın işlenmesi, yani üzerinden talaş kaldırmak suretiyle şekillendirilmesi belli şartlara bağlıdır. Bunlar, malzemenin direnci, kesme hızı, işleme şekli, kesicinin cinsi, kesici üzerinde bulunan çeşitli açılar, ilerleme, fener milinin iyi yataklanmış olması, soğutma sıvısının cinsi ve buna benzer şartlardır. Yüksek verimle çalışmak için, tezgah kapasitesini iyi bilmek ve bu değerlere bağlı kalaraktan uygun koşulları belirlemek gerekir (Şeker 2009).

3.1.4. Talaş derinliği

Talaş derinliği, kesilen kısmın tabanından, parçanın kesilmemiş yüzeyine kadar olan uzaklıktır. İşlenen yüzeye dik olarak ölçülür. Kaba talaş işlemi için 3-5 mm talaş derinliği tornayı aşırı yüklemes. Küçük talaş derinlikleri ince talaş işlemlerinde kullanılır. Dökümden yeni çıkmış bir parça işlenirken, ilk talaşta sert kabuğun altına girebilmek için derin talaş ile küçük ilerleme seçilmelidir. Tornalanan parçaların çapları talaş derinliğinin iki katı kadar küçülür. Talaş vermede bu hususa dikkat edilmelidir. Aksi halde iş parçasının çapı düşer.

3.1.5. İşleme modeli

İş parçalarının işlenmesi ince veya kaba talaş kaldırmak suretiyle yapılır. Kaba talaş, iş parçası yüzeyinden mümkün olduğu kadar kısa bir zamanda büyük bir talaşın kaldırılması için, ince talaş ise, iş parçasının yüzeyinin çok temiz ve düzgün bir şekilde işlenmesini sağlamak için verilir. Bu iki işleme biçimine göre de, kesme hızının ayrı değerler alması gerekmektedir.

3.2. İlerleme

İlerleme, kesici ucun ekseni boyunca bir devirde almış olduğu “mm” cinsinden yoldur. Çıkan talaşın kalınlığı olarak da düşünülebilir. İlerleme miktarı tornanın büyüklüğüne ve işin durumuna bağlıdır. Küçük bir tezgâhta verilecek ilerleme, büyük bir tezgâhta verilecek ilerlemeden küçük olur. Uzun ve esneyebilecek parçaların kaba tornalanması işleminde de bozulma olmaması için değerlerin uygun seçilmesi gerekir.

3.2.1. İlerlemeye etki eden faktörler

Talaş derinliği, malzemenin cinsi, kesme hızı, torna tezgâhının gücü ve kapasitesi, ilerlemeye etki eden faktörler arasında yer alır (Şeker 2009).

3.3. Talaş Kaldırma

Talaş Kaldırma esnasındaki talaşın kaldırılması işlemi elastik ve plastik şekil değiştirmeye dayanan, sürtünme, ısının oluşumu, talaşın büzülmesi ve kırılması, işlenen parça yüzeyinin sertleşmesi, kesici kenarın aşınması gibi olaylardan meydana gelen, karmaşık bir fiziksel olaydır. Kesici takımın bir parça üzerine belirli bir kuvvetle bastığı ve kuvvet yönünde hareket ettirildiği düşünülürse, takım ucunun temas ettiği metal tabakasında önce elastik sonra plastik şekil değiştirmeler meydana gelir, ardından metal tabakasında akma başlar ve gerilmeler malzemenin kopma sınırını aştığı anda kesilen tabaka talaş şeklinde belirli bir yüzey boyunca parçadan ayrılır.

3.4. Talaş Tipleri

Talaşlı imalatta ham gerecin işlenmesi sonucu elde edilen talaş tipleri, genel olarak gerecin cinsi, kesme hızı, ilerleme ve talaş açısı gibi faktörlere bağlıdır. Genelde karşılaşılan üç tip talaş vardır.

3.4.1. Sürekli talaş

İş parçasından sürekli ve akıcı olarak ayrılan talaş tipidir. Genellikle sünek malzemelerin uygun kesme hızında işlenmesiyle elde edilir. Sürekli talaş tipinde, metalin akması, takımın iş parçası yüzeyine yakın olduğu, takım-talaş ara yüzeyindeki sürtünme veya talaş sıvanmasıyla daha fazla ertelenmediği zaman oluşur. Sürekli talaşla çok iyi yüzey kalitesi sağlandığından verimli kesme işlemi için ideal olmaktadır. Sünek malzemeler kesildiği zaman malzemedeki plastik akma, çok sayıdaki kristalografiklerin kayması ve kayma düzlemi üzerinde metalin deformasyona uğraması ile meydana gelir. Kesikli talaşta olduğu gibi, metalin doğal sünekliliği nedeniyle kırılmalar meydana gelmez (Şeker 2009).

3.4.2. Yığma talaş

Yumuşak ve sünek malzemelerin düşük kesme hızlarında işlenmesiyle ve takımın kesici kenarının aşınması sonucu meydana gelen talaş tipidir. Bu talaş tipi sonucunda kötü yüzey kalitesine ek olarak takım ömründe azalır. Kesici takım körlenmeye başladığı zaman, bu iş parçası üzerinde basma veya sürtünme hareketi meydana getirir ki genelde iş yüzeyini sertleştirir. Bu tip talaş kesici ömrünü iki yolla etkilemektedir. Birincisi, sıvanan talaş parçacıkları iş parçasından uzaklaşırken takım yan kenarına sürtünür, ikinci olarak da talaşın temas ettiği kesici ucun kısa bir mesafe gerisinde kraterleşme meydana gelir. Bu kraterleşme devam ettiğinde ise kesici uç bozuluncaya ve kırılıncaya kadar kesici uca yaklaşması görülebilir.

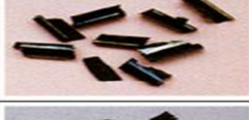
3.4.3. Kırık (kopuk veya süreksiz) talaş

Farklı gerilmelere sahip gevrek malzemelerde talaş kaldırılması sırasında kırılarak oluşan talaş tipidir. Kırık talaş toz ve parçalar halinde dökülür. Kesikli talaşlar, dökme demir ve sert bronz gibi gevrek malzemeler ve bazı sünek malzemelerin kötü kesme şartlarında işlenmesi sonucunda oluşur. Kesici takım uç noktası, malzeme ile temasta olduğunda malzemede basma meydana gelir. Talaş, talaş-takım ara yüzeyi boyunca akmaya başlar. Kesme hareketiyle gevrek malzemeye daha fazla gerilim uygulandığı zaman, metal kırılmanın olduğu noktaya ulaşıncaya kadar basma gerilimine maruz kalır ve talaş işlenmemiş kısımdan kopar. Bu çevrim, kesme işlemi esnasında kayma düzlemi veya kayma açısı üzerinde oluşan her parçanın kırılmasıyla sınırsız olarak tekrarlanır. Genellikle bu birbiri ardına kırılmaların sonucu olarak, daha kötü bir iş parçası elde edilir. Sünek malzemeler işlendiğinde tezgah titreşimi veya takım otlaması mevcut ise yine kesikli talaşlar oluşur. Bunlara ilaveten kesikli talaşlar;

- Gevrek iş malzemelerinde,
- Küçük talaş açılı kesici takım ile kesme yapıldığında,
- Fazla talaş derinliklerinde ve kaba ilerleme miktarında,
- Düşük kesme hızlarında,
- Aşırı tezgah titreşimi ve takım otlaması mevcut olduğunda,

- Düşük hızlarda veya otomat çeliklerinde manganez sülfür artıkları veya grafitli lamelli dökme demirler gibi gerilim konsantrasyonu ihtiva eden malzemeler işlenirken, kesikli talaşlar oluşabilmektedir.

Bu durumda kesme nispeten yüksek kayma açısıyla başlar ve kesme devam ettikçe azalır. Talaşta uzama belli bir değere ulaştığında işlem tekrar bunun üzerine devam eder ve sonunda ufak talaş parçacıkları oluşur. Dik kesme modeli ve bunun sonucu hesaplamalar kritik talaşla kesme için kötü bir yaklaşım gösterir (Şeker 2009).

Talaş Biçimi	Resim	Sembol	Uygunluk
Bant Talaş		~	Uygun Değil
Karışık Talaş		X	Uygun Değil
Uzun Helezon Talaş		O	Kısıtlı Uygun
Helezon Talaş Parçaları		∞	Uygun
Spiral Talaş		G	Uygun
Spiral Talaş Taneleri		e	Uygun
Kırık Talaş Taneleri	)	Kısıtlı Uygun

Şekil 3.1. Talaş Biçimleri

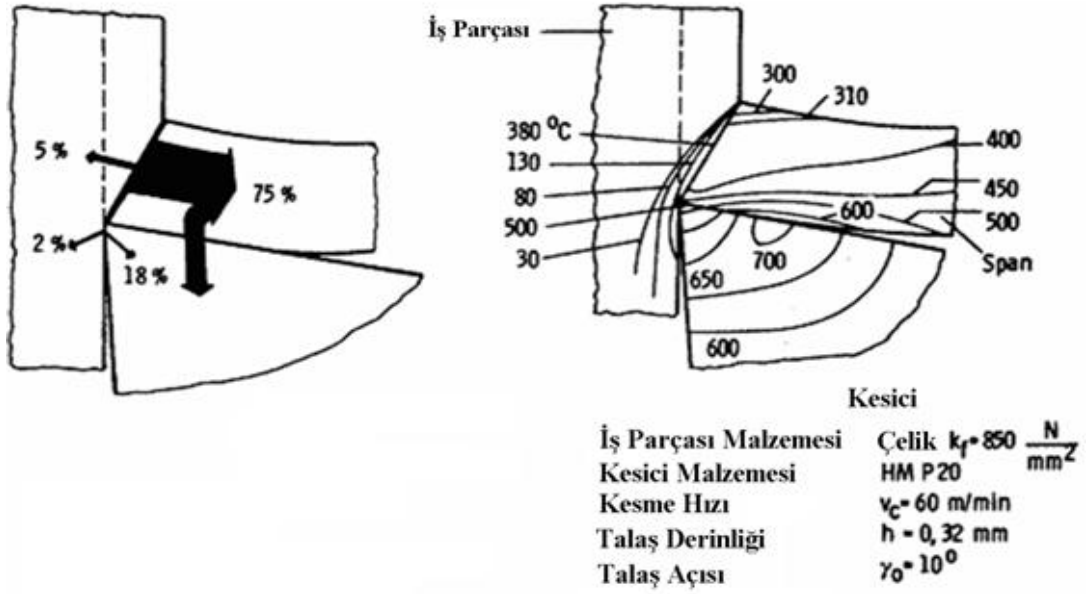
Kesme parametrelerinin değişimine göre çıkan talaş şekilleri dairesel ve saat yayı biçiminde çıkabilir. Kesme işleminde elde edilen saat şeklindeki talaşlar yerine dairesel ve helisel talaşlar elde edilir. Takımın yanaşma açısı küçüldükçe talaş kalınlığının azalması ve talaş genişliğinin artması talaş şekillenmesini etkiler.

Talaşın kırılması için üç yol vardır. Birincisi talaşın normal yollarla kendi kendine kırılması, ikincisi talaşın takım durdurulduğunda kırılması, üçüncüsü ise iş parçası tarafından durdurulduğunda kırılmasıdır. Talaşın kendi kendine kırılmasında en önemli faktör talaşın uygun bir doğrultuda akışının sağlanmasıdır. Talaşın takıma dayanarak kırılması halinde kesici üzerinde yaptığı darbe olumsuz bir etkidir. Talaşın iş parçasına dayanarak kırılması ise, iş parçasının yüzey kalitesini etkiler ve tekrar kesme bölgesine düşmesi halinde olumsuz bir etkisi vardır. Kontrol edilemeyen talaş, takımda ani kırılmalara, tezgâhın durmasına ve çalışanların yaralamasına neden olacaktır, bu sebeple talaş kontrolünün iyi sağlanması gerekmektedir.

Sonuç olarak talaş oluşumu birçok faktörden etkilenir. Bu faktörlerden en önemlisi iş parçası malzemesidir. Malzemenin tipi, mukavemeti, sertliği, iş parçasının şekli ve boyutları talaş oluşumunu etkiler. Talaş kırıcının tasarımı, kesici kenarın değişik ilerleme ve talaş derinliklerinde talaş oluşturma kabiliyetlerini belirler (Şeker 2009).

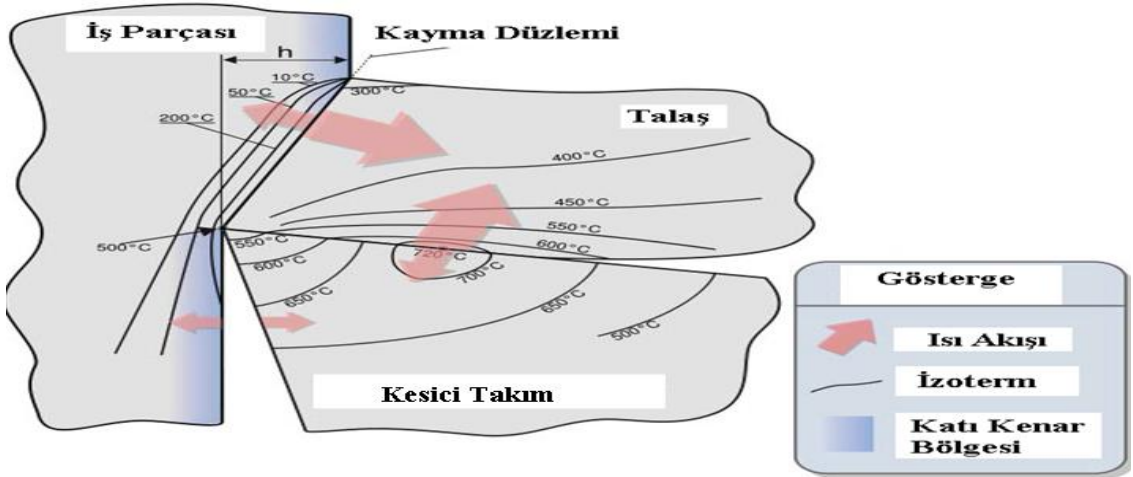
3.5. Talaş Kaldırma İşlemlerinde Isı

Talaş kaldırma işlemi esnasında ortaya bir mekanik enerji çıkmaktadır ve bu enerjinin neredeyse tamamı ısı enerjisine dönüşmektedir. Bu nedenle talaşlı imalat işlemlerinde dikkat edilmesi gereken en önemli faktör ısı oluşumu ve kesme bölgesindeki sıcaklıklardır. Bu da doğal olarak takım performansını ve iş parçası kalitesini olumsuz yönde etkileyecektir. Aşırı sıcaklıklar, yetersiz takım ömrünün ve kesme hızı sınırlamalarının en başlı nedenidir. İşleme sırasında ortaya çıkan ısı, kesme kuvvetleri gibi iş parçasına göre farklılıklar gösterir. Kesme hızının, ısı oluşumu üzerinde büyük etkisi vardır. İlerlemenin ısı oluşumuna etkisi azdır. Isı miktarları ve iş parçası, talaş, kesici takım arasındaki sıcaklık bölüşümü şekil 3.2’de görülmektedir.



Şekil 3.2. Isı akışının gösterimi (Zehner U.)

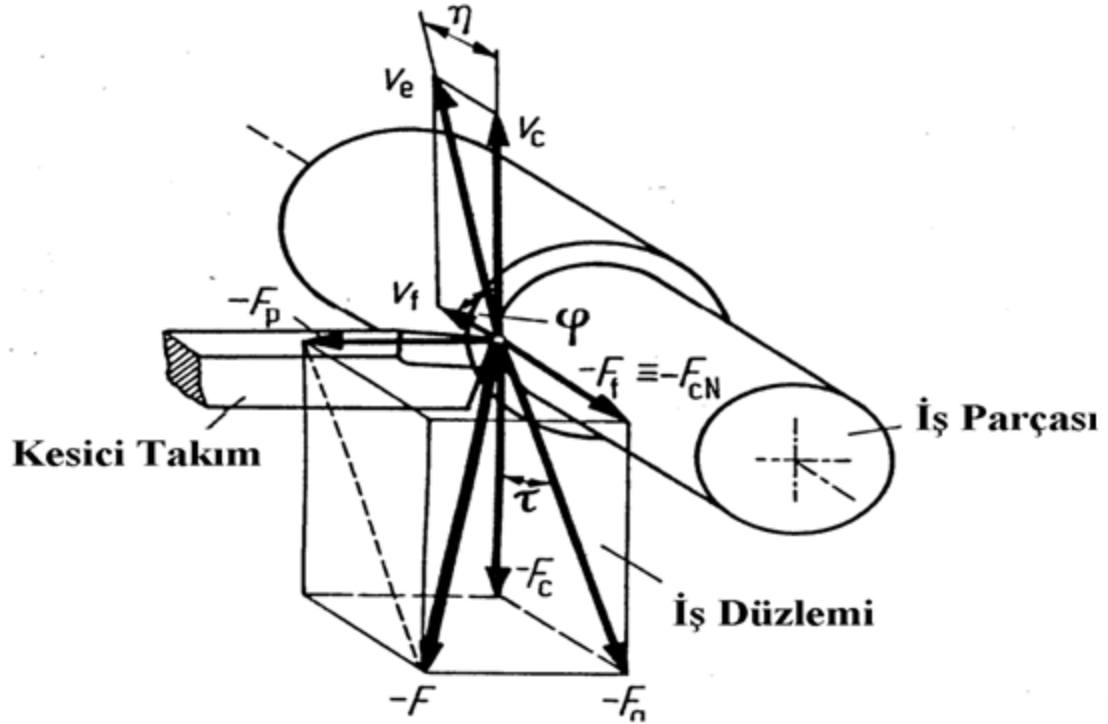
Kesici takım malzemelerinin gelişimi ile takım malzemelerinin yüksek sıcaklığa karşı dayanımı artırılmıştır. Yüksek kızıl sertlik özellikleri sayesinde hız çeliği takımların çalışma sıcaklıklarının iki katı sıcaklıklarda çalışmak mümkün olmaktadır. Isı dağılımının iyi anlaşılabilmesi ve özellikle sıcaklığın talaş yüzeyinde kontrolü de kesici takım geometrisinin iyileşmesine katkıda bulunmuştur. Kesme hızının azaltılması bir anlamda, iş parçasına akan ısı miktarını artıracak, dolayısıyla ısı artışına neden olacak fakat yüksek kesme hızlarında ise oluşan ısının büyük bir kısmı talaş ile dışarı atılacaktır.



Şekil 3.3. İş parçası, kesici takım, talaş arası ısı akışı (Zehner U.)

3.6. Tornalama İşleminde Meydana Gelen Kuvvetler

Tornalamada talaş kaldırma sırasında meydana gelen dirençleri yenmek için gerekli talaş kaldırma kuvveti F ; kesme kuvveti (teğetsel kuvvet) F_c ; ilerleme kuvveti F_f ve pasif kuvvet F_p olmak üzere kuvvetler ayrılır. Kesme kuvveti F_c dönmeye karşı koyan ve takımı iş eksenine dik, aşağı çekmeye çalışan kuvvettir. İlerleme kuvveti F_f , parça eksenine paralel, ilerlemenin aksi yöndedir. Takımı (yatay düzlemde) eğilmeye ve burulmaya zorlar. Pasif kuvvet F_p , parça eksenine dik bir düzlemde takımı geriye doğru itmeye ve basmaya çalışır.



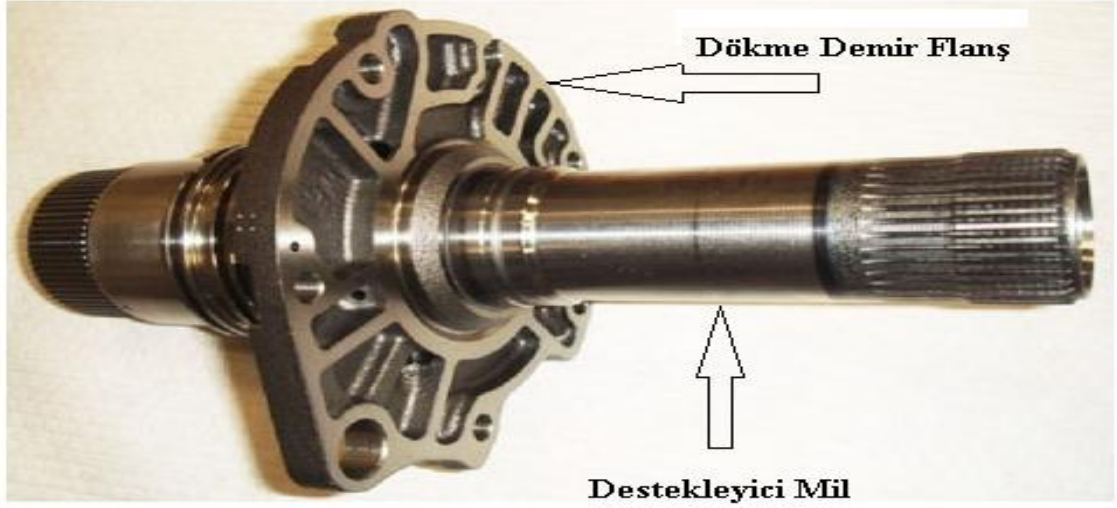
Şekil 3.4. Kesme kuvvetlerinin gösterimi (Zehner U.)

3.7. Avantajlı ve Kısıtlı Tarafları

Tam manasıyla tanımlamak gerekirse 45 HRC üzeri sertlikteki malzemelerin ki genellikle karşılaşılan 58-68 HRC arasındadır, tornalanması işlemdir. İş parçaları çok çeşitli olmakla birlikte, alaşımlı çelikler, takım çelikleri, süper alaşımlar, sert kromlu çelikler, sıcak iş çelikleri, bunlardan bazılarıdır. Esas tanımına 1980'lerde kavuştuktan sonra, delme, frezeleme ve benzeri çeşitli alanlarda önemli ölçülerde dönüşümler

göstermiştir. Uygun rijit kullanıma imkân sağlayan kesici takımların gelişmesi, çok sert kesici takımların, özel takım tutucuların üretilmesi hazır ve kolay bağlantının mümkün olması sebebi ile sert malzemelerin işlenmesi daha da kolay hale gelmiştir. Klasik yöntemlerde iş parçasının son işlemleri taşlama ile yapılmalıdır, fakat kesici takımlarla sert malzeme işleminin birçok faydalı tarafı vardır. Sert malzemeleri tornalama işlemi öncelerden fark edilmiş ve otomotiv endüstrisi şanzıman parçalarının üretimine öncülük etmiştir. Dişli çark rulman yüzeyleri, taşlamadan tornalamaya geçişte bir örnek teşkil etmektedir. İşleme PCBN uçları ile gerçekleştirilmiştir. Kısmen sertleştirilmiş çelik parçalar sert malzemelere gösterilecek tipik örneklerindedir. Yaklaşık 1 mm üzerinde dış yüzeyde aşınma direncini artırmak ve kırılmayı engellemek amaçlı sertleştirilmiş bir tabaka bulunmaktadır. Dişliler, akslar, kardan birleştirmeleri, iletim ve enerji ürünleri eksantrik milleri, mil ve muylular, genel makine mühendisliği uygulamalarında bu durumla sık karşılaşılır.

Modern imalatta sert malzeme tornalama işlemi, her ne kadar üniversite araştırmacıları aksini iddia etse de, bütün taşlama işlemlerine alternatif bir işleme biçimi olarak kullanılamaz. Gerçek hayatta karşılaştığımız imalatta, bu iki işleme biçimi birbirini tamamlayıcı özellik göstermektedir, bu nedenle sert malzemelerin işlenmesinde son işlem olarak taşlama işlemine başvurulur. Şekil 3.5'deki örnek otomobil parçasında destekleyici mil montajı gösterilmiştir. Resimdeki montajda 48-50 HRC sertliğine dek sertleştirilmiş mil, 42 HRC sertliğindeki dökme demire preslenmiştir. Flanş yüzeyi ve mil yüzeyi arasında dikeyliği sağlayabilmek için parçalar işlenmiştir. Mil gövdesi PCBN takımla tornalanmış, flanş yüzeyi önce seramik takımla tornalanmış, sonrasında düzlemsellik ve son işleme yüzeyinin daha düzgün elde edilebilmesi amacıyla taşlanmıştır.



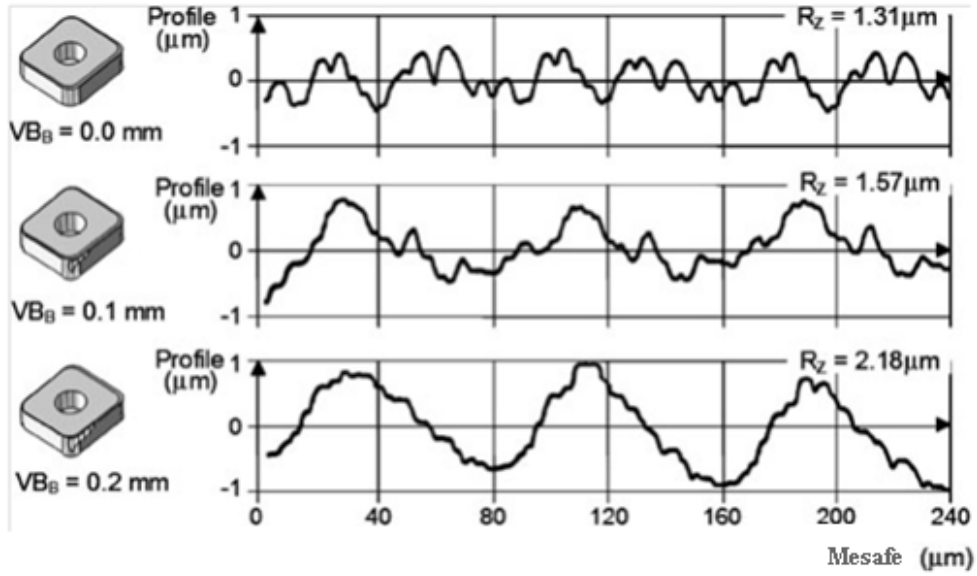
Şekil 3.5. Tornalama işleminin montaj parçası üzerinde gösterimi (Davim 2011)

- Karmaşık şekillere ve parçalara kolay uyum sağlama, değişik parça işlemesine geçişte hızlı ayar yapabilme,
- Bir ayarda birkaç işlemi bir arada yapabilme,
- Yüksek talaş kaldırma oranı,
- Bilgisayarlı tezgâh kullanımına imkân sağlaması,
- Düşük takım maliyetleri,
- Çevre dostu metal talaşları,
- Çoğu durumda soğutma sıvısının kullanımına gerek kalmaması,
- Daha az takım bilgi kaydı,

Bu sayılan avantajlar, kullanıcılar tarafından deneyimlenmiş ve bu şekilde ortaya çıkmıştır. Sınırlılıkları ve sakıncaları kullanıcılar tarafından çok iyi anlaşılmasına karşın, bunlar açık şekilde listelenememiştir.

- Birim başına takım maliyeti taşlamayla kıyaslandığında önemli ölçüde yüksektir.
- Bazı durumlarda parça boyutu tornalamaya uygun olmayabilir. Tornalamaya uygun olan parçalar, küçük boy-çap oranına sahip olabilirler. Genelde boy-çap oranı, 4:1 oranından daha fazla olmamalıdır. Uzun parçalar desteklenebilmelerine karşın, ince parçalarda kesme basıncına dayanamama durumu ortaya çıkar ve çatırdama gerçekleşebilir.

- Bazı durumlarda özel rijit tezgâhlara ihtiyaç duyulur. Makine rijitliği sert malzemelerin işlenmesinde doğruluk ve istenene ulaşmayı sağlar. İş parçası işleme toleransları dar bir aralıkta tutulmuşsa ve de çok iyi bir son işleme yüzeyi elde edilmek isteniyorsa, tezgâh rijitliği daha da önem kazanmaktadır. Tezgâhlar rijitliği artırmak ve daha iyi sonuçlar alabilmek için yapılacak işe uygun hale getirilmeli yahut gerekli ek işlemler tezgâha uygulanmalıdır. Bunlar tezgah tabanına yapılacak polimer takviyesi olabilir, iş parçasının aynaya yakın ve direkt olarak bağlanması olabilir. Maksimum sistem rijitliği, tüm uzantıların, sarkmaların, takım uzantılarının, parça uzantılarının, ayar parçalarının uzantılarının minimize edilmesi ve varsa boşlukların giderilmesi ile mümkündür. Önemli olan nokta işleme olayını mümkün olan en dar alanda gerçekleştirmek, yani ayna, parça, taret bağlantılarının titreşime yol açmayacağı bir ortam yaratmaktır. En büyük sorulardan bir tanesi de, soğutma sıvısının sert malzeme işleme işlemlerinde kullanılıp kullanılmayacağıdır. Dişliler ve benzeri parçalar, sürekli işlemeye izin vermeyeceğinden, kesintili işleme yapacağından dolayı kuru işleme en iyi yöntemdir. Kesici uç termal şoklara uğrayabileceğinden ve kesme işlemine sürekli giriş-çıkış esnasında kesici uç kırılmaya meyil göstereceğinden dolayı kuru kesme tercih edilir. Sürekli ve sorunsuz, darbesiz kuru kesmede, takımda oluşan sıcaklık, bir ön kesme alanı oluşturur, malzemeyi o an için kesmeye daha uygun hale getirir. Bu hadise, kuru kesme esnasında neden hızın artırılması gerektiğini gösterir bir olaydır. Aynı zamanda soğutma sıvısının kullanılmaması maliyetleri de düşürmektedir. Fakat parçadaki ısı artışı, parça hareket ettirilmek istendiğinde veya ara ölçüm yapılmak istendiğinde önemli sorunlar ortaya çıkarabilir. Parçadaki ısı artacağı için, kullanıcılar parçaya dokunmak ve ölçü almakta zorluk çekeceklerdir. Sonra ki konu ise, bazı uygulamalarda soğutma sıvısının kullanılmasının zorunluluğudur. Eğer soğutma sıvısı kullanılmak istenirse, su bazlı olmasına dikkat edilmelidir.
- İş parçasının, işleme sonrası yüzeyinin, aşınma sınırlarında olan bir takımla dahi olsa, aşınmış bir takımla son işleminin yapılması bozuk bir yüzeye sebebiyet verecektir. Şekil 3.6 bunu göstermektedir.



Şekil 3.6. Takım aşınmasının son işleme yüzeyine etkisi. AISI 52100 çeliğinin 65,5(HRC), PCBN takımla, Kesme Hızı $V=140\text{m/dak}$, İlerleme $f=0,08\text{mm/dev}$, Kesme Derinliği $a_p=0,15\text{mm}$, Takım Uç Yarıçapı $r=1,2\text{mm}$, Kuru İşleme (Davim 2011)

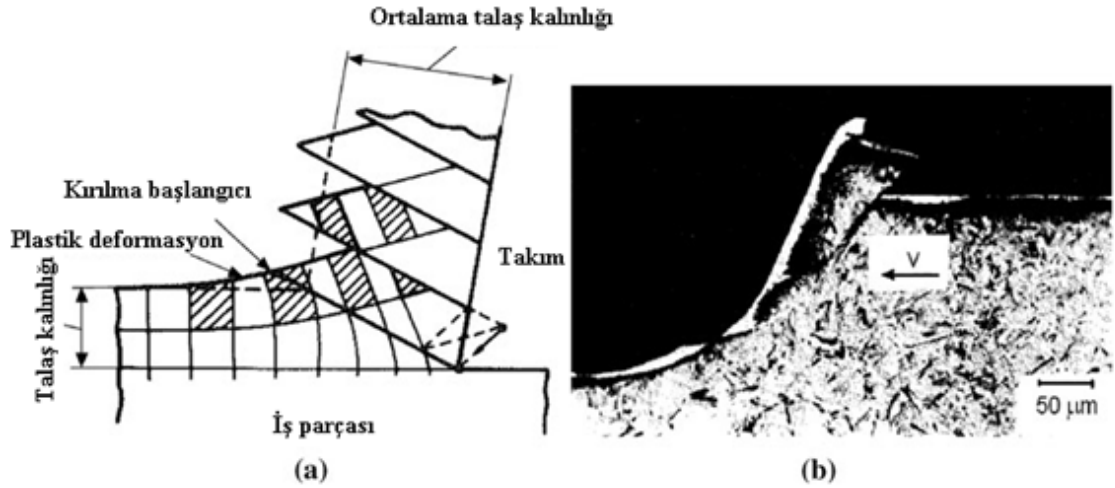
Aşınmış takımla sert bir malzeme işlenmesinde parça üzerinde beyaz tabaka denen, gözle görülemeyen çok ince bir tabaka oluşmaktadır. Yapılan deneylerde beyaz tabakası bulunan parçalardan 300 parça işlenebilirken, aynı özellikteki takımla beyaz tabakası bulunmayan iş parçalarından 400 adet işlenebildiği gözlemlenmiştir (Davim 2011).

3.8. Sert Malzeme İşleme Üzerine Yapılan Araştırmaların Analizi

Sert malzemelerin işlenebilirliği üzerine birçok yayın olmasına rağmen, fiziksel ve mekaniksel esasa yönelik olarak birkaç tane çalışma bulunmaktadır. Bazı yazarlar, sert malzeme işleme ve klasik işleme arasında bir uyum, benzerlik olduğunu söyleseler de, pratikte ortaya çıkan sonuçlar bunun aksini söyler niteliktedir. Sonuç olarak, takım firmaları sert malzemelerin işlenebilirliği üzerine önemli çalışmalarda bulunmuşlardır. Fakat maalesef birçok araştırmacı bu çalışmalarını göz ardı etmiştir. Belki de bu konu üzerine yapılan ilk kapsamlı çalışma Nakayama tarafından ortaya konulmuştur. Sert malzeme işleme ile klasik işlemenin birbirinden çok farklı olduğunu belirtmiştir. Klasik işleme hakkında bilinen birçok konu ve teorik bilgi, bu alanda etkili olarak kullanılamamıştır. Sert malzemelerin işlenmesi sürecinde, malzemenin işleme karakteristiği temel olarak en başta belirlenmesi gerekir. Maalesef ki birçok araştırmacı

bu önemli tavsiyeyi dikkate almamaktadır. Aşağıdaki açıklamalar Nakayama tarafından elde edilmiş sonuçları özetleyecektir.

- Sert malzeme işlemede testere dişli talaş olarak adlandırılan talaş, malzemenin çatlaması sonucu şekillenen bir talaştır. Malzeme üzerinde sınırlı kırılma gerilimi varsa, talaşın kırılması, iş parçası üzerinde temiz, serbest bir yüzey oluşturacaktır. Bu yüzden çatlama, talaş biçimlenmesini etkiler.
- Adyabatik kopma nedeniyle şekillenen kısmi talaş, testere dişli talaşla benzer kesit alanı gösterir, fakat bu iki talaş farklı mekanizmalarla işlendiğinden dolayı aynı değildir.
- Kopma açısı klasik kesme ile kıyaslandığında çok küçüktür. Malzeme sertliği ile birlikte bu önemli ölçüde artacaktır. Az da olsa, eğim açısının da burada bir payı olacaktır. Şekil 3.7’de talaş şekillenmesi görülmektedir.



Şekil 3.7. Nakayama tarafından hazırlanan talaş şekillenme modeli ve König tarafından hazırlanan deneysel veri (Davim 2011)

İşlenebilirlik alt bünyesinde birçok etmeni barındıran, çalışmamızın da ana konusunu oluşturan bir terimdir. İşlenebilirlik, normal günlük üretilebilirlik gibi algılanabilir. İşleme maliyetleri, iş parçası son halini aldıktan sonraki yüzey kalitesi ve bunun gibi birçok etken malzeme işleme koşullarını özelleştirmemizi gerekli kılar. İşlenebilirlik genellikle aşağıda kriterlere göre değerlendirilir.

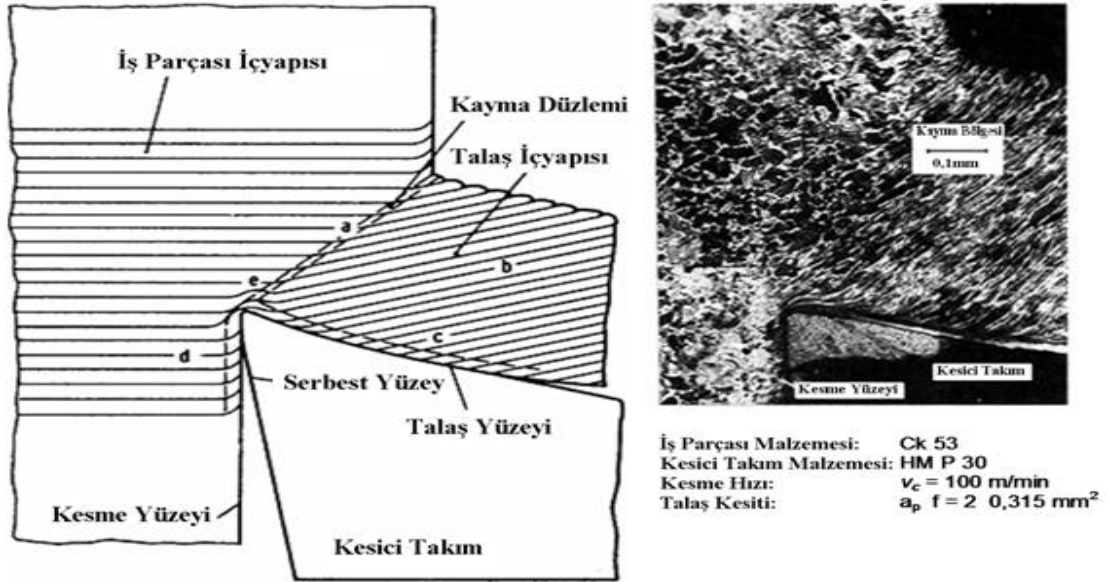
- Takım ömrü
- Talaş formu
- Son işleme yüzeyi
- Kesme kuvveti

3.8.1. Takım Ömrü

Kesici takımlar belirlenmiş kesme koşulları altında sınırlı bir aşınmaya maruz kalırlar. Taylor tarafından 1907'de yapılan deneylerden beri kesme hızının takım ömrü üzerindeki en etkili parametre olduğu bilinmektedir. Taylor eşitliği, takım ömrünü belirlemek için serbest işlenen malzemeler ve yaygın kullanıma sahip çeliklerde kullanılmaktadır. Bu yüzden, bu eşitliği ve kuralları tüm malzemelere uydurmak oldukça güçtür. Fark işleme maliyetlerinden ötürü ortaya çıkmaktadır. Bu yüzden kesme parametrelerine ilişkin verilen katalog değerleri deneyler vasıtasıyla tekrar kontrol edilmelidir.

3.8.2. Talaş Formu

Ortaya çıkan talaş formu, kesme parametreleri hakkında bize geri bildirimde bulunacaktır. Bu sebeple işleme sonucunda oluşan talaşa dikkat edilmelidir. Talaşın rengi, uzunluğu, kıvrım biçimleri, işleme koşulları ile ilgili iyi bir bildirim kaynağı olacaktır.



Şekil 3.8. Talaş biçimlenme süreci(Zehner U.)

3.8.3. Son İşleme Yüzeyi

Son işleme, iş parçasının son haline geleceği işleme aşamasıdır. Bu aşamada yüzeyin, istenen pürüzlülük derecesinde olması için ne gibi önlemler alınması gerektiği ve hangi işlemlere maruz kalacağı belirlenmelidir. Kataloglarda belirlenen kesme parametreleriyle istenen yüzey pürüzlülüğüne kavuşmak her zaman mümkün olmayabilir. Firmalar tarafından bize sunulan işleme koşullarında, istenenle aynı yüzey kalitesini elde etmek bazen mümkün olmayabilir.

Artan malzeme sertliğiyle birlikte kesici takımın iş parçasına nüfuz etmesi daha da zor hale gelecektir. Genellikle yumuşaklığın düşük olması, sürekli olmayan talaş meydana getirir ve bu da işlenebilirlik açısından iyi olduğu anlamına gelir. Kesici takımlar genelde oldukça yorucu kullanım şekline sahiptirler. Yüksek yüzey yüklenmeleri, talaşın takım boyunca hızla kayması sonucu oluşan yüksek yüzey sıcaklıkları, yüksek basınç altında oluşan sürtme kuvvetleri takımı oldukça yormaktadır. Kesme kuvvetleri malzeme içyapısı nedeniyle dalgalanmalar sonucunda farklı değerlere ulaşabilir veya kesme işlemi kesintiye uğratılırsa dalgalanmalar oluşabilir.

Bu sebeple kesici takımlar;

- i. Yüksek ısıya dayanıklılık,

- ii. Yüksek tokluk,
- iii. Yüksek aşınma direnci,
- iv. Yüksek sertlik değerlerine sahip olmalıdır.

Yaklaşık bir asırdır sürekli gelişme içinde olan kesici takımlar hakkında kapsamlı araştırmalar ve geliştirmeler yapılmaktadır. Aşınma ile ilgili temel faktör işleme operasyonu boyunca sürekli olarak artış gösteren ısıdır ve bu faktör tüm malzemeler için benzer kabul edilemez, bu sebeple deneysel yaklaşımlar ve bazı formüsel hesaplamalar yardımıyla hesaplanır. Yaygın olarak bilinen ve kabul edilen, enerjinin ısıya dönüştüğü ve bu ısının %80'inin talaş vasıtasıyla ortamdaki uzaklaştırıldığıdır fakat bu oran bazı faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterebilir, kısmi olarak da kesme hızına bağlı olarak değişir. Ortaya çıkan ısının %20'side takım üzerine aktarılır. Tek başına takım ömrü için belirlenmiş ve kabul edilmiş bir tanım bulunmamaktadır. Takım ömrü için kesici takımın kullanım sürecine ilişkin durumların belirlenmesi gereklidir. Takımın her işleme şartı için aynı ömürde iş görmesi beklenemez. Sert malzemelerin tornalanması işlemlerinde genellikle kullanılan kesici takım çeşitleri, seramikler, CBN takımlar ve bazen de Sermetlerdir. Kesici takımların seçiminde uygulama biçiminin, istenen üretim miktarının, üretim maliyetlerinin, hassasiyetin ve de zamanlamanın ne derece önemli olduğunun ilk başta belirlenmiş olması gerekir.

Üretici firmalar sürekli olarak maliyeti daha aza indirmek, kalite ve nitelik geliştirmek, kısa zamanda ürün teslimatı yapmak gibi diğer firmalardan kendilerini ayıracak ve farklı kılabilecek durumları gerçekleştirmek, bu sayede de rekabet şartlarında ayakta kalabilmek zorundadırlar. Teknoloji, para kazandıran yenilik ve deneysel araştırmalar rekabette ayakta kalabilmenin temel unsurlarıdır. Her firma para kazandıran yenilikler için yatırım yapar ve sektördeki hareketleri takip eder. Bu yüzden ki, birçok büyük şirket bilimsel araştırmaları destekler ve üniversite ile işbirliği içinde bulunur.

3.9. Sertlik Karşılaştırma Tablosu

İş parçasının sertliği zaman içinde ölçüldü. Başlangıçta 90 mm olan parça çapı gittikçe azalmaktaydı. Parça çapı küçüldükçe, parçanın çekirdeğine doğru inildikçe sertliğin

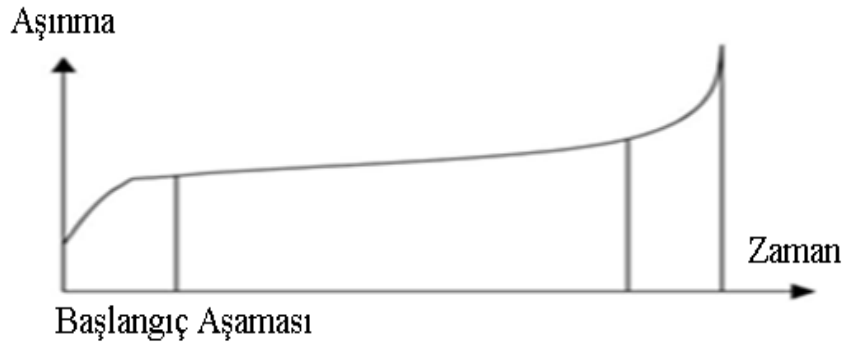
azalma ihtimali düşünölmekteydi. Bu sebeple periyodik olarak sertlik ölçömlerine devam edildi. Ölçüm sonuçları HRC birimi olarak elde edildi. Sertlik, en son işleme sonucunda ölçöldüğünde, başlangıçtaki sertlik değeri aynı şekilde elde edildi. HRC biriminde elde ettiğimiz sertliğin diğere sertlik birimleriyle karşılaştırması çizelge 3.1 'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Sertlik karşılaştırma tablosu (www.wargamer.org)

Rockwell C Scale	Brinell Hardness	Vickers Hardness	Tensile Strength (approx.)		Rockwell C Scale	Brinell Hardness	Vickers Hardness	Tensile Strength (approx.)	
150kgf	3.000kgf	10kgf	ksi	kg/mm ²	150kgf	3.000kgf	10kgf	ksi	kg/mm ²
67	—	900	—	—	43	400	423	201	141
66	—	865	—	—	42	390	412	196	138
65	739	832	—	—	41	381	402	191	134
64	722	800	—	—	40	371	392	186	131
63	705	772	—	—	39	362	382	181	127
62	688	746	—	—	38	353	372	176	124
61	670	720	—	—	37	344	363	172	121
60	654	697	—	—	36	336	354	167	118
59	634	674	329	232	35	327	345	163	114
58	615	653	319	224	34	319	336	159	112
57	595	633	307	216	33	311	327	154	109
56	577	613	297	209	32	301	318	149	105
55	560	595	288	202	31	294	310	146	102
54	543	577	279	196	30	286	302	142	99
53	525	560	269	189	29	279	294	138	97
52	512	544	262	184	28	271	286	134	94
51	496	528	253	178	27	264	279	130	92
50	481	513	245	172	26	258	272	127	89
49	469	498	238	167	25	253	266	125	88
48	455	484	231	162	24	247	260	122	85
47	443	471	224	158	23	243	254	120	84
46	432	458	218	153	22	237	248	116	82
45	421	446	212	149	21	231	243	113	80
44	409	434	206	145	20	226	238	111	78

3.10. Aşınma Değerlendirmesi

Bu çalışmada, genel olarak abrasif aşınma olarak adlandırılan aşınma biçimi ile karşılaşılmıştır. Bu aşınma türü düzenli bir aşınma türü olduğundan dolayı, kullanıcılar tarafından tercih edilir. Şekil 3.9'daki grafik aşınma eğrisini göstermektedir. Başlangıçta hızlı bir şekilde yükselen aşınma eğrisi aşınmanın başlangıçta hızlı olduğunu, ortalara doğru yavaş bir aşınmanın olduğunu ve son aşamada tekrardan aşınmanın çok hızlandığını gösteriyor.



Şekil 3.9. Aşınma grafiği

3.11. Tornalama İşleminde Takım Aşınmaları

Sert malzeme tornalama işlemi tek noktadan iş parçasından talaş kaldırma işlemi olarak tanımlanabilir. Bu iş parçası tanecikleri > 45HRC sertlik değerine sahip olmakla birlikte genellikle 58-68 HRC değer aralığındadır.



Şekil 3.10. Aşınma çeşitleri

3.11.1. Krater Aşınması

Bu aşınma türü küçük talaş parçacıklarının, takım yüzeyine yapışmaları ve sonrasında koparak takım malzemesi üzerinde girintiler oluşturmaları, bu sebeple takımı zayıflatmaları şeklinde oluşmaktadır. Difüzyon aşınma mekanizmalarında kimyasal veya metalürjik etmenler rol oynamaktadır. Kesici takımın kimyasal özellikleri ve takım-iş parçası ara ilişkisi de difüzyon aşınmasının oluşumunu belirler. Aşırı miktarda gerçekleşen krater aşınması kesici kenar geometrisini değiştirir ve talaş biçimini bozar. Bu da dayanımın düşmesine ve de kesme kuvvetlerinin yönlerinin farklılaşmalarına neden olur (Sandvik 1994).

3.11.2. Çentik Aşınması

Bu aşınma biçimi yan yüzey aşınması ve bunun yanında, iş parçası yüzeyiyle kesişen ana kesici kenardaki noktaya bitişik bölgede oluşan aşınma durumunda oluşabilen bir aşınma biçimidir. Muhtemel sebebi kırılğan kesici takım kullanılması, zayıf kesici takım geometrisi ya da köşede oluşan sıvanmalardır. Kenar üzerinde derin oyuk, kanal, derin çukur tarzında belirtiler gözlemleniyorsa bu durum iş parçası üzerinde sert veya aşındırıcı bir bölge olduğunun göstergesidir. Bahsedilen aşındırıcı bölge, dövme, kalıplama veya sıcak şekillendirme sonucu oluşmuş bir bölge olabilir. Tornalamada, iş parçasının yüzeyinde mekanik yüklenmeler sonucu gereksiz ve beklenenin dışında sertleşmeler olması mümkündür. Bu yüzden başlangıçta sert tabaka veya kaplanmış yüzey olarak adlandırdığımız tabakadan toz talaş dediğimiz bir talaş kaldırılması ve alttaki temiz ve beklenen sertlikteki tabakaya ulaşılması gerekir (Sandvik 1994).

3.11.3. Adezyon Aşınması

Yüksek basınç ve sıcaklık sebebiyle talaş ve kesici takım arasında bir kaynaklama işlemi oluşabilir. Bu aşınma biçimindeki takım talaş kaldırmaz fakat sadece aşınma yüzeyinden talaş aktarımına imkân sağlar. Fakat aktarılan talaşlar zayıf şekilde depolanır ve zaman içinde mikroskobik parçalar şeklinde tabaka halinde ortamdan uzaklaşır. Bunlar da aşınmaya sebebiyet verir (Sandvik 1994).

3.11.4. Serbest Yüzey Aşınması

Yanal yüzeyde abrasif aşınma sonucunda meydana gelen aşınmaya verilen isimdir. Yüksek kesme hızı ve aşınma dayanımına bağlı olarak gerçekleşir. Takım aşınmasına karar vermede referans alınan bir aşınma tipidir. Kötü yüzey kalitesi veya tolerans dışı ölçü oluşumuna sebep olur. Önlemek için kesme hızı azaltılabilir, aşınmaya karşı daha dayanıklı bir kalite seçilebilir, Al_2O_3 kaplamalı kalite seçilebilir, işleme sonucu sertleşen malzemeler için daha küçük bir giriş açısı veya aşınmaya daha dayanıklı bir kalite kullanılabilir (Sandvik 1994).

3.11.5. Plastik Deformasyon

Kesici takım kenarına etkiyen yüksek sıcaklık ve basınç neticesinde oluşur. Yüksek hız, ilerleme ile sert malzemelerin işlenmesinde yüksek sıcaklık ve basınç oluşur. Yüksek basınçla birleşik yüksek kesme sıcaklığı sonucunda bu deformasyon oluşur.

3.11.6. Burun Aşınması

Kesme kenarında daha çok oksidasyon aşınma mekanizması neticesinde meydana gelir. Muhtemel sebebi oksidasyon ve birbirine ilgili malzemelerin reaksiyonudur.

3.11.7. Termal Çatlaklar

Yüksek sıcaklık değişimleri neticesinde kesici takım kenarına dik şekilde meydana gelir. Muhtemel sebepleri kesintili işleme veya kesintili soğutma sıvısının kullanımınıdır.

3.11.8. Mekanik Yorulma Çatlakları

Kesme kuvveti şokları büyük olduğunda kesme kenarına paralel olarak gelir. Muhtemel sebepleri yüksek yük değişimleri, ağır başlangıç şokları veya titreşimlerdir (Sandvik 1994).

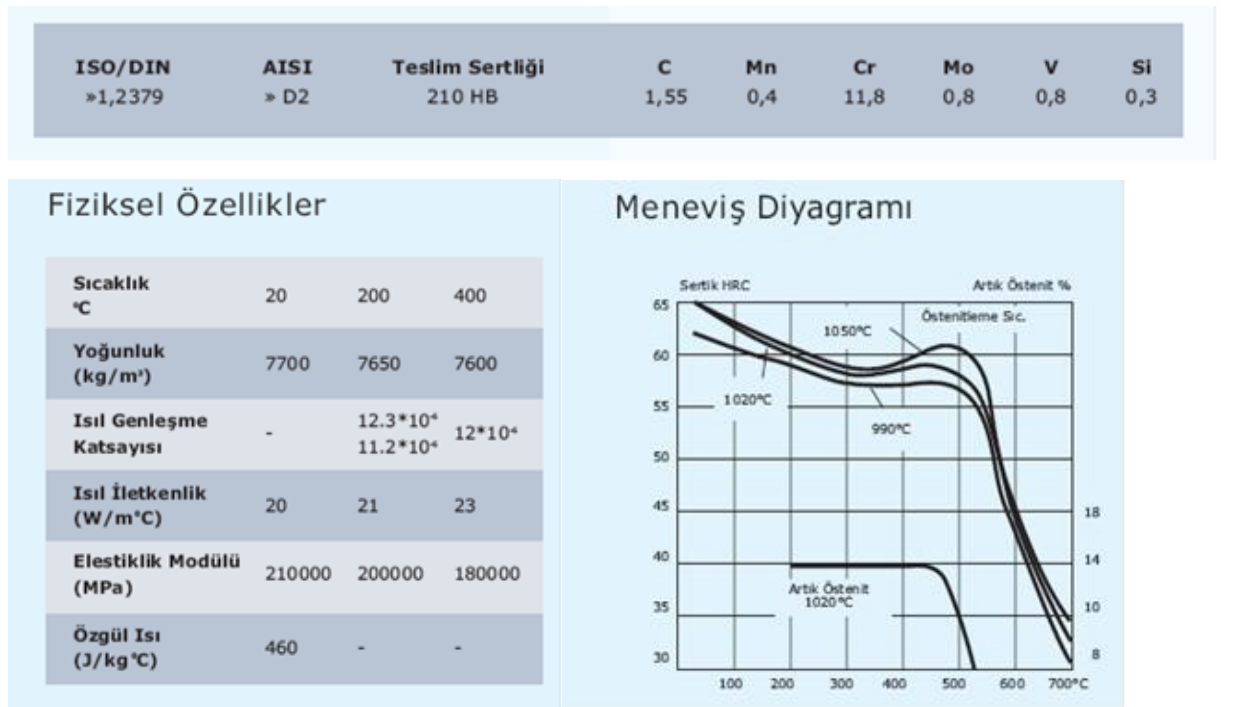
3.11.9. Kırılma

Sert ve kırılğan malzemelerde aşırı yüklenme neticesinde ani kırılma görülebilir. Muhtemel sebepleri kırılğan takım kullanılması, kesici takım ucuna aşırı yükleme yapılması ve zayıf takım geometrisi olarak sıralanabilir (Sandvik 1994).

4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1. İş Parçası Özellikleri ve Şekli

İş parçası olarak kullanılan malzeme, çekirdeğine kadar sertleştirilmiş 62 HRC sertliğinde 1.2379 (AISI D2) çeliğidir. İş parçası malzeme özellikleri şekil 4.1’de verilmiştir. Kullanılan iş parçalarının ebatları Φ 90 x 400 mm olup, parçalar ayna - punta arasına bağlanmıştır. Tornalama işlemlerinde kesme sıvısı kullanılmamıştır.



Şekil 4.1. Deneysel Çalışmada Kullanılan İş Parçası Malzemesinin Özellikleri (Murat ve ark. 2012)



Şekil 4.2. Deney Malzemesi

4.2. Tezgâh

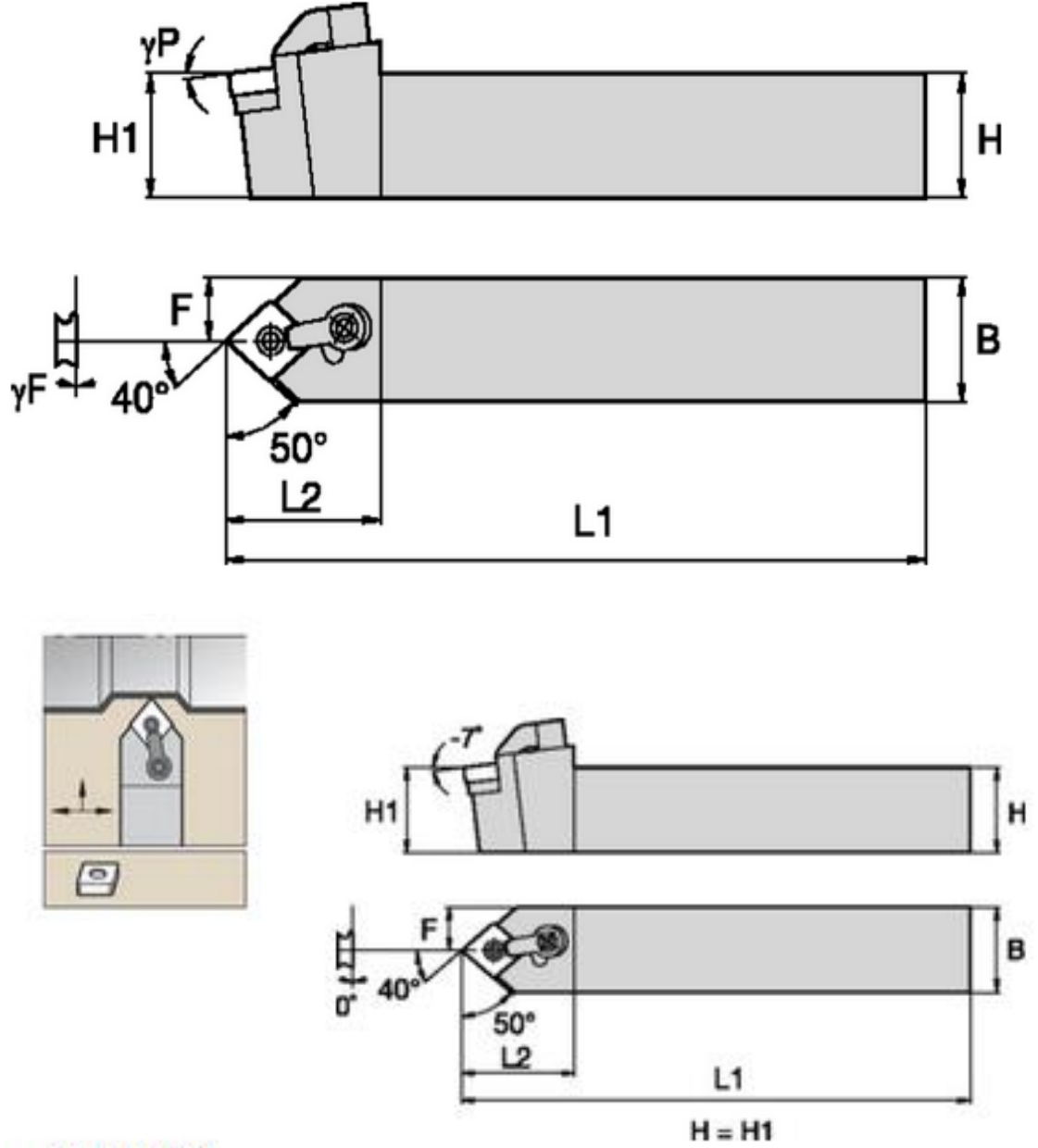
Deneyleerde kullanılan Goodway GS200 CNC torna tezgahında güç 45 KW, devir sayısı aralığı: 0-4000 d/dak 'dır. Deneyleerde kesme sıvısı kullanılmamış ve deneyleerde kuru kesme koşullarında yapılmıştır. İşlemler esnasında sabit kesme hızı kullanılmıştır. Deneyleerde tezgâh işletim sistemi olarak fanuc kontrol sistemi kullanılmıştır.



Şekil 4.3. Deneyleerde kullanılan CNC torna tezgahı

4.3. Kullanılan Kesici Takım ve Takım Tutucular

Bilgisayar kontrollü tezgahta işleme açısından sorun yaratmayacak, söküp-bağlama aşamasında herhangi bir boşluğa ve dolayısıyla titreşime imkan sağlamayacak şekilde kontrollü bir oturma yüzeyi oluşturacağı düşünülerek aşağıdaki şekilde görülen, nötr bir takım tutucu seçilmiştir. MCMNN2525M12 kodlu nötr takım tutucu, 40°'lik bir yaklaşma açısına sahiptir.



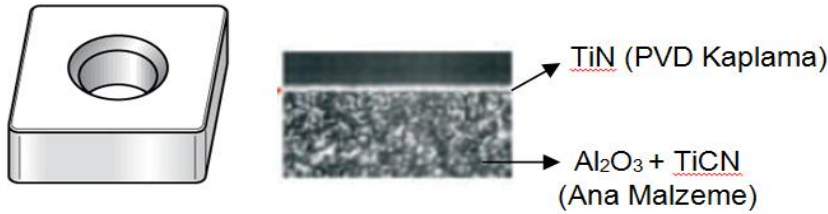
■ MCMN 50°

Şekil 4.4. Deneyde kullanılan takım tutucu

4.4. Seramik Kesici Uçlar

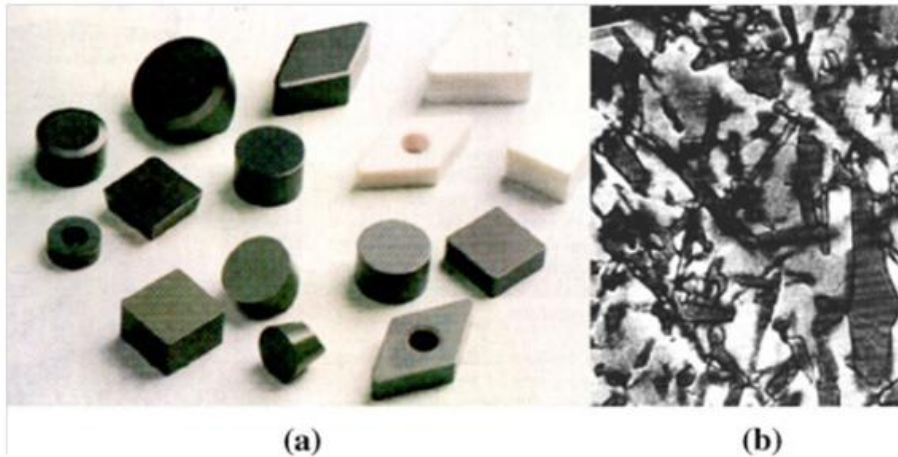
Seramikler çok sert ve dayanıklı malzemelerdir, 1500°C den daha fazla ısıya herhangi bir yıpranma olmadan dayanabilirler. Bu özellikler metallerin yüksek hızla, kuru işleme şartlarında işlenmelerinde tavsiye edilen özelliklerdir. Maalesef ki saydığımız özelliklerin yanı sıra seramikler kırılgan malzemelerdir, bu sebeple aşırı ve ani yüklemelerde veya sürekli olmayan kesme işlemlerinde kırılma gözlemlenebilir.

Frezeleme işleminde, her bir dişin malzeme ile etkileşiminde takım üzerinde veya iş parçasında çeşitli hatalar meydana gelebilir. Seramik malzemeler, seramik toz taneciklerin 25MPa'dan daha fazla bir yük ile preslenmesi yoluyla kalıpta şekillendirilir ve daha sonrasında yaklaşık 1700°C sinterlenmesiyle istenen içyapı ve şekle kavuşmuş olur.



Şekil 4.5. Kullanılan kesici seramik uç (Murat ve ark. 2012)

Seramik takımlar esasında alüminyum oksit ve silisyum nitrür olmak üzere ikiye ayrılırlar. Sementit karbür takımlarla karşılaştırıldıklarında yüksek sertlik, sıcaklık, aşınma direnci gösterirler. Kırılma toklukları iyileştirilmiştir. Alüminyum oksit seramik takımlar dökme demir ve çeliklerin işlenmesinde rahatlıkla kullanılabilirler. Üretim ve sinterlemede meydana gelen geliştirmeler sonucunda toklukları artırılmış, dayanımı yükseltilmiş, ısıl şok direnci ve kırılma direnci artırılmıştır. Bu sayede seramik takımlar daha geniş bir işleme alanına sahip olmuşlardır (Davim 2011).



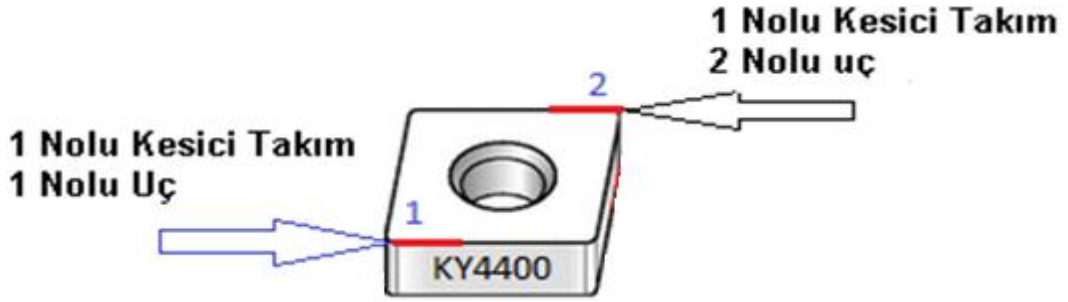
Şekil 4.6. Seramik uçlar

a) Seramik Uçlar: Alüminyum Oksit (Beyaz), Silisyum Nitrür (Gri), Titanyum Karbürlü Alüminyum Oksit (Siyah), b) Takviyeli Seramik Matrisi (Davim 2011)

Seramik nitrür takımlar yüksek toklukla beraber termal şoklara karşı yüksek bir dayanıklılık gösterir. Bu seramikler tane sınır yapı içinde iğne benzeri bir yapıya

sahiptirler. Bu mikro yapı yorulma tokluğu sağlamaktadır. Bunların en çok uygulandıkları alan, dökme demirlerin kaba işleme alanıdır, olumsuz şartlarda da olsa, darbeli işleme şartlarında dahi kesme yapabilir. Silisyum nitürlerde dökme demirlerin frezelenmesinde kullanılır. Homojen olmayan silisyum karbür telleri matrisi tarafından takviyelenmiş seramikler, frezeleme operasyonları için odaklanmışlardır. Teller yumuşak taneli silisyum karbür kristallerden oluşmaktadır ve saç telini andırmaktadır. Toplam seramiğin %20-40 tel formu, dayanıklılığı artırmaktadır ve frezeleme işlemi için takımı daha uygun hale getirmektedir. Tel takviyeli seramikler demir malzemelerde, işlenmesi zor olan süper alaşımlarda ve özellikle Nikel tabanlı alaşımlarda başarılı biçimde kullanılmaktadır. Seramik birçok uygulamada kullanılabilir verimli bir seçenektir, fakat işlem programlanırken çok dikkat edilmelidir. Takımlar işleme boyunca korunmalıdır (kuru işleme mümkünse tercih edilmelidir) ve takım kenarının iş parçasına giriş çıkışlarında dikkatli olunmalıdır. Östenitik malzemelere tornalama işlemi yaparken çentik aşınması ihtimalini azaltmak için, parça girişine rampalama (pah kırma) işlemi yapılması tavsiye edilir (Davim 2011).

Bu çalışmada uçların kullanımı ile ilgili olarak değişik bir sistematik izlenmiştir. Uçların numaralandırılması bunlardan biri olarak söylenebilir. Bu yolla kayıt almak ve işleme yapan ucu belirlemek daha kolay bir hale gelmiştir. Her 100 mm'de bir ölçüm yapmak gerekliydi. Fakat uçların üzerinde, karbür uçlarda olduğu gibi bir numaralandırma sistemi yoktu. Bu yüzden kesici takım üzerinde bir sistematik oluşturuldu ve de kayıtlar bu sistematığe göre yapıldı. Şekil 4.7'de ele alacağımız takıma, 1 no'lu kesici takım dersek, takım isminin bulunduğu yüzeyin sol üst kısmı, 1 no'lu takımın 1 no'lu ucu olarak kabul edilmiştir. Çaprazında bulunan kenarın uç kısmı, 1 no'lu takım 2 no'lu uç, 1 no'lu ucun alt yüzeyindeki kısım 3 no'lu uç, 2 no'lu ucun alt kısmı ise 4 no'lu uç olarak kabul edilmiştir.



Şekil 4.7. Kesici takım numaralandırma sistematığı

Deneyleerde kesici takım malzemesi - iş parçası malzemesi ilişkisine bağlı olarak üç farklı kesme hızı, üç farklı ilerleme ve üç farklı talaş derinliği kullanılmıştır. Kullanılan kesme parametreleri aşağıdaki gibidir:

Kesme hızı (V_c – m/dak) : 70 / 105 / 140

İlerleme (f – mm/dev) : 0,063 / 0,1065 / 0,15

Talaş derinliği (a_p - mm) : 0,5 / 0,75 / 1,0

4.5. Yüzey Pürüzlülük Cihazı TIMETR-200 (Ölçüm Aralığı Ra0.01-40 μ m)

Yüzey pürüzlülük cihazı, yüksek hassasiyetle yüzey kalitesini ölçümlemeye yarayan, uygulama alanı geniş olan bir ölçüm cihazıdır. Bu cihaz çalışmamızda yüzey pürüzlülüklerini ölçmemizde bize yardımcı olmuştur. Ölçüm kafasının içinde bulunan hareketli uç, ölçüm yapmak istediğimiz yüzeyde belli bir miktar hareket gerçekleştirerek, yüzeydeki girinti çıkıntılarının oranlarını hesaplayıp, bize ortalama bir yüzey pürüzlülük değeri sunmaktadır.



Şekil 4.8. Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı

4.6. Yanıt Yüzey Metodu

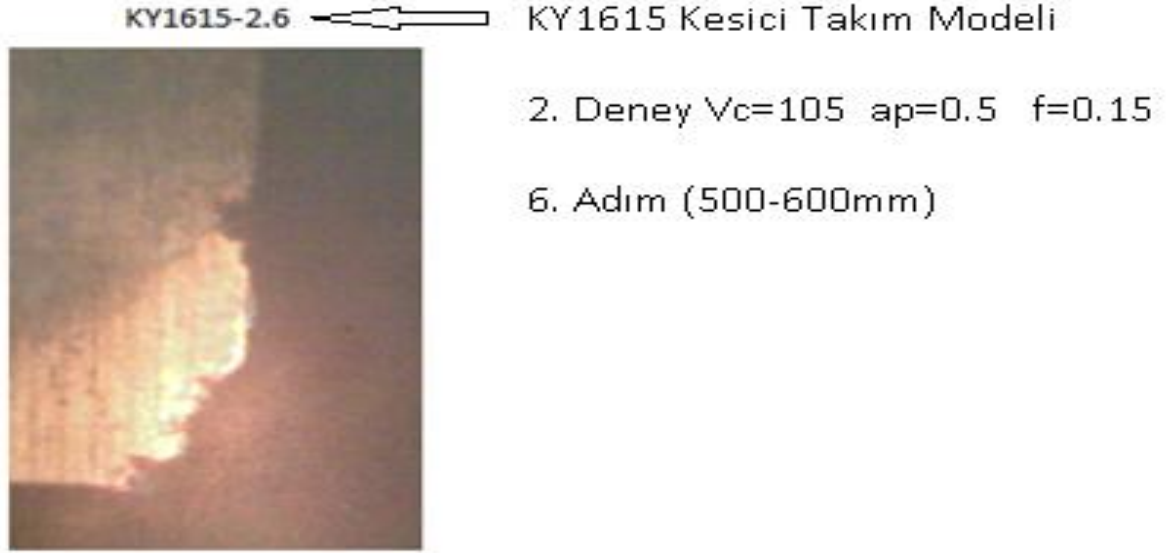
Yüzey kalitesi, işleme takımlarının verimliliği ve işlenen parçaların istenen özelliklere uygunluğu açısından önemli bir parametredir. Bu yüzden istenen yüzey kalitesini başarma, mekanik parçaların fonksiyonel davranışları için büyük önem arz etmektedir. Yüzey kalitesi genellikle yüzey pürüzlülüğü ile ilişkilidir. İşlenen parçaların yüzey pürüzlülüğünün, aşınma direnci ve yorulma dayanımı gibi özellikler üzerinde önemli etkilere sahip olduğu bilinmektedir. Bazı araştırmacılar farklı malzemelerin tornalanması süresince yüzey pürüzlülüğünü öngörmek üzere matematiksel modeller geliştirmişlerdir. Şahin ve Motorcu sertleştirilmiş AISI 1040 çeliğini üçgen ve kare takımlarla farklı işleme koşullarında ve yüzey pürüzlülüğünü RSM metoduyla modelleyerek işlemişlerdir. RSM modelini kullanarak ana kesme parametrelerini, kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliğini modellemişlerdir. Kobac ve Bahor AISI 1060 ve AISI 4140 çeliklerinin yüzey pürüzlülük değişimlerini test etmişlerdir ve RSM metodunu kullanarak kesme parametrelerinin analiz etmişlerdir. Noordin RSM metodunu kullanarak doğrusal ve ikinci dereceden fonksiyonlar gibi deneysel modelleri geliştirmiştir. RSM metodunu AISI 1045 çeliklerini tornalamada teğetsel kuvvet ve yüzey pürüzlülüğünü öngörmek için kullanmıştır. Mansour RSM metodunu frezelemede kuru işleme şartlarında kullanmış ve yüzey pürüzlülüğü üzerine çalışmalarda bulunmuştur. Arzibu ve Perez tornalama işleminde yüzey pürüzlülüğünü belirlemek için RSM metodunu kullanarak yüzey pürüzlülüğü öngörü modeli ortaya koymuşlardır. Choudhury ve El-Baradie deneylerin faktöriyel tasarımıyla yüksek dayanımlı çeliklerin tornalanmasında yüzey pürüzlülüğü öngörü modeli geliştirmişlerdir. Erzurumlu ve Öktem kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisini araştırmışlardır. Onlar kalıp yüzeylerine, yüzey pürüzlülüğü değerlerindeki hataların öngörüsü için yapay sinir ağı (Artificial Neural Network, ANN) adında bir model geliştirmişlerdir. Özel ve Karpat regresyon ve ANN modelini tornalamada takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü öngörülmesinde kullanmışlardır. Nalbant tornalamada yüzey pürüzlülüğü için kesme parametrelerinin optimizasyonunda Taguchi yöntemini denemiştir. Davim Taguchi tekniğine dayalı olarak tornalamada elde edilen son işleme yüzeyindeki kesme koşullarının etkilerine çalışmıştır.

4.6.1. Box-Behnken Tasarımı (BBD)

Box-Behnken (BBD) tasarımı Box ve Behnken tarafından ikinci dereceden yanıt yüzeylerini modellemek için üç seviyeli tasarımların bir ailesi olarak geliştirilmiştir (1960). Tasarımın oluşturulmasında kullanılan yöntem hayli ilginç ve yaratıcıdır. Bu tasarım sınıfı dengeli tamamlanmamış blok tasarımlarının inşasına dayanmaktadır. Üç faktör olması durumunda ($k=3$) Central Composite Design (CCD) $14+(nc=\text{merkezdeki deneme sayısı}=6)=20$ deneme içerirken BBD $12+(nc=\text{merkezdeki deneme sayısı}=3)=15$ deneme içerir. Bu nedenle daha az maliyetlidir. Response Surface Methodology (RSM) gerektiren birçok bilimsel çalışmada BBD, CCD için önemli bir alternatif ve etkili bir seçenektir. Box-Behnken (BBD) tasarımının önemli bir karakteristik özelliği küresel bir tasarım olmasıdır. Üç faktör olması durumunda ($k=3$) tüm noktalar “edge (kenar) points” olarak adlandırılır ve bu durumda tüm kenar noktalar tasarım merkezinden $\sqrt{2}$ kadar uzaklıktadır. Bu tasarımda faktöriyel veya yüzey (face) noktalar bulunmamaktadır. BBD tasarımının tüm noktaları kenarlardadır, fakat küpün tamamı örtülmemektedir. Gerçekten de küpün köşelerinde veya hatta tasarım merkezinden $\sqrt{3}$ kadar uzaklıkta hiçbir nokta bulunmamaktadır. BBD kübik bir tasarım değildir. BBD'nin küresel doğası tasarımların döndürülebilir (rotatable) veya near- rotatable olmasıyla çok merkez deneme kullanımını kombine eder. BBD için 3-5 merkez deneme önerilmektedir.

4.7. Deney Tasarımı ve Kayıt Sistematiği

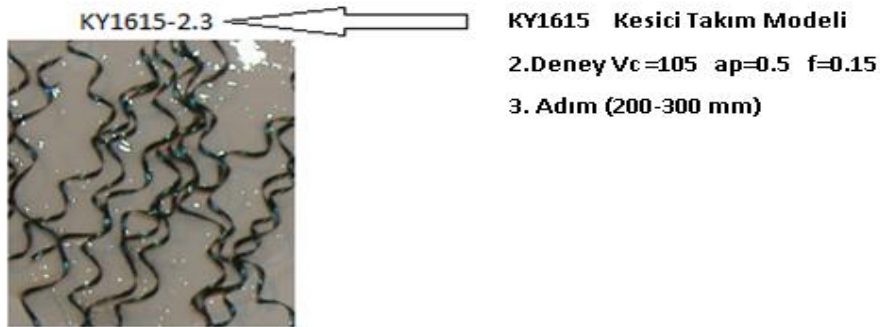
Deney kayıtları tutulurken numaralandırma sistematiği kullanıldı. Buna göre ilk baştaki kısımda kesici takım modeli, ikinci sırada kaç numaralı deneyin yapıldığı, en son aşamada ise yapılan deneyin kaçınıcı aşamasında bulunduğu hakkında bilgiler yer almaktadır.



Şekil 4.9. Kesici takım numaralandırma sistematığı

4.8. Talaş Örnekleri

İstenen talaş biçimini hangi kesme şartları altında elde edebileceğimiz konusunda, yaptığımız deneyler yararlı olacaktır. Bunun için öncelikle kesme şartlarının uygun belirlenmesi gereklidir. Kullanıcı için takım ömrü önemliyse, seçilen parametreler takımı yormayacak şekilde seçilmelidir. Fakat kullanıcı için zaman faktörü önemliyse ve yüzey pürüzlülüğü çok önem arz etmiyorsa veya iş parçası daha sonrasında başka işlemlere maruz kalacaksa, bu sebeple yüzeyin bir önemi yoksa buna göre kesme parametreleri belirlenmelidir. Elde elden talaşlar, kesme parametrelerinin uygunluğu ve yüzeyin kalitesi hakkında bize geri bildirimde bulunacaktır. Bu sebeple çıkan talaşlar iyi yorumlanmalıdır.



Şekil 4.10. Talaş numaralandırma sistematığı

4.9. Deney Planı

Bu plan istatistik bölümü tarafından hazırlanmıştır. Kesici takımların sınır kesme değerleri temel alınarak ortak bir alan belirlenmiş, bu alanda kalan değerlere göre deney planı çıkarılmıştır. Çizelge 4.1’de bütün deney değerleri görülmektedir.

Çizelge 4.1. Deney planı

	Vc	ap	f
1	140	0,75	0,15
2	105	0,5	0,15
3	140	0,5	0,1065
4	140	1	0,1065
5	140	0,75	0,063
6	105	0,5	0,063
7	70	0,5	0,1065
8	70	1	0,1065
9	105	1	0,063
10	105	0,75	0,1065
11	70	0,75	0,15
12	105	0,75	0,1065
13	70	0,75	0,063
14	105	1	0,15
15	105	0,75	0,1065

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

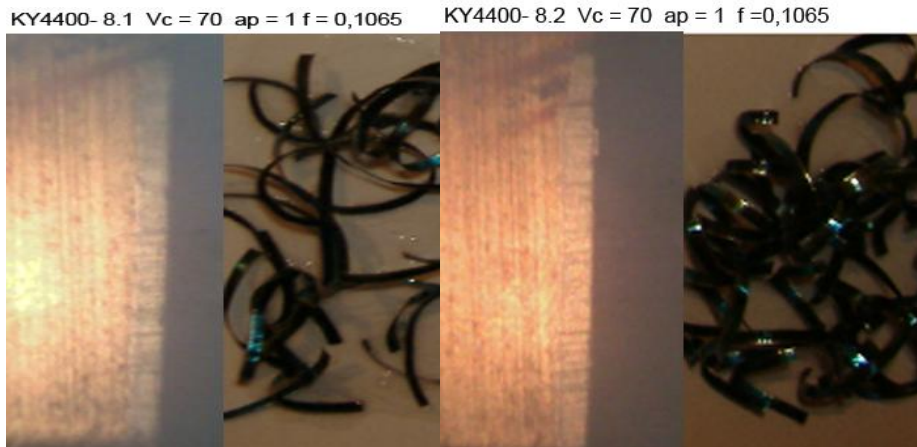
İş parçaları yaklaşık 15 kg ağırlığında ve 300 mm uzunluğunda olması sebebiyle bağlama esnasında salgıyı önlemek ve sağlıklı bir şekilde işlemek için arka kısmından desteğe ihtiyaç duyulmuştur. Bu sebeple parçalar sertleştirilmeden önce punta deliği delinmiştir. Bu sayede iş parçası torna tezgahına punta desteğiyle sağlam şekilde bağlanmıştır. Deneylere başlamadan önce, parçanın alın kısmından itibaren 100 mm ölçülüp bu kısma kanal açılmıştır. Parça çıkışlarında kesici takımın parçaya çarpması için böyle bir önlem alınmıştır. İş parçasında, sertleştirmeye bağlı iç gerilmeler sebebiyle oluşan şekil bozukluğu, dış çaptan bir miktar talaş kaldırılarak giderilmiştir. Her seferinde 100 mm gibi bir işleme mesafesi belirlenmiş ve takım aşınmasının hangi mesafede ve dolayısıyla kaçınıcı dakikada gerçekleştiğini bulmak mümkün olmuştur. Kesici takım 100 mm işleme gerçekleştirmiş, hemen ardından sökülmüş ve kesici takım aşınma ölçümü, iş parçası yüzey pürüzlülüğü ölçümü ve talaş örnekleme yapılmıştır. Aşınma sınırı olarak, kesici takıma zarar vermeden dörtkenarı da kullanmak amacıyla, ‘‘0,2’’ değeri belirlenmiştir. Aşınma, bu değere ulaşıncaya kadar her 100 mm’de aynı işlemler, yüzey pürüzlülüğü, aşınma ölçümü ve talaş örnekleme tekrarlanmıştır. Yapılan deneylerden bir tanesinin değerlendirilmesi aşağıda ayrıntısıyla yapılmıştır, diğer deneyler hakkında bilgi edinmek isteyenler ekler kısmında gerekli bilgilere ulaşabilirler.

Çizelge 5.1 Deney sonuçları kayıt şeması

8. Deney				
Vc	ap	f		Kesici Kenar
70	1	0,1065		5.Kesici 3.Uç
Takım Aşınması	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)(Başlangıç,Orta,Son Kısım)	Malzeme Çapı (mm)	İşleme Aralığı (mm)	
0,05	1,011-1,277-1,331	80,5	0-100	
0,077	2,026-1,937-1,939	78,5	100-200	
0,102	1,680-1,917-1,843	76,5	200-300	
0,129	1,655-1,630-1,511	74,5	300-400	
0,152	1,525-2,087-2,193	72,5	400-500	
0,162	2,402-2,038-2,699	70,5	500-600	
0,183	2,144-2,868-2,993	68,5	600-700	
0,207	2,163-2,083-1,889	66,5	700-800	

Şekil 5.1’de girilmiş olan verilere bakıldığında takım aşınması, yüzey pürüzlülüğü, kullanılan kesici takım, işleme parametreleri gibi değerler verilmiştir. Bunların dışında

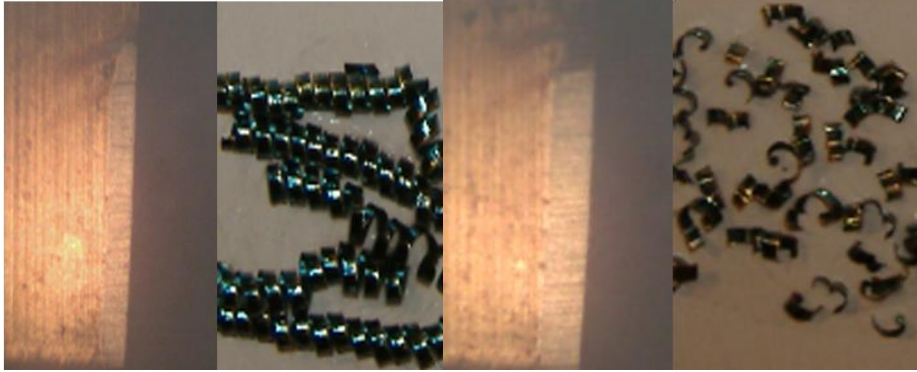
verilen değerler arasında malzeme çapı, işleme aralığı ve pürüzlülük kısmında üç tane farklı değer verilmiştir. Malzeme çapının verilme nedeni, çaptaki değişimlerin, işlemeyi etkileyip etkilemediğinin öğrenilmek istenmesindedir. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı, her ölçümde çok kısa bir alanda ölçüm gerçekleştirmektedir. Bu sebeple 100 mm olan işleme yüzeyinin, işleme sonrasında üç farklı bölgesinden yüzey ölçümü almak suretiyle, yaptığımız işlemin doğruluğu sağlanmış olur. İşleme aralığı, kesici takımın, kaçınıcı mm'de hangi sonuçları verdiğini görebilmek adına kullanılmış olan bir sistemdir. Bu deneyde düşük kesme hızı, orta boyutlu ilerleme, yüksek talaş derinliği kullanılmıştır. İlk başlangıçta sürekli bant tipi istenmeyen bir talaş elde edilmiştir. Ardından gelen talaşlar gitgide kıvrılmış ve önce karışık tipli talaşa sonrasında kırık talaşa dönüşmüştür. Talaş boyutlarının gitgide ufalması bir nedeni olarak, aşınmanın artmasıyla birlikte iş parçası-kesici takım ara yüzeyinde sıcaklık artışının oluşması, bu sayede kesmenin daha kolay bir hale gelmesi gösterilebilir. Talaştaki değişimlerin incelenmesi ayrı bir çalışma olarak yapılabilir. Kesici takım üzerindeki aşınmalar mikroskopta incelenmiştir ve düzenli, beklenen bir aşınma olan serbest yüzey aşınması elde edilmiştir. 800 mm işleme yaptıktan sonra takım, belirlenmiş olan aşınma sınırını aşmış ve işleme son verilmiştir. Yüzey pürüzlülüğünün belirgin biçimde arttığı kısımlar birinci olarak, başlangıç kısmı olarak adlandırdığımız işlemeye başlama anında gerçekleşmiştir, ikinci olarak istenen talaşı elde etmeye başladığımız beşinci aşamada gerçekleşmiştir. Kırık talaş biçimi istenen bir talaş biçimidir, talaşın kırılması ve kesme ortamından uzaklaşması istenir, fakat bu tip talaş sonrası elde edilen yüzey kalitesi çok da iyi olmamaktadır.



şekil 5.1. İlk aşamaya ait talaş örnekleri

Birinci şekilde hızlı bir aşınma gerçekleşmiş, başlangıçta normal olan, beklenen bir aşınmadır, serbest yüzey aşınmasıdır. Bant talaş adı verilen uygun olmayan bir talaş elde edilmiştir. İkinci aşamada ise karışık talaşa geçiş yapılmıştır. Bu talaş biçimi de uygun olmayan bir talaş biçimidir. Yüksek talaş miktarı ve düşük ilerleme sonucunda iş parçasından bir nevi kazıma (tırıslama) işlemi gerçekleştirilmiştir denilebilir.

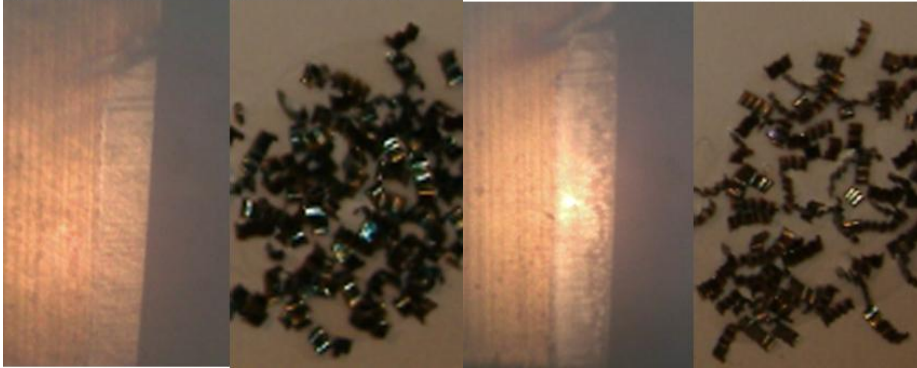
KY4400- 8.3 $V_c = 70$ $a_p = 1$ $f = 0,1065$ KY4400- 8.5 $V_c = 70$ $a_p = 1$ $f = 0,1065$



Şekil 5.2. Üçüncü ve beşinci aşama talaş örnekleri

Üçüncü aşamada takımın eski keskinliğini kaybetmesi, aşınmanın da katkısıyla kazıma işlemi bir nebze olsun azalmıştır. Kısıtlı uygun olan bir talaş biçimi elde edilmiştir. Beşinci aşamada aşınma 0,15 in üzerine çıkmıştır ve sıcaklığın etkisiyle kırık talaş elde edilmeye başlanmıştır.

KY4400- 8.6 $V_c = 70$ $a_p = 1$ $f = 0,1065$ KY4400- 8.8 $V_c = 70$ $a_p = 1$ $f = 0,1065$

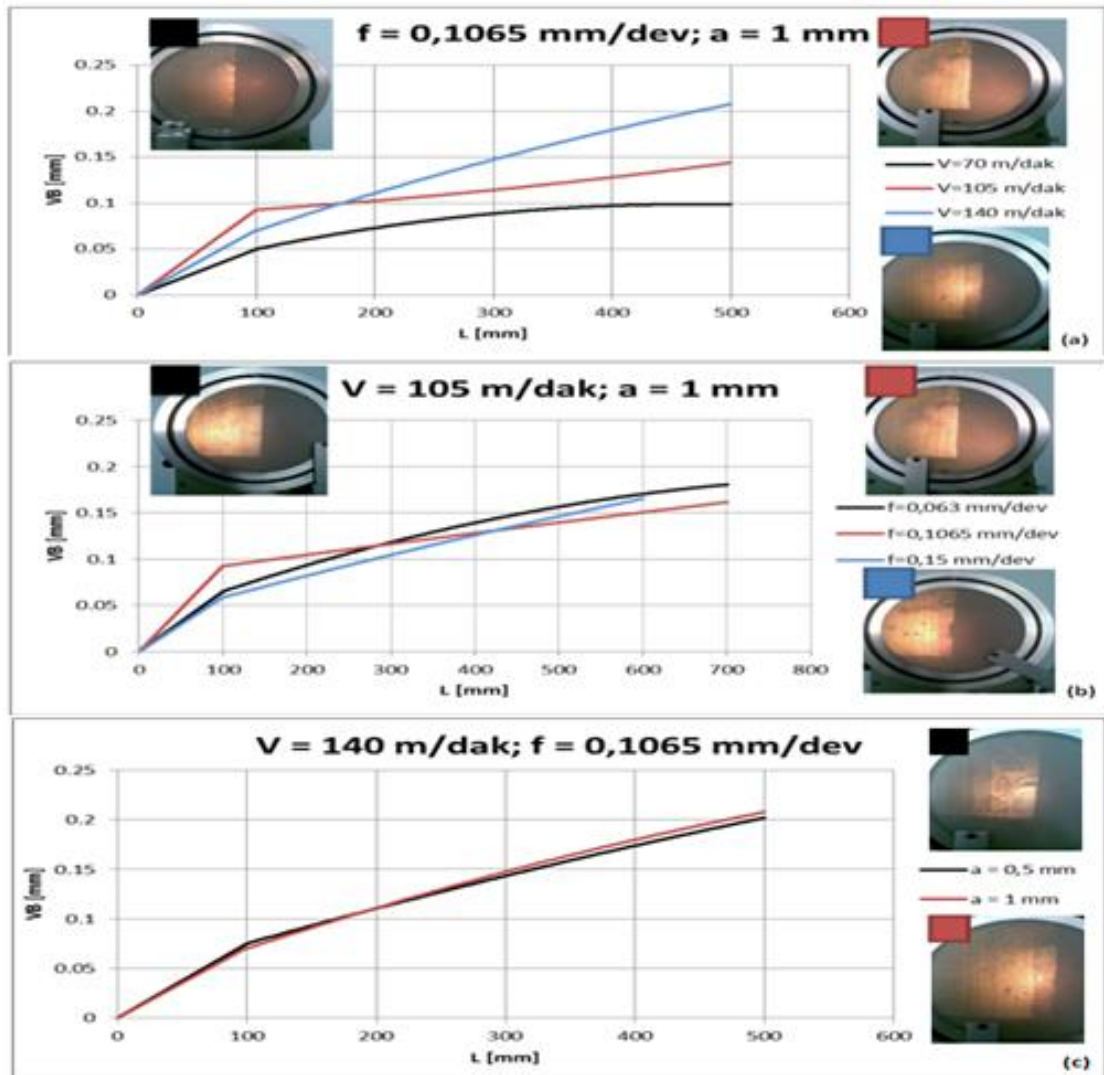


Şekil 5.3. Altıncı ve sekizinci aşamalara ait talaş

Altıncı aşamada ve son aşamalarda artık kırık talaş ve çok iyi olmayan yüzey kalitesi elde edilmiştir. Talaş büyüklükleri gittikçe daha da küçük bir kesite sahip olmaya

başlamıştır. Son aşamalara doğru, kesici takımında sıcaklığa bağlı ısı değişimiyle oluşmuş iz, daha da belirgin hale gelmiştir. Bu iz, oluşan sıcaklığın miktarına bağlı olarak da bilgi vermektedir.

Deneylelerden elde edilen aşınma değeri şkil 5.4’de karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Takım aşınmasına en büyük etkiyi V_c ’nin (a), en düşük etkiyi ise a_p ’nin yaptığı görülmüştür(c). Düşük ilerlemede ($f = 0,063$ mm/dev) aşınmanın daha yüksek değere çıkması, işleme süresinin artmasıyla açıklanabilir. Yüksek ilerlemede ise ($f = 0,15$ mm /dev) $VB \cong 0,19$ mm ’de takım kırılmıştır(b).



Şekil 5.4.Serbest yüzey aşınması (VB) grafikleri: a) V_c ’nin etkisi b) f ’in etkisi c) a_p ’nin etkisi (Murat ve ark. 2012)

Kesme parametreleri, yüzey pürüzlülüğüne etki etme derecesine göre $f(+)$, $V_c(-)$, $a_p(+)$ olarak sıralanabilir. Orta ilerleme değerinde ($f = 0,1065$ mm/dev), ilerleyen aşamalarda yüzey pürüzlülüğünün düşmesi, talaşın kırılmaya başlaması ile açıklanabilir(b).

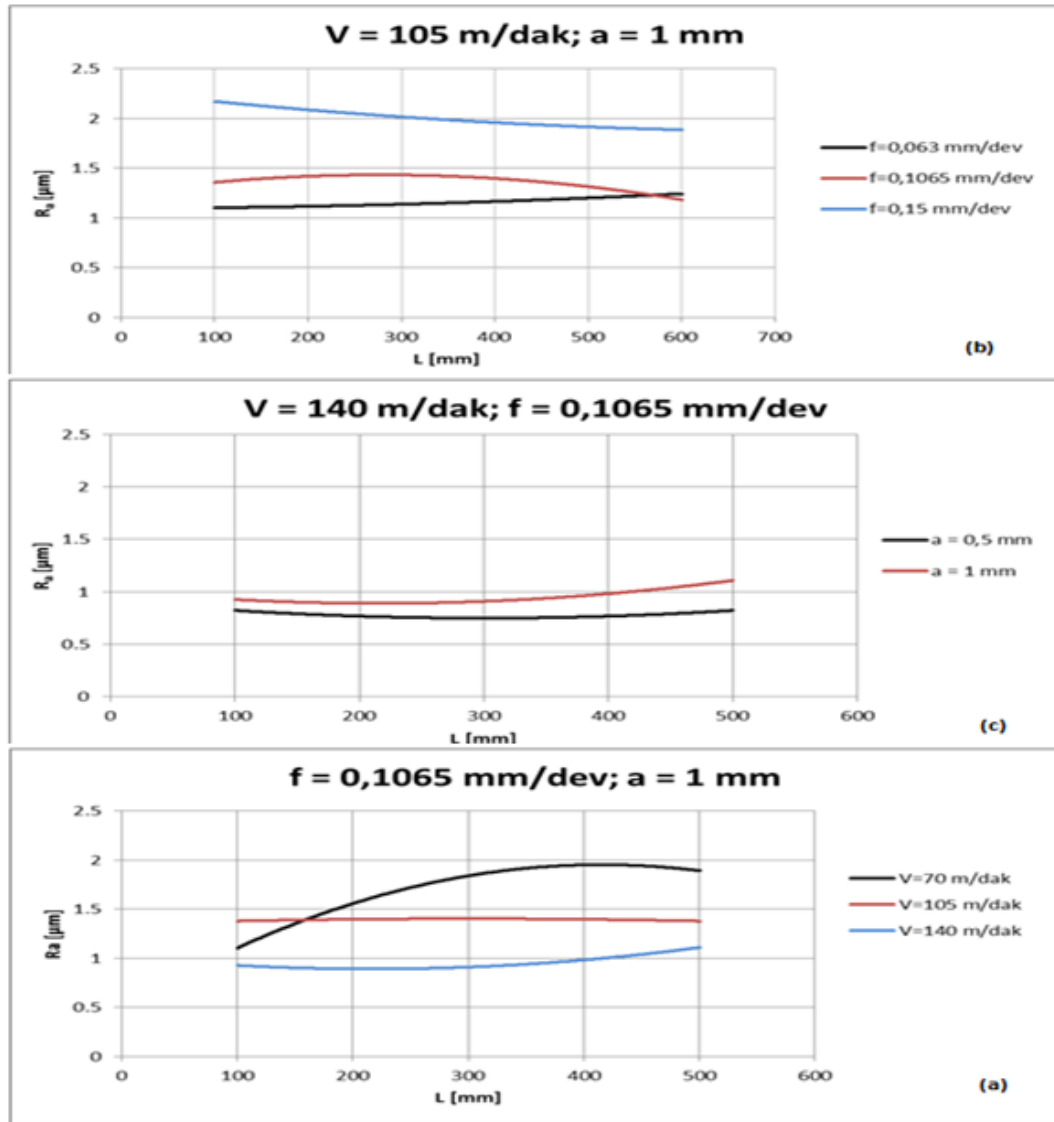
Çizelge 5.2. Pürüzlülük değerleri bulunan deney planı (Murat ve ark. 2012)

V_c (m/dak)	a_p (mm)	F (mm/dev)	R_a
140	0,75	0,15	1,764
105	0,50	0,15	1,776
140	0,50	0,1065	0,769
140	1,00	0,1065	0,833
140	0,75	0,063	0,541
105	0,50	0,063	0,567
70	1,00	0,1065	1,715
70	1,00	0,1065	1,843
105	1,00	0,063	1,014
105	1,00	0,1065	1,449
70	0,75	0,15	2,656
105	0,75	0,1065	0,898
70	1,00	0,063	0,549
105	1,00	0,1500	2,004
105	0,75	0,1065	1,064

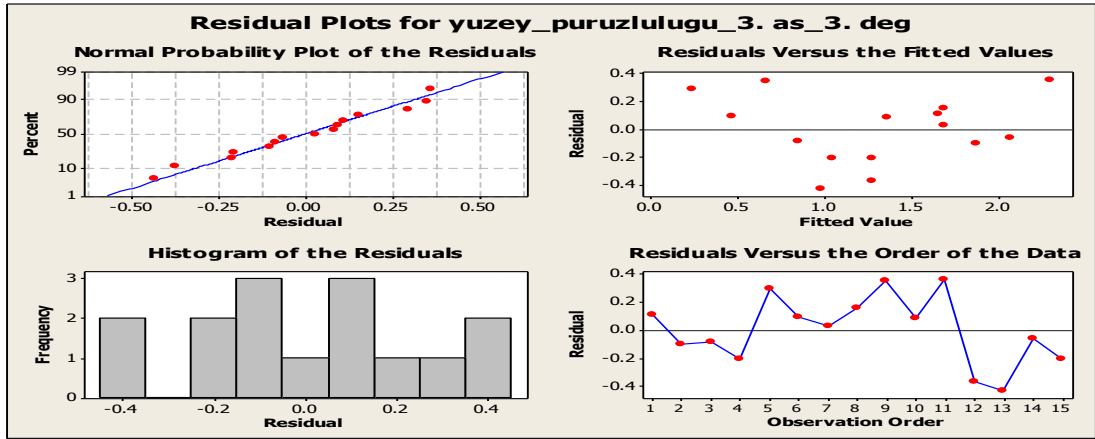
Özellikle orta ilerleme değerinde ($f = 0,1065$ mm/dev) çapın (D) azalmasıyla talaşın kırıldığı gözlenmiştir. Bu durum farklı bir çalışmada detaylı olarak ele alınacaktır. Sert malzemelerde iş parçası serbest yüzeyinde başlayan çatlak, talaş oluşum sürecini yönlendirir (Davim 2011).

İş parçası çapının azalması ile eğriliğin artması, çatlak oluşumunu arttıracak ve talaşın kırılması yönünde bir etkiye bulunacaktır. Düşük ilerlemede ise ($f = 0,063$ mm/dev)

oluşan ince talaşın kırılmadığı tespit edilmiştir. İlerlemenin yüksek olduğu ($f = 0,15$ mm/dev) durumda virgül veya helezon şeklinde daha dayanıklı ancak periyodik olarak kırılan talaşlar elde edilmiştir. Regresyon sonuçlarına göre V_c değişkeninin parametresi %5 ve f değişkeninin parametresi %1 anlamlılık seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı, a_p değişkeninin parametresi ise anlamsızdır. f değişkeninin artması yanıt değişkeni yüzey pürüzlülüğünün sayısal değerini artırmakta, V_c değişkeninin artması ise bu değeri azaltmaktadır. Yüzey pürüzlülüğü üzerindeki en etkili ve önemli faktör ilerlemedir. Tahmin edilen modelin açıklama gücü oldukça yüksektir.



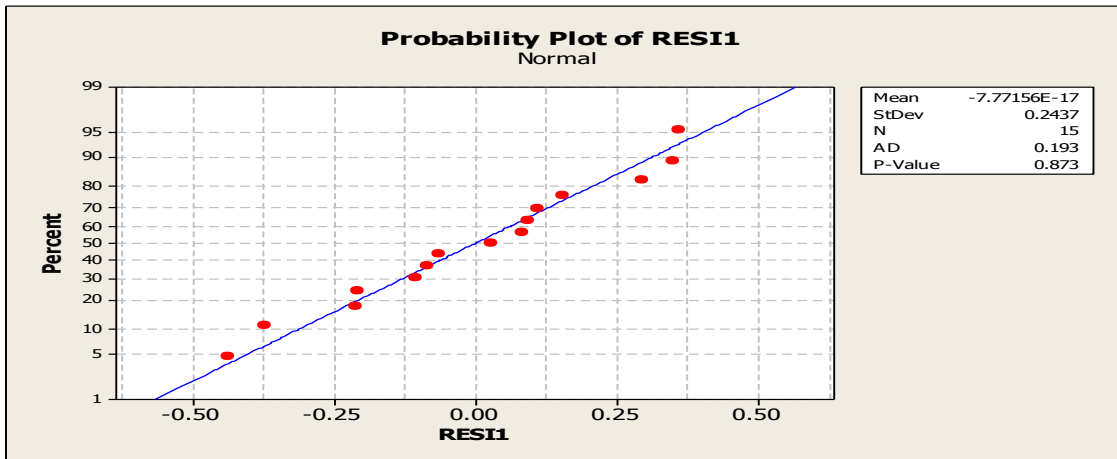
Şekil 5.5. Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi (Murat ve ark. 2012)



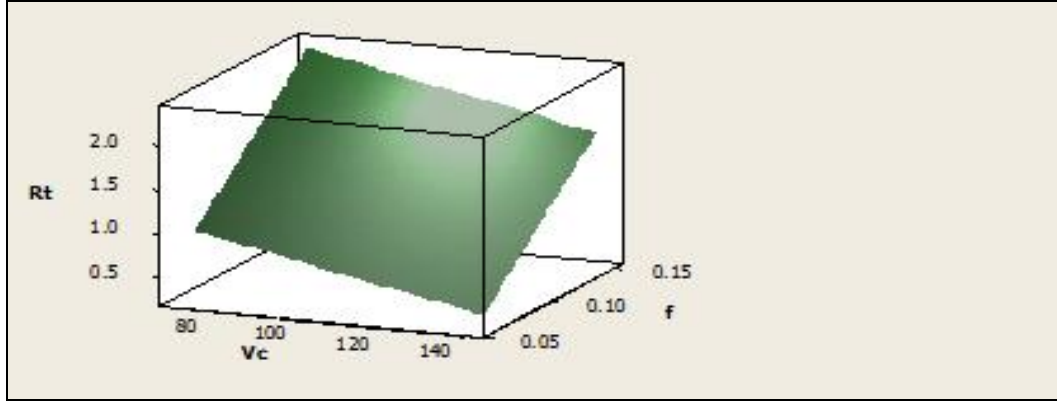
Şekil 5.6. Kalıntı grafikleri (Murat ve ark. 2012)

5.1. Kalıntı Grafikleri

Şekil 5.6'dan kalıntıların rastsal olup normal dağıldığı görülmektedir. Ayrıca şekil 5.7'den de görüldüğü gibi yapılan Andersen–Darling (A-D) testi sonucu verilerin normal dağılıma uyduğu gözlenmiştir. Sonuç olarak yüzey pürüzlülüğünün sayısal olarak en düşük olduğu alan V_c 'nin en yüksek ve f 'in en düşük değerler aldığı bölgedir. Şekillerde V_c 'nin 140 değerinin üstüne çıkarılırken, f değerinin 0,05'in altına düşürülmesi ile çok daha düşük bir R_a değerinin elde edileceğini gösteriyor gibi görünse de, takımın güvenli çalışma aralığının sınırları f için 0,063'ün altında olamamaktadır.



Şekil 5.7. Kalıntıların Normal Dağılım Grafiği (Murat ve ark. 2012)



Şekil 5.8. Yanıt yüzey grafiği (Murat ve ark. 2012)

5.2. Yanıt Yüzeyi Grafiği

Bu nedenle elde edilen bu sınır değerleri optimum sonuç olarak kabul edilmiş ve tasarım bu parametrelerin dışında bir bölge için tekrarlanmamıştır. Çalışmada, minimum yüzey pürüzlülüğü değerinin elde edilmesi amacıyla optimizasyon yapılmıştır. Hedef değerin 0,3, üst değerin 0,8 olarak belirlendiği optimizasyon sonucu elde edilen minimum yüzey pürüzlülüğü değerinin 0,15134 olduğu ve bu değere ulaşmak için faktör seviyelerinin $V_c=140$ m/dak, $a_p=0,50$ mm ve $f=0,0630$ mm/dev olarak ayarlanması gerektiği bulunmuştur. (Murat ve ark. 2012)

5.3. Sonuç

Talaş kaldırma işleminin en önemli özelliği olan işleme kalitesi iş parçasının geometri, boyut ve yüzey bakımından belirli bir doğruluk derecesine göre imal edilmesini ifade etmektedir. Bu işlem gerçekleştirildiği esnada yüksek hız, sıcaklık, basınç, kimyasal reaksiyonlar gibi bir takım etmenler takımın aşınmasına ve sonuç olarak titreşim, kötü yüzey kalitesi, tolerans dışı imalat gibi kalite problemlerinin ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Günümüzde işletmeler arasındaki rekabet koşulları düşünüldüğünde ürün veya süreçte meydana gelen söz konusu kalite problemlerinin giderilmesi adeta bir zorunluluk olarak görülmektedir.

Bu bağlamda bu çalışmada bir kalite problemi olarak yüzey pürüzlülüğü ele alınmış ve 62 HRC sertliğine, çekirdeğe dek sertleştirilmiş soğuk iş çeliği malzemeden numunelerin seramik kesici takımlarla tornalanması işleminde işleme parametreleriyle yüzey pürüzlülüğü ilişkisi RSM yöntemi kullanılarak belirlenmeye ve minimum yüzey pürüzlülüğünü veren parametre kombinasyonu elde edilmeye çalışılmıştır.

Yapılan deney sonuçlarından elde edilen veriler analiz edildiğinde V_c ve f değişkenlerinin yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkili a_p değişkeninin ise etkili olmadığı görülmüştür. Analiz sonuçlarına göre f değişkenindeki artışlar yüzey pürüzlülüğünün sayısal değerini artırmakta iken V_c değişkenindeki artışların yüzey pürüzlülüğünün sayısal değerini azaltmaktadır. Yapılan optimizasyon sonucu elde edilen minimum yüzey pürüzlülüğü değeri 0,15134 olarak hesaplanmış ve bu değere ulaşmak için faktör seviyelerinin $V_c=140$ m/dak, $a_p=0,50$ mm ve $f=0,0630$ mm/dev olarak ayarlanması gerektiği bulunmuştur.

Yapılan deney gözlemlenmeleri sonucunda aşınmanın artması ve iş parçası çapının azalmasıyla birlikte, talaş biçimlenmesinin farklılaştığı gözlemlenmiştir. Talaş boyutları gittikçe küçülmüş ve sürekli talaştan, normal şartlarda istenen bir talaş biçimi olan kırık talaşa geçiş gerçekleşmiştir.

KAYNAKLAR

- Astakhov, 2004**, ‘The assessment of cutting tool wear’, *International Journal of Machine Tools & Manufacture* ,vol.44 ,pp.637-647.
- Benardos & Vosniakos, 2003**, ‘Predicting surface roughness in machining: a review’, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, vol.43, pp.833-844.
- Benedict, S., Wagner T. and Biermann D., (2010)**, “ Empirical modeling of hard turning of AISI 6150 steel using design and analysis of computer experiments”, *Production Engineering Research and Development*, 4, pp 115-125.
- Bernd-Uwe Zehner**, Spannungstechnik Ders Notu
- Chou & Evans, 1997**, ‘Tool wear mechanism in continuous of hardened tool steels’, *National Institute of Standards and Technology*,pp.59-65
- Çakır M. C., (2010)**, Modern Talaşlı İmalat Yöntemleri, Dora Yayın Dağıtım, Bursa.
- Davim J. P., (2011)**, Machining of Hard Materials, Springer, London.
- Ekinovic S., Dolinsek S. and Begovic E., (2005)**, “Machinability of 90MnCrV8 steel during high-speed machining”, *Journal of Materials Processing Technology*, 162-163, pp. 603.
- Farhat Z., (2003-a)**, “Wear mechanism of CBN cutting tool during high-speed machining of mold steel”, *Materials Science and Engineering*, A361, pp 100.
- Farhat Z., (2003-b)**, “Microstructural characterization of WC-TiC-Co cutting tools during high-speed machining of P20 mold steel”, *Materials Characterization*, 51, pp 117,.
- Gürsakal N., (2005)**, “Altı Sigma Müşteri Odaklı Yönetim”, Nobel Yayın Dağıtım, Bursa.
- J. Paulo Davim,2010** ‘Machining of hard materials’
- Kahraman F. , (2009)**, “The use of response surface methodology for prediction and analysis of surface roughness of AISI 4140 steel”, *Materials and Technology*, 43, (5), pp 267–270,.
- Li H., Wang M. and Wang Z.G., (2002)**, “High speed cutting of Inconel 718 with coated carbide and ceramic inserts”, *Journal of Materials Processing Technology*, 129, pp 127.
- Luo S.Y., Liao Y.S and Tsai Y.Y., (1999)**, “Wear characteristics in turning high hardness alloy steel by ceramic and CBN tools”, *Journal of Materials Processing Technology*, 88, 114.
- Montgomery, D.C., (2001)**, *Design and Analysis of Experiment*, John & Wiley, New York.
- Murat ve ark, 2012** ‘‘International Conference on Machine Design and Production’’.
- Singh, H. and Kumar, P., (2007)**, “Mathematical models of tool life surface roughness for turning operation through response surface methodology”, *Journal of Scientific & Industrial Research*, Volume 66, pp 220-226.
- Sandvik Coromant**, “Modern metal cutting–A practical handbook”, English Edition, *Sandvik Coromant*, Sweden, I-III (1994).
- Sokovic M., Kopac J., Dobranski, and Adamiak, (2004)**, “Wear of PVD-coated solid carbide end mills in dry high-speed cutting”, *Journal of Materials Processing Technology*, 157-158, pp 422.

Sahin , 2008 , ‘Comparison of tool life between ceramic and cubic boron nitride (CBN) cutting tools when machining hardened steels’ *Journal of Materials Processing Technology*,pp.12

Sahin & Motorcu, 2004, ‘Surface roughness prediction model in machining of carbon steel by PVD coated cutting tools’, *American journal of applied sciences* ,pp.12-17

Sahin & Motorcu, 2008, ‘The Development of surface roughness model when turning hardened steel with ceramic cutting tool using response methodology’, *Multidiscipline Modeling in Mat. And Str.* ,vol.4 ,pp.291-304.

Şeker U. 2009, Üretim Teknolojileri Ders Notu

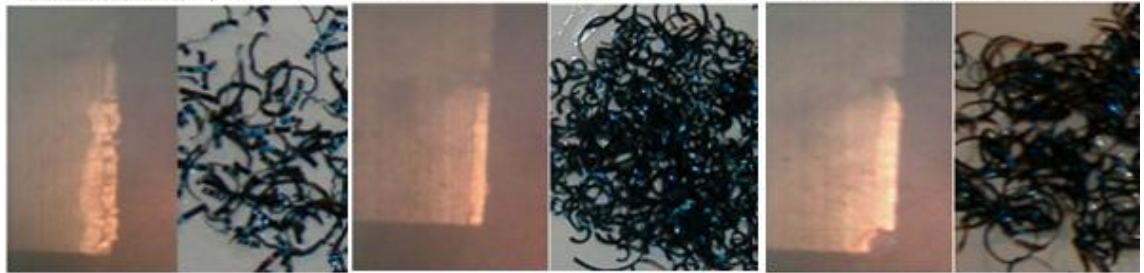
Şirvancı M. , 1997, Kalite İçin Deney Tasarımı

EKLER

EK 1

Kesme Parametrelerine Gre Kesici Takım Aşınma - Malzeme Talaş Resimleri

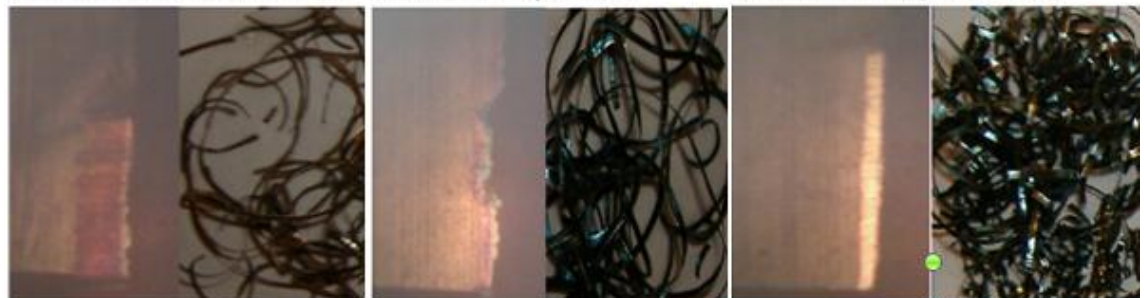
KY1615-1.1 $V_c=140$ $ap=0,75$ $f=0,15$ KY1615- 2.1 $V_c=105$ $ap=0,5$ $F=0,15$ KY1615- 2.2 $V_c=105$ $ap=0,5$ $f=0,15$



KY1615- 2.6 $V_c=105$ $ap=0,5$ $f=0,15$ KY1615- 3.1 $V_c=140$ $ap=0,5$ $f=0,1065$ KY1615- 3.5 $V_c=140$ $ap=0,5$ $f=0,1065$



KY1615- 3.10 $V_c=140$ $ap=0,5$ $f=0,1065$ KY1615- 4.1 $V_c=140$ $ap=1$ $f=0,1065$ KY1615- 5.1 $V_c=140$ $ap=0,75$ $f=0,063$



KY1615- 6.2 $V_c=105$ $ap=0,5$ $f=0,063$ KY1615- 6.5 $V_c=105$ $ap=0,5$ $f=0,063$ KY1615- 7.1 $V_c=70$ $ap=0,5$ $f=0,1065$

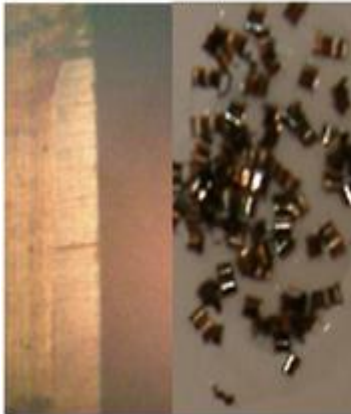


KY1615- 7.3 $V_c=70$ $ap=0,5$ $f=0,1065$ KY1615- 7.6 $V_c=70$ $ap=0,5$ $f=0,1065$





KY4400- 7.8 Vc = 70 ap = 0,5 f = 0,1065



KY4400- 8.1 Vc = 70 ap = 1 f = 0,1065



KY4400- 8.2 Vc = 70 ap = 1 f = 0,1065



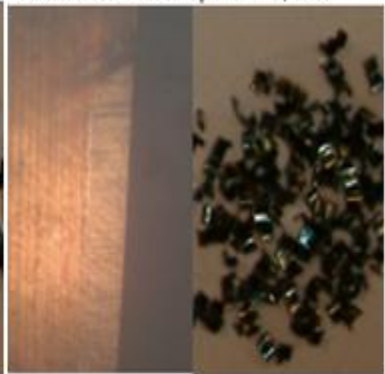
KY4400- 8.3 Vc = 70 ap = 1 f = 0,1065



KY4400- 8.5 Vc = 70 ap = 1 f = 0,1065



KY4400- 8.6 Vc = 70 ap = 1 f = 0,1065



KY4400- 8.7 Vc = 70 ap = 1 f = 0,1065



KY4400- 8.8 Vc = 70 ap = 1 f = 0,1065



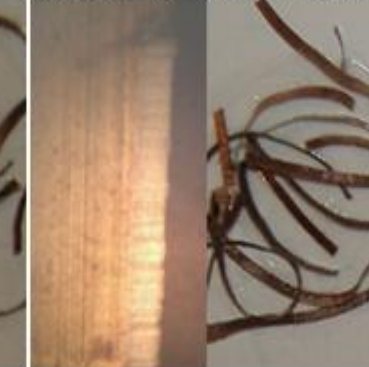
KY4400- 9.1 Vc = 105 ap = 1 f = 0,063



KY4400- 9.2 Vc = 105 ap = 1 f = 0,063



KY4400- 9.3 Vc = 105 ap = 1 f = 0,063



KY4400- 9.4 Vc = 105 ap = 1 f = 0,063



KY4400- 9.6 Vc = 105 ap = 1 f = 0,063



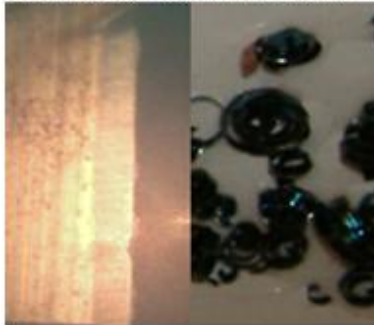
KY4400- 9.7 Vc = 105 ap = 1 f = 0,063



KY4400- 10.1 Vc = 105 ap = 0,75 f = 0,1065



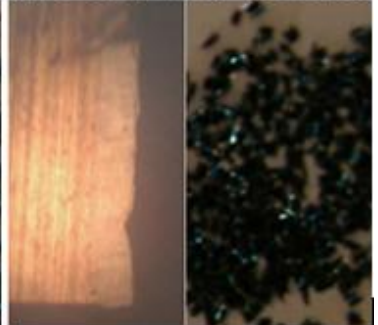
KY4400- 10.4 Vc = 105 ap = 0,75 f = 0,1065



KY4400- 10.7 Vc = 105 ap = 0,75 f = 0,1065



KY4400- 10.11 Vc = 105 ap = 0,75 f = 0,1065



KY4400- 11.1 Vc = 70 ap = 0,75 f = 0,15



KY4400- 11.5 Vc = 70 ap = 0,75 f = 0,15



KY4400- 13.5 Vc = 70 ap = 0,75 f = 0,063



KY4400- 14.1 Vc = 105 ap = 1 f = 0,15



KY4400- 14.5 Vc = 105 ap = 1 f = 0,15



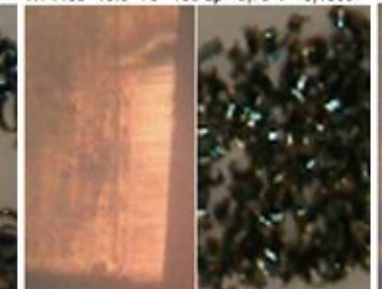
KY4400-15.1 Vc = 105 ap = 0,75 f = 0,1065



KY4400- 15.3 Vc = 105 ap = 0,75 f = 0,1065



KY4400- 15.6 Vc = 105 ap = 0,75 f = 0,1065



KY4400- 15.8 Vc = 105 ap = 0,75 f = 0,1065



EK 2

Aşamalara Gre Kesici Takım Aşınmaları

KY4400_1.1



KY4400_1.2



KY4400_1.3



KY4400_3.1



KY4400_3.2



KY4400_3.2



KY4400_3.3



KY4400_3.4



KY4400_3.5



KY4400_4.1



KY4400_4.2



KY4400_4.3



KY4400_4.5



KY4400_5.2



KY4400_5.3



KY4400_5.4



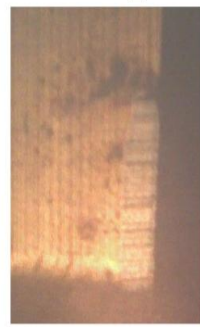
KY4400_6.1



KY4400_6.2

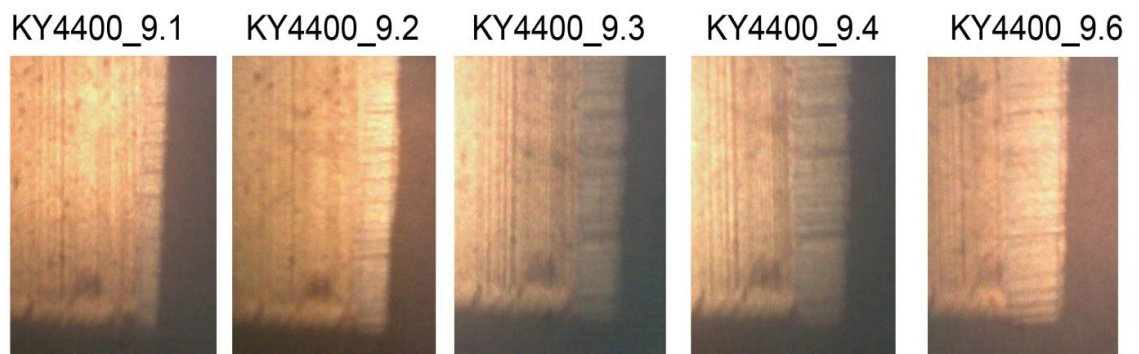
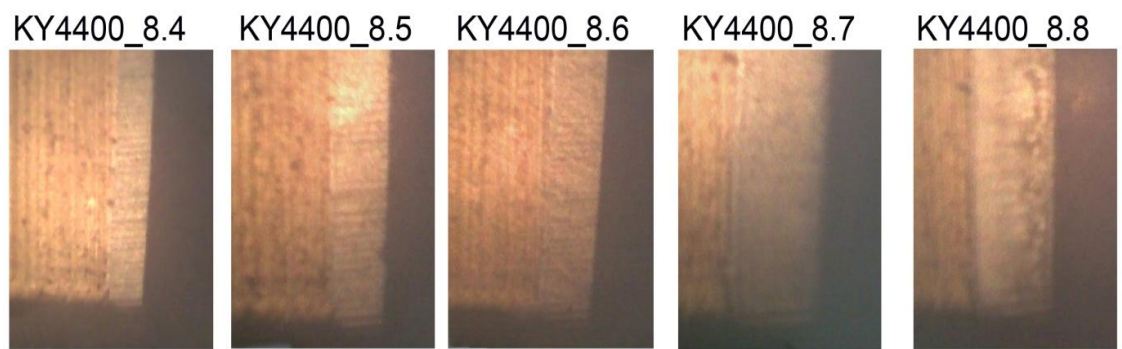
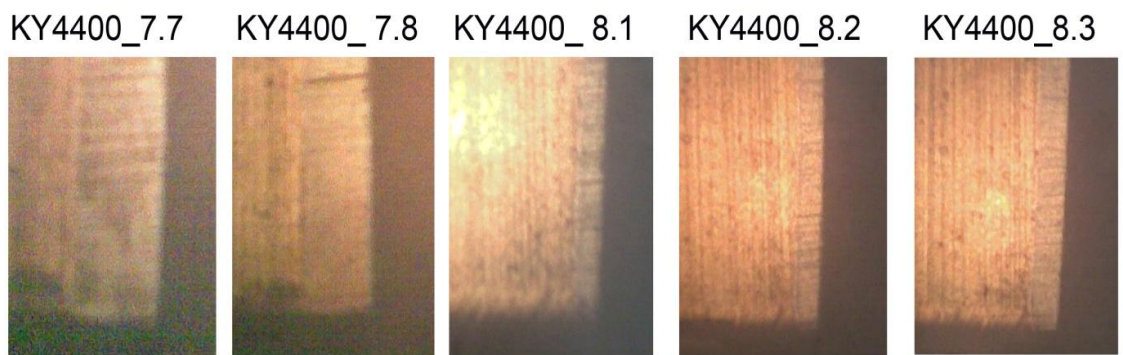
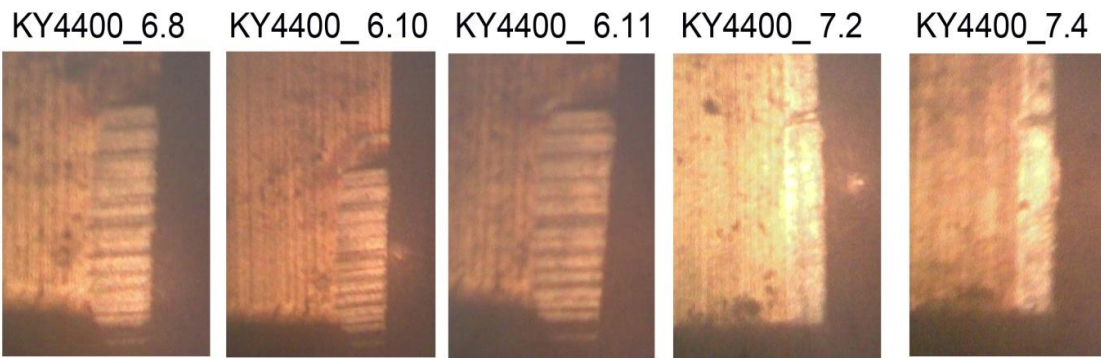


KY4400_6.4

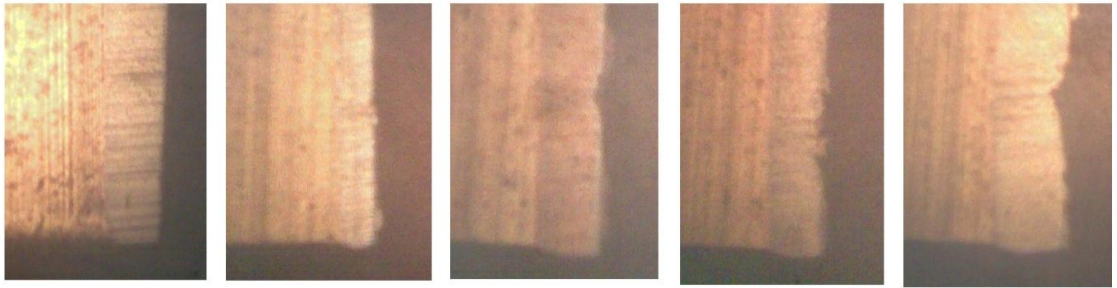


KY4400_6.6





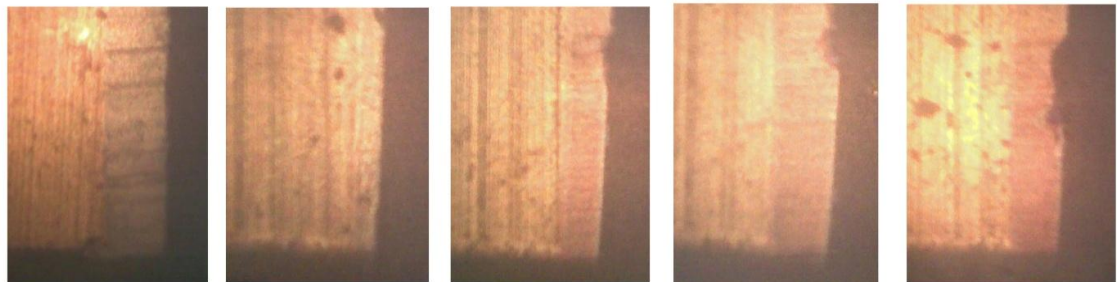
KY4400_9.7 KY4400_10.1 KY4400_10.4 KY4400_10.7 KY4400_10.10



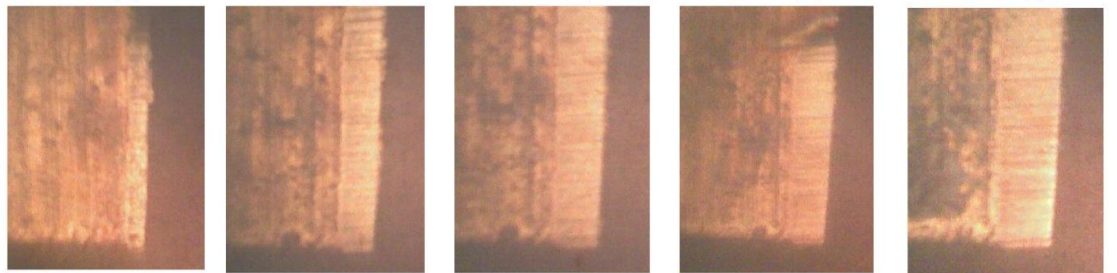
KY4400_10.11 KY4400_11.1 KY4400_11.3 KY4400_11.4 KY4400_11.5



KY4400_13.5 KY4400_14.1 KY4400_14.3 KY4400_14.5 KY4400_14.6



KY4400_15.1 KY4400_15.3 KY4400_15.4 KY4400_15.6 KY4400_15.7



KY1615_1.1



KY1615_2.1



KY1615_2.2



KY1615_2.4



KY1615_2.6



KY1615_3.1



KY1615_3.5



KY1615_3.6



KY1615_3.7



KY1615_3.8



KY1615_3.10



KY1615_3.11



KY1615_4.1



KY1615_5.1



KY1615_5.4



KY1615_5.5



KY1615_5.7



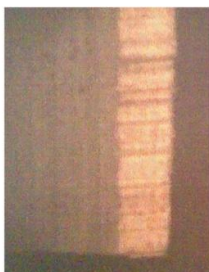
KY1615_5.8



KY1615_5.9



KY1615_5.11



KY1615_5.12



KY1615_5.13



KY1615_6.2



KY1615_6.3



KY1615_6.5



KY1615_6.9



KY1615_6.10



KY1615_7.1



KY1615_7.3



KY1615_7.4



KY1615_7.5



KY1615_7.6



KY1615_7.7



KY1615_7.10



EK 3

Aşamalara Gre Malzeme Talaş Resimleri

KY4400_1.1



KY4400_1.2



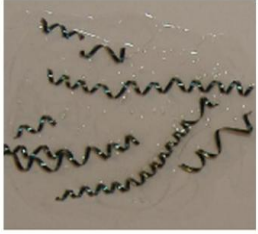
KY4400_2(1.2.3.4)



KY4400_3.1



KY4400_3.(2.3)



KY4400_3.4



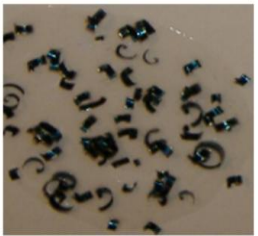
KY4400_4.1



KY4400_4.2



KY4400_4.3



KY4400_4.5



KY4400_5.2



KY4400_6.1



KY4400_6.2



KY4400_6.3



KY4400_6.4



KY4400_6.5



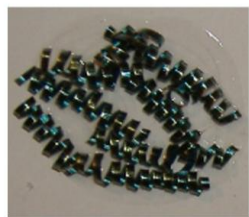
KY4400_7.1



KY4400_7.2



KY4400_7.3



KY4400_7.4



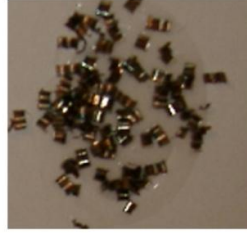
KY4400_7.5



KY4400_7.6



KY4400_7.(7.8.9)



KY4400_8.1



KY4400_8.2



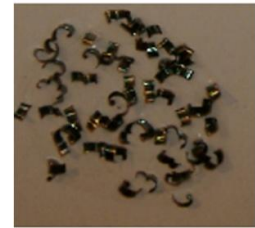
KY4400_8.3



KY4400_8.4



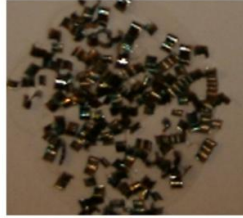
KY4400_8.5



KY4400_8.6



KY4400_8.7



KY4400_8.8



KY4400_9.1



KY4400_9.2



KY4400_9.3



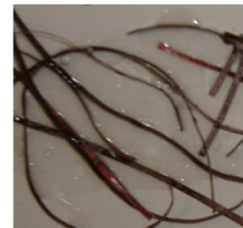
KY4400_9.4



KY4400_9.5



KY4400_9.6



KY4400_9.7



KY4400_10.1



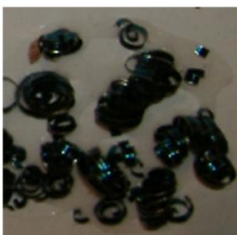
KY4400_10.2



KY4400_10.3



KY4400_10.4



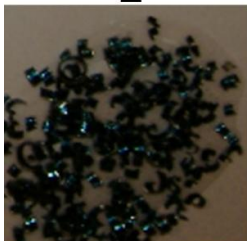
KY4400_10.5



KY4400_10.6



KY4400_10.7



KY4400_10.(8.9.10.11)



KY4400_11.(1.2.3)



KY4400_11.(4.5)



KY4400_12.1



KY4400_13.1



KY4400_13.4



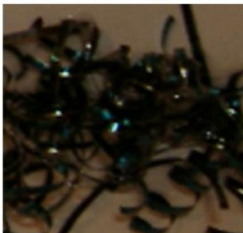
KY4400_14.(1.2)



KY4400_14.(3.4.5)



KY4400_15.1



KY4400_15.3



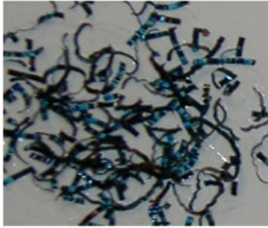
KY4400_15.8



KY4400_15.(4.5.6)



KY1615_1.1



KY1615_2.1



KY1615_2.2



KY1615_2.3



KY1615_2.5



KY1615_3.1



KY1615_3.5



KY1615_3.10



KY1615_4.1



KY1615_4.2



KY1615_5.1



KY1615_5.2



KY1615_6.2



KY1615_6.4



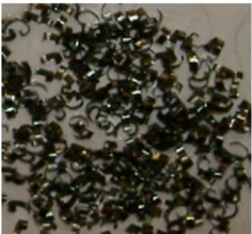
KY1615_7.1



KY1615_7.3



KY1615_7.6



EK 4

Deney Sonuçları

KY4400 DENEY SONUÇLARI

1. Deney				
Vc	ap	f		Kesici Kenar
140	0.75	0.15		1.Kesici
Takım Aşınması	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)(Başlangıç,Orta,Son Kısım)	Malzeme Çapı (mm)	İşleme Aralığı (mm)	
0.095	3.9-3.1	88.5	0-100	
Kırıldı	Kırıldı	Kırıldı	100-200	
XXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	XXXXXX	XXXXXXXXXX	
Deney Tekrarı	Deney Tekrarı	Deney Tekrarı	Deney Tekrarı	
0.064	1.713-1.643-1.675	56	0-100	
0.122	1.840-1.803-1.755	54.5	100-200	
0.190	1.876-1.847-1.764	53	200-300	

2. Deney				
Vc	ap	f		Kesici Kenar
105	0.5	0.15		3.Kesici 3.Uç
Takım Aşınması	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)(Başlangıç,Orta,Son Kısım)	Malzeme Çapı (mm)	İşleme Aralığı (mm)	
0.061	1.924-1.809-1.743	62.5	0-100	
0.071	1.815-1.876-1.919	61.5	100-200	
0.091	1.897-1.837-1.776	60.5	200-300	
0.102	1.810-1.818-1.770	59.5	300-400	
50 mm de kırıldı	1.598-1.611-1.671	58.5	400-450	

3. Deney				
Vc	ap	f		Kesici Kenar
140	0.5	0.1065		4.Kesici 1.Uç
Takım Aşınması	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)(Başlangıç,Orta,Son Kısım)	Malzeme Çapı (mm)	İşleme Aralığı (mm)	
0.075	1.207-1.042-0.869	86.5	0-100	
0.110	1.914-0.789-0.669	85.5	100-200	
0.146	1.066-0.964-0.769	84.5	200-300	
0.171	0.904-0.987-0.840	83.5	300-400	
0.203	0.849-0.786-0.783	82.5	400-500	

4. Deney				
Vc	ap	f		Kesici Kenar
140	1	0.1065		4.Kesici 2.Uç
Takım Aşınması	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)(Başlangıç,Orta,Son Kısım)	Malzeme Çapı (mm)	İşleme Aralığı (mm)	
0.071	1.224-1.005-0.923	80.5	0-100	
0.111	1.059-0.855-0.923	78.5	100-200	
0.142	0.986-0.944-0.833	76.5	200-300	
0.187	1.169-1.046-1.051	74.5	300-400	
0.205	1.161-1.023-1.087	72.5	400-500	

5. Deney				
Vc	ap	f		Kesici Kenar
140	0.75	0.063		3.Kesici 2. Uç
Takım Aşınması	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)(Başlangıç,Orta,Son Kısım)	Malzeme Çapı (mm)	İşleme Aralığı (mm)	
0.099	0.967-0.968-0.869	68,0	0-100	
0.145	0.717-0.891-0.933	66.5	100-200	
0.173	0.523-0.481-0.541	65,0	200-300	
0.195	0.701-0.584-0.794	63.5	300-400	

6.Deney				
Vc	ap	f		Kesici Kenar
105	0,5	0,063		4.Kesici 3. Uç
Takım Aşınması		Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)(Başlangıç,Orta,Son Kısım)	Malzeme Çapı (mm)	İşleme Aralığı (mm)
0,104		0,229-0,736-0,723	71,5	0-100
Kırıldı		0,517-0,804-0,645	70,5	100-200
xxxxxxxx		xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	xxxxxxxx	xxxxxxxx
Deney Tekrarı		Deney Tekrarı	Deney Tekrarı	Deney Tekrarı
0,063		0,820-0,742-0,689	51,0	0-100
0,078		0,801-0,756-0,635	50,0	100-200
0,095		0,822-0,665-0,567	49,0	200-300
0,11		0,638-0,487-0,492	48,0	300-400
0,118		0,642-0,547-0,441	47,0	400-500
0,138		0,644-0,627-0,486	46,0	500-600
0,151		0,642-0,586-0,485	45,0	600-700
0,162		0,682-0,623-0,594	44,0	700-800
0,166		0,667-0,656-0,599	43,0	800-900
0,176		0,754-0,702-0,6473	42,0	900-1000
0,193		0,705-0,694-0,664	41,0	1000-1100

7. Deney				
Vc	ap	f		Kesici Kenar
70	1	0,1065		5.Kesici 2. Uç
Takım Aşınması		Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)(Başlangıç,Orta,Son Kısım)	Malzeme Çapı (mm)	İşleme Aralığı (mm)
0,05		1,054-0,370-0,510	66,0	0-100
0,077		1,441-1,293-1,699	64,0	100-200
0,086		1,526-1,380-1,715	62,0	200-300
0,095		1,735-1,866-1,973	60,0	300-400
0,1		1,860-1,869-1,899	58,0	400-500
0,123		1,64-1,81-1,721	89,0	500-600
0,153		2,107-2,204-2,31	86,5	600-700
0,162		4,781-4,773-4,826	84,5	700-800
Kırıldı		4,209-4,359-4,169	82,5	800-900

8. Deney				
Vc	ap	f		Kesici Kenar
70	1	0,1065		5.Kesici 3. Uç
Takım Aşınması		Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)(Başlangıç,Orta,Son Kısım)	Malzeme Çapı (mm)	İşleme Aralığı (mm)
0,05		1,011-1,277-1,331	80,5	0-100
0,077		2,026-1,937-1,939	78,5	100-200
0,102		1,680-1,917-1,843	76,5	200-300
0,129		1,655-1,630-1,511	74,5	300-400
0,152		1,525-2,087-2,193	72,5	400-500
0,162		2,402-2,038-2,699	70,5	500-600
0,183		2,144-2,868-2,993	68,5	600-700
0,207		2,163-2,083-1,889	66,5	700-800

9. Deney				
Vc	ap	f		Kesici Kenar
105	1	0,063		5.Kesici 4. Uç
Takım Aşınması		Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)(Başlangıç,Orta,Son Kısım)	Malzeme Çapı (mm)	İşleme Aralığı (mm)
0,065		3,264-1,162-1,087	64,5	0-100
0,094		1,179-1,117-1,188	62,5	100-200
0,121		1,251-1,323-1,014	60,5	200-300
0,139		1,214-1,307-1,235	58,5	300-400
0,153		1,041-1,096-1,204	56,5	400-500
0,17		1,451-1,192-1,230	54,5	500-600
0,182		1,184-1,197-1,079	52,5	600-700

10. Deney				
Vc	ap	f		Kesici Kenar
105	1	0,1065		6.Kesici 1.Uç
Takım Aşınması	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)(Başlangıç,Orta,Son Kısım)	Malzeme Çapı (mm)		İşleme Aralığı (mm)
0,093	1,735-1,255-1,269	50,5		0-100
0,102	1,040-1,388-1,599	48,5		100-200
0,108	1,135-1,563-1,449	46,5		200-300
0,138	1,393-1,325-1,130	44,5		300-400
0,14	1,520-1,330-1,503	42,5		400-500
0,15	0,636-0,607-1,147	40,5		500-600
0,16	1,337-1,785-1,212	38,5		600-700
0,168	1,310-1,281-1,294	36,5		700-800
0,174	1,388-1,799-1,330	34,5		800-900
0,18	1,895-1,526-1,462	32,5		900-1000
0,184	1,233-1,024-1,568	30,5		1000-1100
0,187	1,464-1,472-1,438	2,5		1100-1200

11. Deney				
Vc	ap	f		Kesici Kenar
70	0,75	0,15		6.Kesici 2.Uç
Takım Aşınması	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)(Başlangıç,Orta,Son Kısım)	Malzeme Çapı (mm)		İşleme Aralığı (mm)
0,1	1,841-2,239-2,323	89,5		0-100
0,124	2,543-2,579-2,359	88		100-200
0,142	2,537-2,602-2,656	86		200-300
0,165	2,642-2,624-2,529	85		300-400
0,185	2,622-2,520-2,553	83,5		400-500

12. Deney				
Vc	ap	f		Kesici Kenar
105	0,75	0,1065		2.Kesici
Takım Aşınması	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)(Başlangıç,Orta,Son Kısım)	Malzeme Çapı (mm)		İşleme Aralığı (mm)
0,095	3,403-3,007-3,410	87,00		0-100
0,095Abrasif+0,45	1,685-1,874-2,240	85,5		100-200
0,134 + 0,536	1,259-0,908-0,898	84,00		200-300
0,142 + 0,554	0,635-0,515-0,526	82,5		300-400
0,163 + 0,583	0,684-0,687-0,659	81,00		400-500
50 mm de kırıldı	0,763-0,846-0,767 (50 mm için ölçülen pürüzlülük)	79,5		500-550

13. Deney				
Vc	ap	f		Kesici Kenar
70	1	0,063		3.Kesici 1.Uç
Takım Aşınması	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)(Başlangıç,Orta,Son Kısım)	Malzeme Çapı (mm)		İşleme Aralığı (mm)
0,107	0,382-0,395-0,435	77,5		0-100
0,126	1,142-1,020-1,155	75,5		100-200
0,170	0,452-0,461-0,549	73,5		200-300
0,178	0,547-0,609-0,586	71,5		300-400
0,206	0,745-0,660-0,695	69,5		400-500

14. Deney				
Vc	ap	f		Kesici Kenar
105	1	0,15		6.Kesici 3.Uç
Takım Aşınması	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)(Başlangıç,Orta,Son Kısım)	Malzeme Çapı (mm)		İşleme Aralığı (mm)
0,059	2,174-2,089-2,189	81,5		0-100
0,082	2,197-2,107-2,051	79,5		100-200
0,106	2,100-2,022-2,004	77,5		200-300
0,127	2,012-2,014-2,003	75,5		300-400
0,141	2,002-1,966-1,896	73,5		400-500
0,168	1,901-1,934-1,833	71,5		500-600
0,186		69,5		600-700

15. Deney				
Vc	ap	f		Kesici Kenar
105	0.75	0.1065		6.Kesici 4.Uç
Takım Aşınması		Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)(Başlangıç,Orta,Son Kısım)	Malzeme Çapı (mm)	İşleme Aralığı (mm)
0,05		1,103-1,080-1,225	68	0-100
0,083		1,288-1,198-1,161	66,5	100-200
0,101		1,131-1,095-1,064	65	200-300
0,128		1,101-1,053-0,996	63,5	300-400
0,146		0,992-1,009-0,817	62	400-500
0,164		0,945-0,929-0,868	60,5	500-600
0,172		0,935-0,864-0,783	59	600-700
0,188		0,740-0,965-0,830	57,5	700-800

KY1615 DENEY SONUÇLARI

1. Deney				
Vc	ap	f		Kesici Kenar
140	0.75	0.15		1. Kesici 1. Uç
Takım Aşınması	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)(Başlangıç,Orta,Son Kısım)		Malzeme Çapı (mm)	İşleme Aralığı (mm)
0,122	2,146-2,175-2,192		39,5	0-100
85mm'de kırıldı	2,266-2,271-2,259		38,0	100-185

2. Deney				
Vc	ap	f		Kesici Kenar
105	0.5	0.15		1. Kesici 2. Uç
Takım Aşınması	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)(Başlangıç,Orta,Son Kısım)		Malzeme Çapı (mm)	İşleme Aralığı (mm)
0,038	2,292-2,431-2,610		37,0	0-100
0,05(0,072)	2,757-2,726-2,920		36,0	100-200
0,066(0,082)	2,721-2,689-2,694		35,0	200-300
0,086(0,087)	2,813-2,796-2,733		34,0	300-400
0,066(0,164)	2,790-2,880-2,792		33,0	400-500
0,075(0,190)	3,065-2,938-2,943		32,0	500-600

3. Deney				
Vc	ap	f		Kesici Kenar
140	0.5	0.1065		1. Kesici 3. Uç
Takım Aşınması	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)(Başlangıç,Orta,Son Kısım)		Malzeme Çapı (mm)	İşleme Aralığı (mm)
0,0508	1,479-1,390-1,462		56,0	0-100
0,075	1,314-1,584-1,839		55,0	100-200
0,084	1,942-1,839-1,834		54,0	200-300
0,108	1,744-1,634-1,560		53,0	300-400
0,121	1,744-1,616-1,554		52,0	400-500
0,136	1,516-1,389-1,281		51,0	500-600
0,153	1,088-0,440-0,932		50,0	600-700
0,16	1,281-1,302-1,244		49,0	700-800
0,163	1,370-1,284-1,246		48,0	800-900
0,179	1,214-1,111-1,083		47,0	900-1000
0,193(0,230)	1,023-1,110-1,093		46,0	1000-1100

4. Deney				
Vc	ap	f		Kesici Kenar
140	1	0.1065		1. Kesici 4. Uç Kırıldı-2. Kesici 1. Uç
Takım Aşınması	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)(Başlangıç,Orta,Son Kısım)		Malzeme Çapı (mm)	İşleme Aralığı (mm)
0,063	1,385-1,461-1,333		42,0	0-100
80mm'de Kırıldı	1,501-1,386-1,444		40,0	100-180

5. Deney				
Vc	ap	f		Kesici Kenar
140	0.75	0.063		2. Kesici 2. Uç
Takım Aşınması	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)(Başlangıç,Orta,Son Kısım)		Malzeme Çapı (mm)	İşleme Aralığı (mm)
0,058	1,082-1,025-0,889		38,5	0-100
0,0651	1,118-1,033-0,964		37,0	100-200
0,084	1,152-1,130-1,064		35,5	200-300
0,102	1,182-1,198-1,273		34,0	300-400
0,111	1,283-1,256-1,318		32,5	400-500
0,117	1,298-1,270-1,251		31,0	500-600
0,135	1,272-1,214-1,116		29,5	600-700
0,156	1,198-1,155-1,057		28,0	700-800
0,161	1,187-1,172-1,071		26,5	800-900
0,17	0,179-1,141-1,097		25,0	900-1000
0,173	1,176-1,144-1,108		23,5	1000-1100
0,182	1,113-0,949-0,879		22,0	1100-1200
0,188	1,360-1,019-0,881		20,5	1200-1300

6. Deney				
Vc	ap	f		Kesici Kenar
105	0,5	0,063		2.Kesici 4.Uç
Takım Aşınması	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)(Başlangıç,Orta,Son Kısım)	Malzeme Çapı (mm)		İşleme Aralığı (mm)
0,057	0,562-0,471-0,561	56,0		0-100
0,073	0,669-0,665-0,555	55,0		100-200
0,098	0,573-0,576-0,546	54,0		200-300
0,113	0,563-0,565-0,486	53,0		300-400
0,129	0,500-0,458-0,360	52,0		400-500
0,134	0,453-0,405-0,389	51,0		500-600
0,147	0,471-0,407-0,342	50,0		600-700
0,157	0,356-0,341-0,320	49,0		700-800
0,165	0,502-0,391-0,385	48,0		800-900
0,17	0,373-0,326-0,345	47,0		900-1000
0,177	0,502-0,403-0,423	46,0		1000-1100
0,187	0,452-0,414-0,450	45,0		1100-1200
0,206	0,493-0,490-0,430	44,0		1200-1300

7. Deney				
Vc	ap	f		Kesici Kenar
70	1	0,1065		3.Kesici 1.Uç
Takım Aşınması	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)(Başlangıç,Orta,Son Kısım)	Malzeme Çapı (mm)		İşleme Aralığı (mm)
0,048	1,002-1,359-1,109	42,0		0-100
0,062(0,073)	1,111-1,636-2,686	40,0		100-200
0,075(0,123)	2,952-3,444-3,429	38,0		200-300
0,078(0,135)	3,125-3,083-3,047	36,0		300-400
0,084(0,145)	3,061-3,003-3,142	34,0		400-500
0,090(0,149)	3,310-3,336-2,737	30,0		500-600
0,101(0,148)	3,329-3,365-3,228	28,0		600-700
0,105(0,152)	2,120-1,984-1,847	26,0		700-800
0,115(0,159)	2,967-3,435-3,352	24,0		800-900
0,120(0,168)	3,121-3,384-3,017	22,0		900-1000

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Doğan Şenkal
Doğum Yeri ve Tarihi : Bursa / 26.10.1987
Yabancı Dili : İngilizce – Almanca

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Tophane Anadolu Teknik Lisesi 2001-2005

Lisans : Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi/Makine Öğr.

Yüksek Lisans: : Uludağ Üniversitesi Müh-Mim Fakültesi/Makine Müh.

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : Bosch AŐ. 2010-2011 – Bursa

İletişim (e-posta) : dogansenkal@hotmail.com