

**T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TAGUCHİ DENEY TASARIM YÖNTEMİ
KULLANILARAK SEMENTASYON ÇELİĞİNİN
TEĞETSEL SİLİNDİRİK TAŞLAMA YÖNTEMİ İLE
İŞLENMESİNDE KESME PARAMETRELERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mehmet SAĞLAM
112119105
Anabilim Dalı: Makine Eğitimi
Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Çetin ÖZAY
ELAZIĞ-2016**

**T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TAGUCHİ DENEY TASARIM YÖNTEMİ KULLANILARAK SEMENTASYON
ÇELİĞİNİN TEĞETSEL SİLİNDİRİK TAŞLAMA YÖNTEMİ İLE
İŞLENMESİNDE KESME PARAMETRELERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet SAĞLAM

112119105

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 22 Aralık 2015

Tezin Savunulduğu Tarih : 8 Ocak 2016

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Çetin ÖZAY (F.Ü)

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Vedat SAVAŞ (F.Ü)

Yrd. Doç. Dr. Mehmet ALTUĞ (İnönü.Ü)

OCAK-2016

ÖNSÖZ

“Taguchi Deney Tasarım Yöntemi Kullanılarak Sementasyon Çeliğinin Teğetsel Silindirik Taşlama Yöntemi ile İşlenmesinde Kesme Parametrelerinin Araştırılması”adlı Yüksek Lisans Tezi çalışmamın hazırlanmasında her konuda bilgi ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Çetin ÖZAY’a ve bu seviyeye gelmemde emeği geçen tüm hocalarıma saygı ve şükranlarımı sunarım.

Bu çalışmalarım boyunca kendilerine zaman ayıramadığım, bana katlanan ve sabreden bütün güzellikleri hak eden ve manevi desteğini esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

Mehmet SAĞLAM
ELAZIĞ – 2015

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	I
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET	IVV
ABSTRACT	VIII
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	VIII
TABLolar LİSTESİ	VIII
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	3
3.TAŞLAMA YÖNTEMİ VE TAGUCHİ DENEY TASARIMI	7
3.1. Taşlama	7
3.2. Taşlama çeşitleri	9
3.2.1. Düzlem Yüzey Taşlama.....	9
3.2.1.1. Yatay Düz Yüzey Taşlama	9
3.2.1.2. Düşey Düz Yüzey Taşlama	10
3.2.2. Silindirik Taşlama	11
3.2.2.1. Silindirik Dış Yüzey Taşlama	11
3.2.2.2. Puntasız taşlama	12
3.2.2.3. Silindirik İç Yüzey Taşlama	12
3.3. Taşlamada talaş kaldırmayı etkileyen faktörler	13
3.3.1. Taşlama Taşının Özellikleri	13
3.3.2. Malzeme ve Şekli	13
3.3.3. Kesme Hızı	15
3.3.4. İş Parçasının Hızı.....	15
3.3.5. Tabla İlerleme Hareketi	16
3.3.6. Talaş Derinliği	16
3.3.7. Temas Yüzeyi	17
3.3.8. Kesme Sıvısı.....	18
3.3.9. Taşlamada Bilmenin Etkisi.....	18
3.4. Silindirik Taşlama işleminde talaş kaldırma mekanizması	18
3.4.1. Talaş Kaldırma Olayı.....	18
3.4.2. Taşlama teorisi.....	19
3.5. Yüzey Pürüzlülüğü	21

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
3.5.1. Yüzey Pürüzlülüğünün Önemli Olduğu Durumlar.....	23
3.5.2. Yüzey Pürüzlülüğüne Etki Eden Faktörler.....	23
3.5.3. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçme Teknikleri.....	24
3.6. Titreşim	25
3.7. Talaş Kladırma Oranı.....	26
3.8. Taguchi Metodu.....	27
4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	28
4.1. Çalışmanın Amacı	28
4.2. Teğetsel Silindirik Taşlama Deneyleri.....	28
4.2.1. Deney Düzenekinin Tanıtılması.....	28
4.2.2. Deney Numunelerinin Hazırlanması ve Deney Düzenekine Bağlanması.....	30
4.2.3. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Malzemeler ve Taşlama Taşları.....	31
4.2.4. Deneysel Çalışmalarda Kullanılacak İşleme Parametrelerinin Belirlenmesi ve Planlanması.....	32
4.3. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümleri.....	35
5. DENEY SONUÇLARI VE İRDELEME	36
5.1. Teğetsel Silindirik Taşlama Deneylerinde Yüzey Pürüzlülüğünün İncelenmesi	36
5.1.1. AISI 8620 sementasyon çeliğinin Teğetsel Silindirik Taşlama Yöntemi ile İşlenmesindeki Deneylerin Sonuçları.....	37
5.1.1.1. Yüzey Pürüzlülüğü	37
5.1.1.2. Titreşim.....	42
5.1.1.3. Mrr.....	48
6. GENEL SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	56
6.1. Genel Sonuçlar.....	56
6.2. Öneriler	57
KAYNAKLAR.....	58

ÖZET

Taşılama işleminde genel olarak istenen amaç, işlenecek malzemenin istenen hassasiyet ve yüzey kalitesinde üretilmesini sağlamaktır. Taşılamının genel olarak talaşlı imalatla son işlem olması veya daha sonraki işlemlere iyi bir geçiş sağlaması bakımından parametre kombinasyonunun isabetli oluşturulması gerekir. Son yıllarda taşılama işleminde kesme parametrelerinin etkisi endüstriyel alanda kendisine önemli derecede yer bulmuştur.

Bu çalışmamızda Taguchi deney tasarım yöntemi kullanılarak sementasyon çeliğinin teğetsel silindirik taşılama yöntemi ile işlenmesinde kesme parametrelerinin ortalama yüzey pürüzlülüğü, titreşim ve talaş kaldırma oranı üzerindeki etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Kesme parametreleri olarak talaş derinliği, ilerleme hızı, kesici takım devri ve iş parçası parametrelerinin farklı seviyeleri kullanılmıştır.

Ayrıca yapılan deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçlar Anova varyans analizi yöntemi ve Minitab 15 paket programı ile istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda teğetsel silindirik taşılama yönteminin geleneksel silindirik taşılama yöntemine göre daha iyi ve daha pratik olduğu belirli üstünlükler getirdiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Teğetsel silindirik taşılama, Taguchi deney tasarım yöntemi, Yüzey pürüzlülüğü, Titreşim, Talaş kaldırma oranı (MRR).

Mehmet SAĞLAM

ABSTRACT

Investigation of Cutting Parameters in Processing of Cementation steel with tangential cylindrical grinding by using Taguchi Experimental Design Method

The general purpose of the grinding process is to provide the production of processed material in expected sensitivity and surface quality. It is necessary to product the combination of the parameters reasonably because of grinding is the last process in the machining or it provides a good transition to the next process. Recently, the effect of cutting parameters has an important role in the industrial area.

In this study, the effect of cutting parameters on the mean surface roughness, vibration and material removal rate were investigated in the process of AISI 8620 cementation steel via tangential cylindrical grinding method by using Taguchi 's design method. Different levels of depth of cut, axial feed rate, wheel speed and workpiece speed parameters were used as cutting parameters.

In addition, the obtained experimental results were evaluated statistically by using ANOVA variance analysis method and Minitab 15 software. The performed experiment Show that the tangential cylindrical grinding method has a lot of advantages over the conventional cylindrical grinding method.

Key Words: Tangential cylindrical grinding, Taguchi design method, Surface roughness, Vibration, Material removal rate

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 3.1. Metallerin Taşlama Taşı İle İşlenerek Taşlanması.....	8
Şekil 3.2. Kesme İçin Taşın Kendi Ekseni Etrafında Dönmesi.....	8
Şekil 3.3. Kesme İçin İşin Hareket Etmesi	8
Şekil 3.4. Yatay Düz Yüzey Taşlama.....	10
Şekil 3.5. Motor Bloklarının Taşlanması	10
Şekil 3.6. Silindirik Dış Yüzey Taşlama	11
Şekil 3.7. Boyuna ve Enine Dış Yüzey Taşlama.....	11
Şekil 3.8. Puntasız Taşlama İşlemi	12
Şekil 3.9. Silindirik İç Çap Taşlama İşlemi	12
Şekil 3.10. Taşlama İşleminde Tabla Hareketi	16
Şekil 3.11. Taşlama İşleminde Verilen Talaş Derinliği	17
Şekil 3.12. Taşlama İşleminde Verilen Talaş Derinliği.....	19
Şekil 3.13. Zımpara taşının tane açıları.....	19
Şekil 3.14 Yüzey pürüzlülüğünün üç boyutlu gösterilmesi ve yüzey profili	22
Şekil 4.1. Teğetsel silindirik taşlama deney düzeneği fotoğrafı	29
Şekil 4.2. Teğetsel silindirik taşlama yönteminde temas şekli	29
Şekil 4.3. . Deney numunelerinin fotoğrafı	30
Şekil 4.4. Deneysel çalışmalarda kullanılan taşlama taşı.....	32
Şekil 4.5. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı ve ölçüm düzeneği.....	36
Şekil 5.1. AISI 8620 sementasyon çeliğinin işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi.....	39
Şekil 5.2. AISI 8620 sementasyon çeliğinin işlenmesinde iş parçası devri ve eksenel ilerleme hızı parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi.....	40
Şekil 5.3. AISI 8620 sementasyon çeliğinin işlenmesinde taşlama taşı devri ve talaş derinliği parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi	40
Şekil 5.4. AISI 8620 sementasyon çeliğinin işlenmesinde işleme parametrelerinin S/N oranına etkisi.....	41
Şekil 5.5. AISI 8620 sementasyon çeliğinin işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne % olarak etkisi.....	42
Şekil 5.6. AISI 8620 Sementasyon Çeliği işleme parametrelerinin titreşime olan etkisi...	45

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 5.7. AISI 8620 Sementasyon Çeliğinin işlenmesinde taşlama taşı devri ve talaş derinliği parametrelerinin titreşime olan etkisi	46
Şekil 5.8. AISI 8620 Sementasyon Çeliğinin işlenmesinde eksenel ilerleme ve taş devri parametrelerinin titreşime olan etkisi.....	46
Şekil 5.9 AISI 8620 Sementasyon çeliğinin işlenmesinde işleme parametrelerinin S/N oranına etkisi.....	47
Şekil 5.10. AISI 8620 Sementasyon çeliğinin işleme parametrelerinin titreşim'e % olarak etkisi.....	49
Şekil 5.11. AISI 8620 Sementasyon Çeliği işleme parametrelerinin talaş kaldırma oranına etkisi.....	52
Şekil 5.12. AISI 8620 Sementasyon Çeliğinin işlenmesinde taşlama taşı devri ve talaş derinliği parametrelerinin talaş kaldırma oranına etkisi.....	53
Şekil 5.13. AISI 8620 Sementasyon Çeliğinin işlenmesinde taşlama taşı devri ve talaş derinliği.....	53
Şekil 5.14. AISI 8620 Sementasyon Çeliğinin işlenmesinde işleme parametrelerinin S/N oranına etkisi	54
Şekil 5.15. AISI 8620 Sementasyon Çeliğinin işleme parametrelerinin talaş kaldırma oranına % olarak etkisi	56

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 3.1. Taşlama taşının üzerindeki rakam ve harflerin anlamı.....	13
Tablo 4.1. AISI 8620 Sementasyon çeliğinin kimyasal analizi.....	31
Tablo 4.2. AISI 8620 Sementasyon çeliğinin mekanik özellikleri.....	31
Tablo 4.3. AISI 8620 Sementasyon çeliği ısıtıl işlem tablosu	32
Tablo 4.4. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Taşlama Taşının Özellikleri	32
Tablo 4.5. Deneysel çalışmalarda kullanılan parametreler	33
Tablo 4.6. AISI 8620 Sementasyon çeliğinin işlenmesinde kullanılan parametreler ve seviyeleri	34
Tablo 4.7. L ₁₈ ortogonal dizini	35
Tablo 5.1. AISI 8620 Sementasyon çeliğinin işlenmesi sonucu elde edilen yüzey pürüzlülükleri	38
Tablo 5.2. AISI 8620 sementasyon çeliğinin işlenmesinde yüzey pürüzlülüğü için her bir seviyedeki faktörlerin etkisi (S/N oranı)	41
Tablo 5.3. AISI 8620 sementasyon çeliğinin işlenmesinde elde edilen yüzey pürüzlülüklerinin ANOVA analizi.....	42
Tablo 5.4. AISI 8620 Sementasyon Çeliğinin işlenmesi sonucu elde edilen titreşim oranları.....	44
Tablo 5.5. AISI 8620 Sementasyon çeliğinin işlenmesinde titreşim için her bir seviyedeki faktörlerin etkisi (S/N oranı).....	47
Tablo 5.6. AISI 8620 Sementasyon çeliğinin işlenmesinde elde edilen titreşim değerlerinin ANOVA analizi.....	48
Tablo 5.7. AISI 8620 Sementasyon Çeliğinin işlenmesi sonucu elde edilen talaş kaldırma oranları AISI 8620 Sementasyon Çeliğinin işlenmesi sonucu elde edilen talaş kaldırma oranları.....	51
Tablo 5.8. AISI 8620 Sementasyon Çeliğinin işlenmesinde yüzey pürüzlülüğü için her bir seviyedeki faktörlerin etkisi (S/N oranı).....	54
Tablo 5.9. AISI 8620 Sementasyon Çeliğinin işlenmesinde elde edilen talaş kaldırma oranının ANOVA analizi.....	55

1. GİRİŞ

Endüstriyel alanda yapılan bilimsel çalışmalar sonucu yeni teknolojik işleme teknikleri geliştirilmektedir. Bu teknolojik gelişmeler sayesinde endüstriyel ürünlerin üretiminde kullanılan makine ve teçhizatla birlikte üretim yöntemleri de değişmekte ve bunun doğal sonucu olarak da üretilen ürünlerin maliyeti düşmekte ve kalitesi artmaktadır.

Gelişmekte olan işleme tekniklerinin kendine özgü işleme parametreleri vardır. Bu parametrelerin de işleme sırasında her birinin ayrı ayrı etkilerinin yanı sıra, birbirleriyle de etkileşimi de söz konusudur. Bu parametreler arasındaki ilişkiler iyi bilinmez ve değerleri doğru seçilmez ise yapılacak işlemin ne tür sonuçlar vereceğini tahmin etmek mümkün olmayacaktır. Gelişi güzel yapılan parametre seçimi, bir önceki ve bir sonraki işleme göre aynı değerde olmayacağından genellikle farklı sonuçlar verecektir. Bu durum imalat sanayiinde çözülmesi gereken büyük bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır.

Birbirine uygun parametreler seçilmediğinde kesici takım kırılması, kısa sürede aşınması ve yanması gibi ekonomik kayıpların yanında, iş parçasının bozulması, tekrar aynı işlemi gerektirecek derecede, iş parçası yüzey kalitesinin yetersizliği gibi yine ekonomik zarara ve ayrıca zaman kaybına sebep olacaktır.

Fazla üretimin yapıldığı alanlarda, düşük maliyetle ve makul sürede kabul edilebilir bir yüzey kalitesi elde edilmesi arzu edilir. Bu amaçla, yüzey pürüzlülüğüne etki edebilecek tüm parametrelerin araştırılması hem dönemin hem de gelecek için bir ihtiyaçtır. Bu parametreler, deneysel olarak işleme sırasında gerekli yüzey kalitesini elde etmek için kontrol edilebilir.

Genel olarak, malzeme yüzeyinin taşlanması için, birden fazla işlem kombinasyonunun birbirine uyumu gerekecektir, (örneğin; ideal kesme, yanal yer değiştirmeyle oluşan kazıma, iş parçasının hareketi, aşındırıcı taş, iş parçasının elastikliği, titreşim, vb.) çok sayıda kontrol edilebilen ve edilemeyen farklı parametreler taşlama işleminde etkili olacaktır[1,2].

Talaşlı imalat işlemlerinde (tornalama, frezeleme, vb.) üretilen iş parçası kalitesinin artırılması ve maliyetin düşürülmesine yönelik yapılan çalışmalarda kesme kuvvetlerinin tespiti ve analiz edilmesi önemli bir yer tutmaktadır (3,4). Kesme kuvvetleri, ısı oluşumu, takım ömrü, işlenen yüzeyin kalitesi ve iş parçasının boyutları üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Benzer şekilde kesme kuvvetleri taşlama işlemi esnasında da aynı etkilere sahip olmaktadır. Kesme kuvvetleri aynı zamanda takım tezgâhlarının, kesici takımların ve

gerekli bağlama kalıplarının tasarımında da önemli bir etkidir. Kesme kuvvetlerinin teorik olarak belirlenmesi için yapılan mühendislik hesaplamaları ile elde edilen değerlerin etkisi tam olarak tespit edilemeyen değişik faktörler ve çok yönlü gerilmeler nedeniyle çoğu zaman deneysel olarak ölçülen değerlere uyuşmadığı görülmüştür (5). Bu nedenle kesme kuvvetlerinin talaş kaldırma işlemleri üzerindeki etkisini iyi analiz edebilmek için bu kuvvetlerin daha doğru olarak tespit edilmesi gerekmektedir. Özellikle taşlama işlemi diğer talaşlı imalat işlemlerinden çok daha karışık olduğu için taşlama işlemlerinde kesme kuvvetlerinin deneysel olarak ölçülmesi daha da önem kazanmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, silindirik taşlama işlemlerinde en hızlı ve doğru olarak taş seçimini sağlamak, taşlama öncesi hazırlık süresini en aza indirmek, malzeme ve zaman israfını önlemek, kullanıcılara değişik seçenekler sunarak, yaklaşık olarak aynı sonuca gidecek çözümler üretmektir.

Bu çalışma, istenen sonuçların elde edilmesinde sunacağı değişik seçenekler ile üreticilerin ellerinde bulunan mevcut malzemelerin değerlendirilmesine ve işçinin yanılma payının en aza indirgenmesine yardımcı olacaktır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Yapılacak bu yüksek lisans tez çalışması ile ilgi bilimsel çalışmalar araştırılmış ve yeteri kadar çalışmanın olmadığı belirlenmiştir. Yapılan bu çalışmaların bazıları aşağıda özetlenmiştir.

S.K. Choudhury K.S. Mangrulkar, silindirik iş parçaların işlenmesinde farklı iş parçası ve kesici takım kesme hızlarında ayrıca farklı ilerleme ve talaş derinliği gibi kesme parametrelerde tornalama ile ortagonal tornalama-frezeleme işlemlerini kıyaslamışlardır. Yapılan çalışmalar neticesinde ortagonal tornalama-frezelemenin tornalama işlemine kıyasla daha iyi bir yüzey kalitesi elde edildiğini tespit etmişlerdir [6].

Susana K. Lia-Yuen ve Yuan- Shin Lee, eş eksenli olmayan iş parçalarının tornalama-frezeleme yöntemi ile işlenmesindeki takım yolunu ve maliyetini hesaplamaya çalışmışlardır. Yapılan çalışmalar sonucunda bu iş parçaların tornalama-frezeleme tezgâhı ile işlenmesinin klasik frezeleme ve tornalamaya göre daha ekonomik olduğunu belirlemişlerdir [7].

Vedat Savaş ve Çetin Özay geliştirdikleri yeni bir yöntem olan teğetsel tornalama-frezeleme işleminde kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini araştırmış ve optimum kesme parametrelerini belirlemişlerdir. Yapılan araştırmalar neticesinde elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerlerinin taşlama kalitesine yakın olduğunu tespit etmişlerdir [8,9].

Suzuki ve diğ. yüzey kalitesini artırmak ve yüzeyde oluşan mikro çatlak ve ısıl zararların giderilmesi için helisel taramalı taşlama yöntemi (HSG) diye adlandırdığı bir yöntem ortaya çıkarmışlardır. Bu yöntemin yüzey pürüzlülüğü açısından geleneksel silindirik taşlama yöntemine göre daha avantajlı olduğunu belirtmişlerdir[10].

Gavaş ve diğ. yapmış oldukları çalışmada dört farklı malzemenin helisel taramalı taşlama yöntemi (HSG) ile taşıyarak geleneksel silindirik taşlama yöntemi ile karşılaştırarak yeni yöntemin yüzey pürüzlülüğü ve yuvarlaklık üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Helisel taramalı taşlama yönteminin geleneksel silindirik taşlama yöntemine göre yüzey pürüzlülüğünü azalttığını belirlemişlerdir[11].

Choi ve arkadaşları, CBN ve alüminyum oksit taşlama taşları kullanarak kuru taşlama, basınçlı soğuk hava ve soğutma sıvısı kullanarak silindirik taşlama yapmışlardır. Taşlama yönteminde soğutma işleminin yüzey pürüzlülüğü ve artık gerilme üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Basınçlı havanın soğutma sıvısına göre yüzey pürüzlülüğünü azalttığını ifade etmişlerdir. Basınçlı soğuk havanın hızının artırılması ile artık

gerilmenin azaldığını belirtmişlerdir[12].

Jae-Seab ve diğ. yüzey yanıt yöntemi kullanarak sertleştirilmiş SCM440 çeliğinin silindirik taşlanmasında yüzey pürüzlülüğü ve taşlama kuvvetlerini araştırmışlardır. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda yüzey yanıt yöntemi ile elde edilen matematiksel modelin imalat öncesinde uygun taşlama şartlarının belirlenmesine yardımcı olacağını belirtmişlerdir[13].

Jae- Seab yapmış olduğu çalışmada taguchi ve yüzey yanıt yöntemlerini kullanarak taşlama parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ve talaş kaldırma oranı üzerindeki etkilerini belirleyip matematiksel modelini oluşturmuştur[14].

Hassui ve Diniz AISI 52100 çeliğinin taşlanmasında taşlama parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ve titreşim üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Ayrıca oluşan titreşim ile yüzey pürüzlülüğünün arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir[15].

Çetin Özay taguchi deney tasarım yöntemi kullanarak AISI 304 östenitik paslanmaz çeliğin malzemesini teğetsel silindirik taşlama yöntemi kullanarak işlemiştir. Yapılan bu çalışmada farklı kesme parametreleri kullanarak işlenmiş iş parçasının yüzey pürüzlülüğü değeri üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Ayrıca varyans analizi ile de analiz yaparak parametrelerin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etki oranlarını ve ideal kesme parametreleri belirlemiştir [16].

H.Demir., taşlama parametrelerinin etkilerinin belirlenmesi ile taşlama kuvvetleri ve bu kuvvetlerin etkisiyle oluşan mekanik ve ısı zararı en aza indirgeneceğini belirtmiştir [17].

Subramanian, taşlama işleminde, seramik birleştirmeli süper aşındırıcı taşların kullanımı ile, daha düşük maliyet, özdeş geometrik parçalar, daha iyi yüzey kalitesi ve daha az tolerans elde etmeye yönelik gereklilikler üzerinde araştırmalar yapmıştır [18].

Ercan F. ve Güllü A., “Taşlama işleminde taşın bilenmesi ve taşlama verimliliği ile ilgili bir araştırma yapmışlardır. Bileycinin tipi, geometrisi, bileme ilerlemesi ve kesme derinliği gibi, bileme parametrelerinin taşlama performansı üzerindeki etkisini incelemişlerdir [19].

Robert S. Hahn ve Richard P. Lindsay yapmış oldukları bir çalışmada taşlama işleminde iş parçası ve taş taneleri arasında üç ardışık işlem olduğu belirtilmiştir. Bunları sürtünme, kazıma ve kesme işlemleri olduğunu ifade etmiştir[20].

Salonitis ve diğ. yaptıkları çalışmada; taşlama ile sertleştirme işleminin, iş parçası yüzeyine uygulanan metalürjik değişim sırasında ortaya çıkan ısıdan yararlanma dayalı

olduğunu belirtmişlerdir. İşlem parametreleri ve taşlama taşı özelliklerinin ısı oluşumu üzerindeki etkilerinin incelenmesi için teorik bir model geliştirilmiştir [21].

Demir H. ve Güllü A. yapmış oldukları çalışmada taşlama işleminde yüzey pürüzlülüğü incelemiştir. Endüstride bazı makine parçalarının, ölçme aletleri, kızak hatları, miller, dişli çarklar, merdane, yatak bilezikleri gibi çeşitli makine parçalarının, yüzeylerinin belirli pürüzlülük sınırları içerisinde olması gerektiğini; bu yüzeylerin korozyona karşı dayanıklı olması için gerekli şartlardan birinin de taşlama işlemi olduğunu ifade etmişlerdir[22].

Srivastava, taşlanması işleminde kesmenin yanal yer değiştirmeyeyle oluşan kazıma, iş parçasının hareketi, aşındırıcı taş, iş parçasının elastikliği, titreşim gibi birçok işlemin oluşturduğu bir durum olduğunu belirtmiştir. Bu olayın oluşmasında kontrol edilebilen ve edilemeyen çok sayıda değişik parametrelerin etkili olduğunu belirtmiştir[23].

Thiagarajan C. ve diğ.. Al/SiC metal matrisli kompozitlerin silindirik taşlama işlemi ile işlenmesinde taşlama parametrelerinin taşlama kuvveti, yüzey pürüzlülüğü ve taşlama esnasında oluşan ısı üzerindeki etkisini araştırmışlardır[24].

Tetsuo, yapmış olduğu çalışmada taşlama işleminde aşındırıcı tane şekli ve aşınma arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Farklı açılara sahip koni biçimli taneler ve düzensiz biçimli tanelerden oluşan taşlama taşları kullanmıştır. İki farklı çelik malzeme üzerinde yapmış olduğu araştırmada taş keskinliğinin artması ile talaş kaldırma oranının arttığını ve taş aşınma oranının azaldığını belirtmiştir [22].

Sanjay A. ve diğ. seramik malzemelerin taşlanması talaş kalınlığı ile yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişkiyi incelemiştir[25].

Jirapatarasilp.; sertleştirilmiş AISI 4140 çeliğinin silindirik taşlama işleminde taşlama parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ve yuvarlaklık üzerindeki etkilerini araştırmışlardır.[26].

Kwak, taşlama işlemindeki geometrik hataların taşlama sisteminin rijitliği ve ısıl etkilerden oluştuğunu ifade etmiştir. Bu hataların azaltılmasında taşlama parametrelerinin doğru belirlenmesinin çok önemli olduğunu belirtmişlerdir[14].

Brambila O.G., ve diğ.; silindirik malzemelerde, taşlama işlemi sonucunda otlamanın oluştuğu andaki, otlama olayının meydana geldiği konum ve zamanı grafiksel çıktı olarak bilgi verebilen bir cihaz bulmuşlardır. Bu çalışmayı taşlama işleminde zaman-frekans analizi olarak isimlendirmişlerdir [27].

Sakakura M. ve diğ. silindirik taşlama işleminde kesme esnasında oluşan ısı dağılımını gösteren bir simülasyon programı geliştirmişler. Bu simülasyon programında deneysel çalışmalarda elde edilen verileri kullanılarak teğetsel taşlama gücünü hesaplamışlardır [28].

Jinyuan ve diğ. taşlama kuvvetlerinin talaş kaldırma kuvveti ve kayma kuvvetinden oluştuğunu belirtmişlerdir. Yüzey taşlamada taşlama kuvvetlerinin yeni bir matematiksel modeli geliştirilmişlerdir. Bu modelin etkinliği, deneysel ve teorik hesaplama sonuçlarının karşılaştırmışlardır [29].

Yapılan literatür araştırmasında teğetsel silindirik taşlama yöntemi ile ilgili yeterli çalışmanın yapılmadığı görülmüştür. Yapılan çalışmalarda genellikle taşlama işlemlerinde işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerine olan etkilerinin araştırıldığı görülmüştür. Bu çalışmada Taguchi deney tasarım yöntemi kullanılarak sementasyon çeliğinin teğetsel silindirik taşlama yöntemi ile işlenmesinde kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü, titreşim ve talaş kaldırma oranı üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Ayrıca Minitab 15 paket programı kullanılarak deneysel çalışmada elde edilen sonuçlar Anova varyans analizi kullanılarak analiz edilmiştir.

3. TAŞLAMA YÖNTEMİ VE TAGUCHİ DENEY TASARIMI

3.1. Taşlama

Taşlama, geometrisi belli olmayan aşındırıcı, bağ malzemesi ve boşluklardan oluşan taş denilen kesici vasıtası ile malzeme üzerinden çok ince talaş kaldırma işlemi yapan imalat yöntemlerinin son işlemidir. Bu nedenle diğer metal işleme şekillerinin çoğundan farklıdır. Bu işlemler metal kesme şeklindedir. Çünkü kesici alet birbirinden keskin kenarlar yardımıyla metal üzerinden parça kopararak çalışır. Taşlamada ise aşındırıcı taneler yardımıyla iş parçası üzerinden parça koparılır. Kesici takım üzerinde bulunan taneler düzenli şekle sahip değildir. Birbirine benzemeyen bu aşındırıcı taneler iş parçasının içine işleyerek birbirine benzeyen parçalar koparırlar.[1,2]

Taşlama süreci bilinen en eski üretim yöntemlerinden birisidir. Sürecin başlangıcı ahşap okların kaya üzerinde bilenmesiyle başlamıştır. Orta çağlarda su değirmeni tahrik öğütme taşları takım ve silah üretmek için kullanılmıştır. Leonardo Da Vinci'nin 1500 'lü yıllardaki çizimlerine rağmen, ilk taşlama taşı 19. Yy sonlarında üretilmiştir. Taşlamanın geçmişi incelendiğinde taşlama süreç evrimi yeni ve daha sert aşındırıcıların gelişmesi ile lineerdir. Evrim çakıldan, korundum gibi doğal oksitlere, buradan sentetik karbürlere doğru olmuştur[30].

Taşlama işlemi sonucunda 0,01 mm ile 0,002 mm arasında ölçü tamlığı ve 6,3 µm ile 0,05 µm ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri (Ra) elde etmek mümkündür [2].

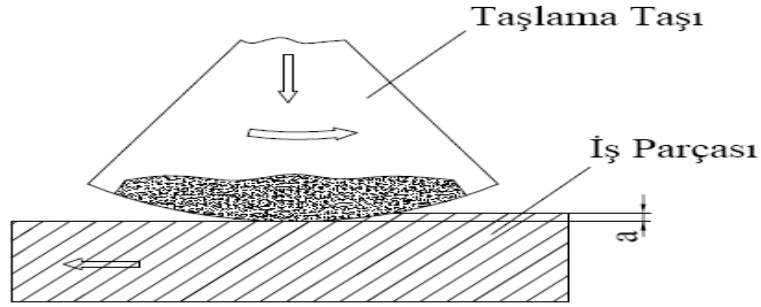
Taşlamacılık, iş parçası yüzeylerinde yüksek ölçü tamlığı ve düşük yüzey pürüzlülüğü sağlaması yönünden endüstride büyük önem taşır. Hassas makine parçalarının üretimi, öncelikle çeşitli takım tezgâhlarında işlenerek belirli bir ölçüye getirilir; sonra tamamlama işlemi olarak, taşlama işlemi yapılarak gerçekleştirilir.

Taşlamanın, endüstriyel üretimde sağladığı üstünlükler şunlardır:

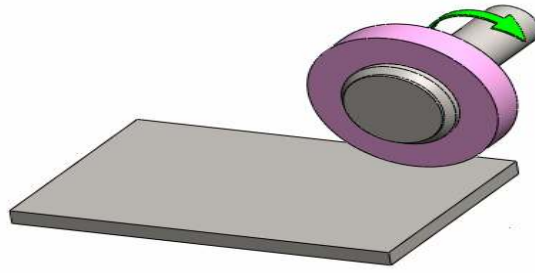
- Yüksek ölçü tamlığı
- Üstün yüzey kalitesi
- Sertleştirilmiş parçaların işlenebilmesi
- Birlikte çalışacak parçaların alıştırılması kolaylığı
- Diğer takım tezgâhlarında işlenemeyen parçaların işlenebilmesi
- Üretimde serilik
- Alet ve takım bileme vb [31].

Taşlama aşağıda belirtilen üç değişik hareketin aynı zamanda bir araya gelmesiyle gerçekleşir.

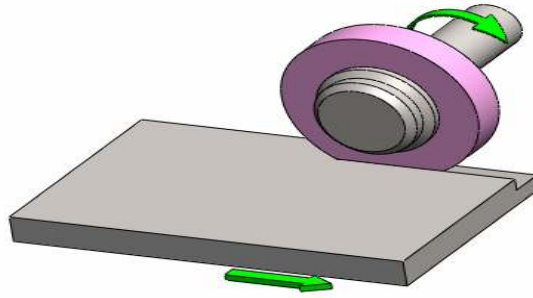
Taşlamada, metallerin taşlama taşı ile taşlanarak işlenmesi (Şekil 3.1), taşlama taşının kendi ekseninde dairesel dönme hareketi yaparken (Şekil 3.2), kesme için iş parçasının hareket etmesi (Şekil 3.3); bu sırada iş parçası da taşlama taşına doğru ilerleyerek kesmeyi kolaylaştırır [32].



Şekil 3.1. Metallerin Taşlama Taşı İle İşlenerek Taşlanması



Şekil 3.2. Kesme İçin Taşın Kendi Ekseninde Dönmesi



Şekil 3.3. Kesme İçin İşin Hareket Etmesi

Kesme hareketleri denilen dönme, dalma(enine) ve ilerleme(boyuna) hareketleri, birbiriyle bağlantılı olarak mekanik bir sistem içinde birleştirilerek taşlama tezgâhları oluşturulur.

3.2. Taşlama çeşitleri

Taşlama işlemleri yapılış şekillerine göre çok değişik guruplara ayrılmaktadır.

Genel hatları ile bunlar;

1. Düzlem Yüzey Taşlama,
 - a. Yatay Düzlem Yüzey Taşlama,
 - b. Dikey Düzlem Yüzey Taşlama,
2. Silindirik Taşlama,
 - a. Dış Yüzey Taşlama,
 - b. Puntasız Taşlama
 - c. Silindirik İç Yüzey Taşlama

Bu işlemlerin uygulandığı iş parçasının biçimleri, genellikle ya silindirik ya da düzlem yüzey şeklindedir. Bu nedenle, taşlama çeşitlerini silindirik ve düz yüzey taşlama olarak üzere iki grup altında toplamak mümkündür.

3.2.1. Düzlem Yüzey Taşlama

Düzlem yüzey taşlama yöntemi ile yatay ve dik alın yüzeyler taşlanır. Bu tür taşlama, dönen bir taşlama taşının altından, tablaya bağlanmış bir iş parçasının geçirilmesiyle gerçekleşir. Taşlama işlemleri yatay ve düşey taşlama olmak üzere iki değişik şekilde yapılır. Yatay ve düşeyliği, taş milinin konumunu belirtir.

3.2.1.1. Yatay Düz Yüzey Taşlama

Bu tür taşlama iki değişik şekilde yapılır. Birinci türde iş enine ve boyuna; taş ise yatay konumda kendi eksenini etrafında dönerken enine ve boyuna ilerleme hareketinde bulunur. İşin bağlandığı masa düzdür. İkinci türde ise, döner tabla üzerine bağlanan iş kendi eksenini etrafında dönme; taş, yatay konumda dönme ve boyuna ilerleme hareketi yapar. Aynı yöntemlerle, yatay konumlu iş parçalarının alın yüzeyleri; biçimli parçaların biçimli yüzeyleri de taşlanabilir.



Şekil 3.4. Yatay Düz Yüzey Taşlama

3.2.1.2. Düşey Düz Yüzey Taşlama

Bu yöntemle taş mili yatay düzleme göre dik konumdadır. İş, ya yatay konumda boyuna ilerleme yapar ya da kendi eksenini etrafında döner; taş ise dönme ve dikine ilerleme hareketinde bulunur.

Şekil 3.5 'te görüldüğü gibi silindirik kapakları, manifoldlar, volan ve baskı plakaları ve motor bloklarının temas yüzeyleri bu yöntemden yararlanılarak taşlanır [33].



Şekil 3.5. Motor Bloklarının Taşlanması

3.2.2. Silindirik Taşlama

Silindirik taşlama işlemi dairesel kesitli bir parçanın iç ve dış yüzeylerine yine silindirik bir taşlama taşı ile taşlanarak işlenmesi yöntemidir. Mil, pim, kovan, merdane gibi silindirik, konik, profil, küresel vb. makine parçalarının iç ve dış yüzeyleri silindirik taşlama yöntemi ile taşlanır.

3.2.2.1. Silindirik Dış Yüzey Taşlama

Boyuna taşlama yönteminde iş parçası ve taşlama taşının hareket sistemine göre iki çeşittir. Birincisi iş parçası, kendi ekseninde dönerken, aynı zamanda boyuna ilerleme hareketi yapar. Taşlama taşı ise, kendi ekseninde sabit bir devirle dönerken işe doğru ilerler. Piston ve supap taşlama tezgâhları bu tür taşlama yöntemine göre çalışır [33,35].



Şekil 3.6. Silindirik Dış Yüzey Taşlama

İkinci durumda ise; taş kendi ekseninde dönerken, aynı zamanda boyuna ve enine ilerler; iş parçası ise yalnız kendi ekseninde döner. Krank ve kam mili taşlama tezgâhları bu hareket sistemine göre çalışır[33].



Şekil 3.7. Boyuna ve Enine Dış Yüzey Taşlama

3.2.2.2. Puntasız taşlama

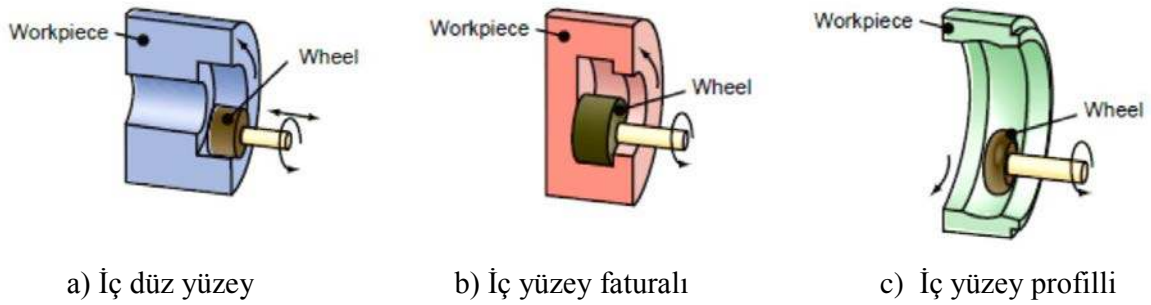
İş parçası bağlanmadan, bir sevk yatağı üzerinde, iki değişik çaplı taş arasından geçirilerek yapılan silindirik taşlama işlemidir. İş parçası dönme hareketini kesici taştan, boyuna ilerleme hareketini ise sevk taşından alır. Şekil 3.8’da bu hareketler görülmektedir.



Şekil 3.8. Puntasız Taşlama İşlemi

3.2.2.3. Silindirik İç Yüzey Taşlama

Bu yöntemle düz silindirik, konik ve biçimli deliklerle kör deliklerin iç yüzeyleri ve alın kısımları taşlanır. Şekil 3.9’da silindirik iç yüzey taşlama örnekleri görülmektedir.



Şekil 3.9. Silindirik İç Çap Taşlama İşlemi

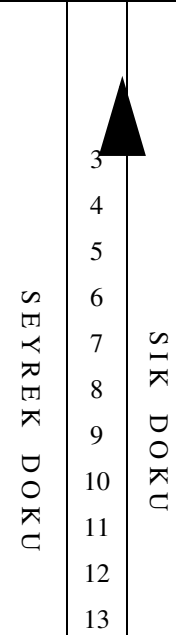
3.3. Taşlamada talaş kaldırmayı etkileyen faktörler

Taşlama işlemine etkileyen faktörleri aşağıdaki gibi belirtmek mümkündür.

1. Taşlama Taşının Özellikleri
2. Malzeme ve Şekli
3. Kesme Hızı
4. İş Parçasının Hızı
5. Tabla İlerleme Hareketi
6. Talaş Derinliği
7. Temas Yüzeyi
8. Kesme Sıvısı Kullanma Durumu
9. Taşlama İşleminde Bilemenin Etkisi

3.3.1. Taşlama Taşının Özellikleri

Tablo 3.1. Taşlama taşının üzerindeki rakam ve harflerin anlamı.

EKR	60	K	7	V	2
Aşındırıcı	Kum Tane Büyüklüğü	Sertlik	Doku	Bağlayıcı	Sembol
NK(Normal Korund)	Kaba 8-4	Çok Yumuşak E-F-G		Ke-Seramik	Üçer
EKR/AR(AsilKorund) (Pembe)	Orta 30-60	Yumuşak H-I-J-K		B-Bakalit	Bağlayıcı
EKW/AW(AsilKorund) (Beyaz9	İnce 70-80-100	Orta L-M-N-O		Gu-Lastik	Sembol
EKDR/ADR(Vişne)	Çok İnce 120-240	Sert P-Q-R-S		-----	-----
HK(Yan Korund,Mix)	Ekstra İnce 280-1200	Çok Sert T-U-V-W		-----	-----
SCG/CG Silisyum Karbür (Yeşil)	-----	Son Derece Sert X-Y-Z		-----	-----
SC/CD Silisyum Karbür (Siyah)	-----	-----		-----	-----

Taşlamada taşlama taşının uygunluğu büyük önem taşır. Bu nedenle, taş seçimine gerekli özen gösterilmelidir. Taşlamaya etkileyen taşlama taşının özellikleri, kesici

tanelerin cinsi, sertliği ve dokusudur. Taş seğıiminde, aşığıda belirtilen hususların göz önünde bulundurulması gerekir.

Kesme sırasında körlenene taneler yerlerinden koparak ayrılır. Taneleri kolayca kopan taşlar yumuşak, zor kopanlar ise sert taşlardır. Taş seğıiminde, taşın sertliği, gerecin cinsine ve biçimine göre belirlenir. Genellikle sert gereçler için yumuşak; biçimli yüzeyler için, aynı gereçten yapılmış profilsiz parçalara kıyasla yumuşak taşlar seğıilir. Pirinç, alüminyum ve bakır alaşımları gibi yağ tutma özelliği olan ve benzeri yumuşak gereçlerin taşlanması iri taneli ve seyrek dokulu taşlar kullanılır.

Taşlamada, kaba yüzey kalitesi için kaba, ince yüzey kalitesi için de sık dokulu taşlar kullanılmalıdır. Körlenmiş taşlarla işlem yapılmamalıdır. Bu tür taşlarla istenen ölçü tamliğı ve yüzey kalitesi sağlanamaz. Kaba taneli taşların iş yüzeyine basıncı, ince taneli taşa göre daha fazladır. Bu yüzden kesme alanında ısı artar; taşın dokuları çabuk dolar; körlenene tanelerin dökülmeleri ve kesme zorlaşır. Körlenene taşların yüzeyinde parlaklık ve kayganlık görülür [33].

Taşın özellikleri, taşlama işleminde ısı dağılımını kesinlikle etkiler. Malzemeye ısı akışını artırabilmek için taş seğıiminde ısı iletkenliğinin kötü olmasına dikkat edilmelidir[35].

Aşındırıcı malzemelerin en önemli özellikleri ise sertlikleridir. Aşındırıcı malzemenin sertlik derecesi, taşın kesme kalitesini belirleyen en önemli unsurlardan biridir [31].

Zımpara taşlarını oluşturan değışik ölçü ve biçimdeki aşındırıcı kristal parçacıklara tane denir. Bu tanelerin boyutlarını belirleyen değıerlere ölçü denir. Aşındırıcı bloklar, özel değıirmenlerde öğütölerek standart ölçöleri belirten eleklerden geçirilir. Taneler kaba, orta, ince, çok ince ve toz olarak genel bir sınıflandırma ile değıerlendirilmektedir[31].

Zımpara taşlarını oluşturan tanelerin taş üzerinden sökülebilme özelliğine veya taneleri birleştiren birleştirme maddesinin taneleri bırakıp bırakmama özelliğine göre tanelerin birbirine olan bağılantı kuvvetine sertlik denir. Bir başka değıişle zımpara taşının sertliği, birleştirme maddesinin aşındırıcı taneleri tutma direncidir. Zımpara taşlarının sertliği ve yumuşaklığı alfabetik sıraya göre belirlenmiştir. Zımpara taşlarının sertlikleri büyük harflerle ifade edilmektedir. Alfabetik sıraya göre “A” en yumuşak zımpara taşını, “Z” ise en sert zımpara taşını belirtmektedir [31].

Zımpara taşlarını oluşturan aşındırıcı tanelerin birbirine olan uzaklık veya yakınlıklarına (tane aralıklarına) taşın dokusu veya yapısı denir. Seyrek dokulu taş,

gözenekleri geç dolacağı için uzun süre keskinliğini korur. Taş ve iş parçası çok az ısınır. Bu taşlar, kaba işlemlerde kullanılır. Sık dokulu taşlar ise çabuk aşınmaz. Gözenekleri çabuk dolacağı için sık sık bilenmelidir. Bu taşlar, hassas ve ince işlemlerde kullanılmaktadır [31].

3.3.2. Malzeme ve Şekli

Malzemenin cinsi, iş parçasının şekli, hem taş seçimi ve hem de talaş debisi üzerine etkin olur. Sert gereçlerin taşlanması seçilen taşlama taşı, yeterli talaş debisi ve yüzey kalitesi sağlayabilecek nitelikli olmalıdır. Sertleştirilmiş yüzeyler kesilmeye karşı fazla direnç gösterirler. Bu yüzeylerden yeterli talaş kaldırabilmek için seçilecek taşın küçük taneli, sık dokulu, yumuşak olması ve aynı zamanda taşın çevre hızının artırılması, talaş derinliği ile ilerleme miktarının azaltılması gerekir.

İş parçasının biçim ve kalınlığı, işin, taşa karşı göstereceği direnç ve rijitliği üzerine etkin olur. İş parçası ne kadar rijit olursa, kesme baskısı, talaş derinliği ve talaş debisi o derece artırılabilir. Aksi hallerde, taşlama süresi artacağı gibi, yüzey kalitesi de beklenen derecede gerçekleşmez. Bu nedenlerle, taşın seçiminde işin rijitlik derecesi de dikkate alınmalıdır [33].

3.3.3. Kesme Hızı

Kesme hızı, taşlama taşının kesme gücünü etkiler. Bu hız, taşın çapı ve devir sayısına bağlı olarak büyür ya da küçülür. Zamanla aşınan taşın çapı küçüldüğünden taşın kesme hızı azalmaya başlar. Küçülen taş çapına karşılık kesme hızına sabit tutmak için, ya daha büyük çaplı taş kullanılır ya da taşın devir sayısı artırılır. Küçülen taş çapına karşılık kesme hızına sabit tutmak için taşa verilecek devir sayılarını belirlemede bazı tezgâhlar üzerine konulmuş olan diyagramlardan da yararlanılır [33, 35].

Bir taşın sertlik etkisi (dinamik sertliği) kesme hızı yükseldikçe artar, düştükçe azalır ve yumuşar. Düşük çevre hızlarında taşın aşınması artar, yüzey kalitesi bozulur. İyi bir yüzey kalitesi, küçük ilerleme ve talaş derinliği, yüksek kesme hızı ve uygun taşlama taşı ile sağlanır.

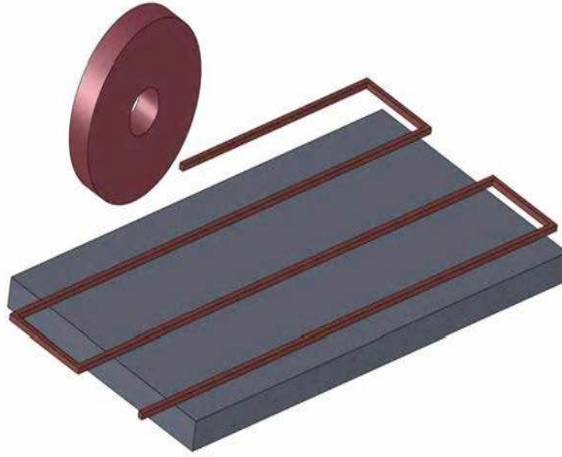
3.3.4. İş Parçasının Hızı

Normal bir kesme için taşlama taşının hızı ile iş parçasının hızı arasında uygun bir oran bulunmalıdır. Bu oran, taş yüzeyinde kesici tanelerin kırılmasını ya da yerlerinden kopmasını sağlayan kuvvetleri belirler. Genellikle iş parçasının hızı ayarlanarak bu oran

korunur ve taşta kendiliğinden bir bilenme etkisi elde edilir. İş hızı, taş hızına göre dengesiz bir şekilde artırıldığında taşın dinamik sertliğı azalacağından (yumuşak etki yapacağından), taş daha çabuk aşınır [33].

3.3.5. Tabla İlerleme Hareketi

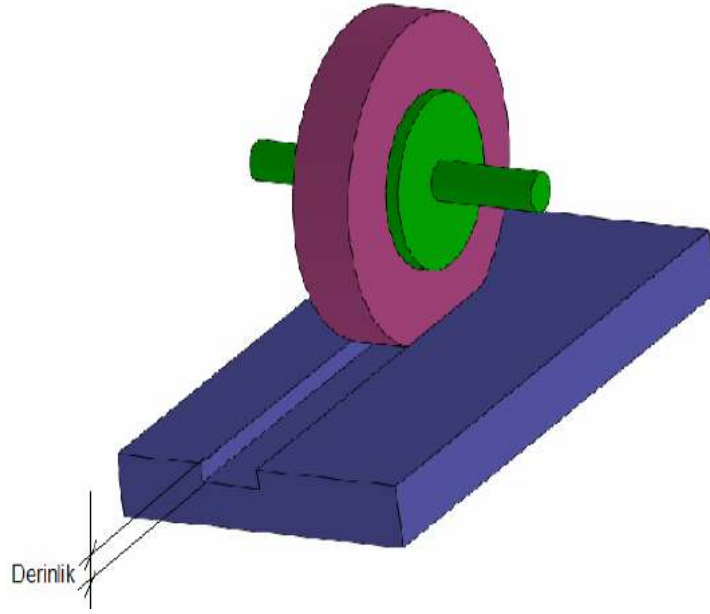
Tabla hareketi ile sağlanan taşlama işlemlerinde, tabla hareketi, taş ve iş hızları ile uyumlu olmalıdır. Tabla ilerlemesi, şekil 3.8’de gosterilmektedir. Kaba taşlamada, iş parçasının her dönüşünde taş genişliğinden biraz az hareket edecek şekilde ayarlanmalı; ince taşlamada ise, aynı ayar korunarak iş parçasının hızı artırılmalıdır [33].



şekil 3.10. Taşlama İşleminde Tabla Hareketi

3.3.6. Talaş Derinliğı

Talaş derinliğı (şekil 3.9) kesiciye bir defada verilen iş dalma miktarıdır. Taş ve iş parçasının hızı doğru seşilmiş, taşın tane büyüklüğü ve sertliğı de uygun ise, verilecek talaş derinliğı, tezgâhın gücüne, iş parçası malzemesi ve biçimine göre değişir.



Şekil 3.11. Taşlama İşleminde Verilen Talaş Derinliği

Talaş derinliği, yumuşak ve düz yüzeylere kıyasla sert ve biçimli yüzeyler için daha az seçilmelidir [33]. Sabit hızla yüzey taşlamada, özellikle dengeli talaş kalınlıklarında talaş derinliği ile özgül talaş kaldırma hızı orantılıdır. Bu nedenle talaş derinliği fazla olan işlemlerde daha büyük kuvvetler ve daha büyük ısı ortaya çıkmaktır [33].

3.3.7. Temas Yüzeyi

Taşlama taşının metaller üzerinden talaş kaldırarak almış olduğu yol, taş ve iş parçasının temas yüzeyini oluşturur. Temas yüzeyinin büyüklüğü, iş ve taş çapına bağlı olarak değişir. İnce ve uzun bir talaş, kısa ve kalın bir talaşa göre daha az bir kesme basıncı ister. Bu nedenle, daha büyük çaplı parçalar uzun talaş kaldırılarak taşlanırsa, taşlama taşı daha sertleştirilmiş gibi etki eder ve daha geç aşınır. Temas yüzeyinin değişmesi taşın sertliğini de etkiler. Sözelimi, çanak ya da silindirik taşlarla yapılan düz yüzey taşlamada, silindirik ya da düz taş ile yapılan düzlem taşlamaya göre daha büyük temas yüzeyi oluşur. Temas yüzeyi büyüdükçe daha yumuşak taş kullanılmalı, ısıyı azaltmak için talaş boşluğu artırılmalıdır. Talaş boşluğu, kaba taneli, büyük gözenekli ya da her ikisini içeren taşlar kullanılarak artırılır [33,34].

3.3.8. Kesme Sıvısı

Taşlama işlemleri ya kuru ya da ıslak yapılır. Kuru taşlamada, kesme alanında oluşan ısı, hava, taş ve iş parçası aracılığı ile dağılır. Bu tür taşlama, genellikle fazla ısı oluşturmeyen bileme ve taşlama işlemleri için uygundur.

Islak taşlamada ise, oluşan yüksek ısının etkisini azaltmak için uygun bir soğutma sıvısı kullanılır. Günümüzdeki yüksek devirli taşlama tezgâhlarının hemen hepsinde de soğutma sıvısı kullanılmaktadır. Soğutma yapılmadığında ya da yetersiz olduğunda, taş üzerinden kopan parçalar, fazla ısı karşısında pişerler ve macun oluşturarak gözenekleri tıkarlar. Bunun sonucu, taşın kesme özelliği azalır; iş yüzeyi pürüzlü çıkar; ayrıca, fazla sıcaklık iş parçasında çarpıklıklara ve ölçüm hatalarına da neden olur [33,35].

3.3.9. Taşlamada Bilmenin Etkisi

Çelik veya diğer sert malzemelerden talaş kaldırmak, kullanma süresine bağlı olarak kesme takımlarının (aşındırıcıların) ömrünü kısaltmaktadır. Kullanılan kesicilerin kesici uçları, her talaş kaldırmasında aşınarak kesme kabiliyetini biraz daha kaybetmekte ve buna bağlı olarak talaş kesiti küçülmektedir.

Mc.Farland ,Bailey tarafından yapılan bir çalışmada düzenli taş bileme aralığı ve derinliğinin kararlaştırılmasına sistematik bir yaklaşım getirilmiştir[36].

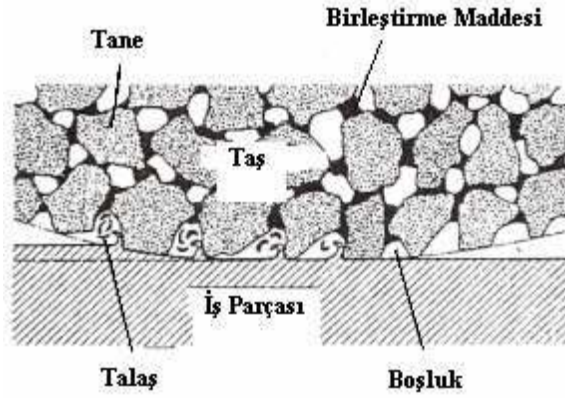
Taş yüzeyine gelen kuvvetleri ve bilenmiş yüzeylerin topografyasını ölçmek için sensörler kullanılmıştır.

Bir taşlama işleminde, taşın körelmesinden dolayı bitirme yüzeyi kalitesi istenen sınırı aşmadan taş bilenmelidir.

3.4. Silindirik Taşlama işleminde talaş kaldırma mekaniği

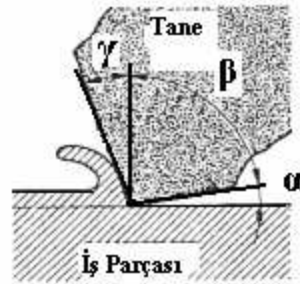
3.4.1. Talaş Kaldırma Olayı

Taşlamada talaş kaldırma olayı, dişler yerine çok sayıda abrasif tanecikler düşünülürse, frezeleme işlemine benzetilebilir. Taneciklerin kaldırmış olduğu talaş miktarı mikron cinstedir; ancak çok sayıda tanecik olduğunda kaldırılan talaş miktarı artmaktadır. Taşlamada elde edilen yüksek yüzey kalitesi, kaldırılan talaşın çok küçük ve kesme hızının çok büyük olmasına bağlıdır [37].



Şekil 3.12. Zımpara taşının aşındırma (kesme) etkisi.

Tüm kesici aletlerde olduğu gibi taşın kesici tanesinde de talaş açısı (γ), kama açısı (β) ve boşluk açısı (α) bulunmaktadır. Şekil 3.13. 'de görüldüğü gibi zımpara taşının tane açıları bulunmaktadır. Taneler iş parçası üzerinden talaş kaldırır. Çıkan talaşlar taşın gözeneklerini tam doldurmadan, tanelerin kopması ile yeni taneler ortaya çıkarlar ve taşlama böylelikle gerçekleşir. Taşlama sırasında ısınan talaşlar macunlaşarak gözenekleri dolduracaklardır. Ancak iş parçası ile birlikte taş da aşınacağından ve bileme işlemi ile gözenekleri boş olan noktalarda yeni taneler çıkarak, talaş kaldırma işlemi süreklilik kazanmaktadır[38]. Bu durumda oluşan yüzey kalitesini artırmakta ve oluşan ısıyı azaltmaktadır.



Şekil 3.13. Zımpara taşının tane açıları.

3.4.2. Taşlama teorisi

Taşlamanın en önemli özelliği, frezelemede olduğu gibi talaş kalınlığının değişken olmasıdır. Talaş kaldırma olayı da frezeleme işlemine benzemektedir. Punta arası silindirik taşlamada, hareketlerini tezgâhın kinematik sisteminden alan taş ve iş parçası aynı yönde dönerler. Ancak kesme hareketi taşın hareketidir; dolayısı ile kesme hızı taşın çevresel

hızdır. İlerleme hareketine gelince, bu hareket boyuna ve daldırmalı taşlama olmak üzere iki şekilde gerçekleşir. Taş parçaya talaş derinliği kadar daldırıldıktan sonra iş parçasına boyuna hareket verilir.

Bu koşullar göz önüne alınarak bir taneciğin silindirik taşlamada kaldırdığı talaşın ortalama kalınlığı, dış silindirik taşlamada

$$h_m = \frac{v_p}{v_s} \lambda_{ke} \sqrt{a \left(\frac{1}{D_s} + \frac{1}{d} \right)} \quad (3.1)$$

Şeklinde ifade edilir. Burada h_m = ortalama talaş kalınlığını, v_p = iş parçasının çevresel hızını, v_s = taşın çevresel hızı, a = kesme derinliği, D_s =taşın çapı, d = iş parçası çapıdır. λ_{ke} ise taneler arası ortalama efektif mesafeyi verir.

Kesme hızını oluşturan taşın çevresel hızı,

$$v_s = \frac{\pi * D_s * n_s}{60 * 1000} \left[\frac{m}{s} \right] \quad (3.2)$$

İş parçasının çevresel hızı,

$$v_p = \frac{\pi * d * n_p}{60 * 1000} \left[\frac{m}{s} \right] \quad (3.3)$$

Veya

$$q = \frac{v_s}{v_p} \quad (3.4)$$

İfadesi kullanılarak taşın ve iş parçası çevresel hızlarının hesaplanması sağlanabilir. Yukarıdaki denklemlerde n_s = taş devir sayısını, n_p = iş parçası devir sayısını ve q = taşın kesme hızı ile iş parçası çevresel hızı arasındaki oranı ifade etmektedir.

Talaş kaldırma olayında çevresel hızların hesaplanmasında malzeme taş cinsi ve taşlama yöntemine göre gerekli değerler tablo haline getirilmiştir [37].

Taşlama işleminde toplam kesme derinliği,

$$a_{top} = \frac{d - d_1}{2} \quad (3.5)$$

Şeklinde hesaplanır. Bu derinlikler kaba taşlama (a_{ktop}) ve ince taşlama (a_{itop}) için

$a_{ktop} = (0,6 \dots 0,8) a_{top}$; $a_{itop} = (0,4 \dots 0,2) a_{top}$ olarak alınır.

Bir pasoya karşılık gelen kesme derinlikleri ise; kaba taşlamada (a_k) ve ince taşlamada (a_i) ve paso sayıları da kaba taşlamada (i_k) ve ince taşlamada (i_i)

$$i_k = \frac{a_{ktop}}{a_k} ; \quad (3.6)$$

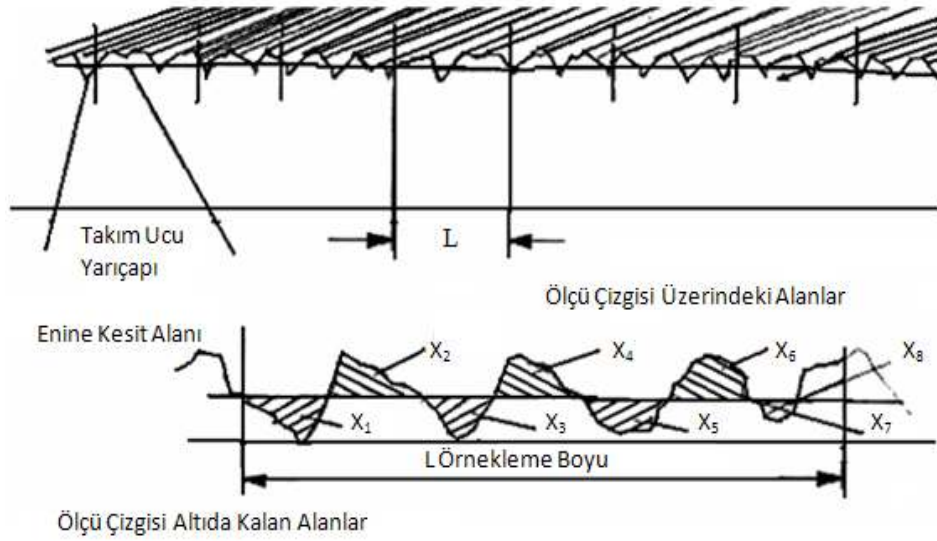
$$i_i = \frac{a_{itop}}{a_i} \quad (3.7)$$

şeklinde tayin edilir.

Taşlama işlemin verimli bir şekilde gerçekleşmesi için yukarıda verilen hesaplamalar dikkate alınmalıdır [37].

3.5. Yüzey Pürüzlülüğü

Yüzey kalitesi, parça yüzeyinde genellikle kesici takımın bıraktığı izlerden ve baskılardan meydana gelir. Yüzey kalitesi; kabalık, dalgalık, izler ve hatalar olmak üzere dört elemandan oluşmaktadır. Yüzey pürüzlülüğü Şekil 3.14.'de görüldüğü gibi bir takım girinti ve çıkıntılardan meydana gelmektedir. Ölçme tekniğinin gelişmesiyle bu düzgünsüzlük kolayca ölçülebilmektedir. Ayrıca bu tekniğe uygun olarak yüzey pürüzlülüğünü objektif bir şekilde ifade eden ve uluslararası kabul edilen bir sistem geliştirilmiştir. Bu sisteme göre pürüzler, yüzeylere dik olan kesite göre belirlenir. Bu kesitte numune uzunluğu boyunca pürüzlerin şeklini gösteren profilin ortalama çizgisine göre ortalama sapmaları tayin edilir. Şekil 3.14. profil ile ortalama çizginin üstünde ve altında kalan alanların toplamı birbirine eşit olmak üzere bu çizginin yeri tayin edilir.



Şekil 3.14. Yüzey pürüzlülüğünün üç boyutlu gösterilmesi ve yüzey profili

Yüzey pürüzlülüğü, profilin aritmetik ortalama yüksekliğidir ve R_a ile gösterilir. Böylece referans olarak profilin ortalama çizgisi alınır, yüzey pürüzlülüğü;

$$R_a = \frac{1}{L} \int |x| dx \quad (3.8)$$

veya

$$R_a = \frac{|X_0| + \dots + |X_n|}{n} \quad (3.9)$$

bağıntısı ile ifade edilir. Burada X_0 , X_n geometrik ortalama pürüz yükseklikleri ve n ise numune uzunluğuna tekabül eden pürüz sayısıdır [39].

Yüzey yapısındaki profil için en önemli ölçme tekniği mekanik-elektronik pürüzlülük ölçme aygıtı kullanılmakta olup, küçük radiüslü elmas uçlu iğnenin, talaşlı olarak işlenmiş yüzey çizgileri üzerinden geçmesi esnasında yüzey profilinden alınan pürüzlülüğü okuyarak çıktı olarak gösterir. En genel olan standart elmas iğnenin eğrilik yarıçapı $10 \mu m$ 'dir. Ancak araştırmalarda $2,5 \mu m$ kadar küçük radiüslü iğne uçları da kullanılmaktadır. Her zaman $0.8mm$ genişliğinde işlenmiş yerde uygulanabilir. Toplam iğne yer değiştirme mesafesi genellikle işleme genişliğinin 20-60 katı kadardır. Elektronik devreli aygıtlar ile kesilme genişliği üzerinde sürekli olarak ortalama değerler okunur. Elektronik yüzey ölçme aygıtları genellikle pürüzlülüğü gösterirken yüzeyin fiziksel karakteristiğini göstermezler[39].

Yüzey kalitesine etki eden birçok faktörler bulunmaktadır. Parçanın talaşlı imalatı sırasındaki kesici takım hatalarına ve kesme esnasındaki meydana gelen titreşime bağlı

olarak iş parçasının yüzeyinde geometrik hatalar meydana gelir. Kesici takım hataları, kesici ağızların eksenel ve radyal olarak hatalı yerleştirilmesi, kesici ağızların kesme esnasında kesme kuvveti etkisi altında şekil değiştirmesi ve takım aşınması olarak karşımıza çıkar. Freze tezgâhlarında kesici takımın dönme eksenindeki açıdan dolayı eksantriklik hatası meydana gelir. Bu hata işlenen yüzeyde iç veya dış bükeylik meydana getirir. Bütün bu hatalar beraberinde işlenen yüzeylerin pürüzlü çıkmasına ve yüzey kalitesinin kötüleşmesine neden olmaktadır. Talaşlı imalat esnasında meydana gelebilecek hataları ortadan kaldıracı için imalat öncesi kontrollerin çok iyi yapılması gerekir[40, 41].

3.5.1. Yüzey Pürüzlülüğünün Önemli Olduğu Durumlar

Yüzey pürüzlülüğü birçok alanda önemli bir parametredir. Bunların bazıları şu şekilde sıralanabilir:

- Sürtünmeli yataklar,
- Korozyon ortamında çalışan parçalar,
- Yuvarlanmalı yataklar,
- Boyanmış ve kaplanmış yüzeyler,
- Sızdırmazlık yüzeyleri,
- Plastik enjeksiyon kalıp yüzeyleri,
- Masterlar vb. [42].

3.5.2. Yüzey Pürüzlülüğüne Etki Eden Faktörler

Talaşlı imalat esnasında yüzey pürüzlülüğüne etki eden parametreler şunlardır:

- Takım tezgâhının rijitlik durumu,
- Yataklama sisteminden kaynaklanan hatalar,
- Takım tutucu rijitlik durumu,
- Takım aşınmasının etkileri,
- Takım geometrisi,
- Kesme parametreleri,
- Malzemenin mekanik özellikleri,
- Soğutma sıvısının etkileri [42].

3.5.3. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçme Teknikleri

Çeşitli şekillendirme işlemleri sonucu oluşan yüzey pürüzlülük değerlerini belirlemek için farklı metotlar mevcuttur. Bu metotlar kısaca şu şekilde sıralanabilir;

İzleyici uçlu cihazlar: Çok sivri bir izleyici ucun parça üzerinde değerlendirme uzunluğu boyunca hareket ettirilmesi ve hareket esnasında oluşan titreşimlerin büyütülerek hareketli bir şerit üzerine aktarılması veya elektronik cihazlar yardımıyla yorumlanması esasına dayanır. İzleyici ucun inceliği ölçüm esnasında doğruluk açısından önem arz ettiğinden genelde iğne olarak 90^0 uç açılı ve 4 -12 μm yarıçapa sahip iğneler kullanılmaktadır. Kullanımı en kolay ve ideal bir ölçüm sistemidir [43].

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

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

Mekanik metot: Çelik bilye kullanılarak en düşük 500 g ağırlığın yüzeyde; yüzeyin içine doğru 1 mikronluk yer değiştirmesi ile yapılan yüzey pürüzlülüğü ölçme tekniğidir.

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

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

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

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

Replika metodu: Parça üzerindeki konumu nedeniyle ölçüm yapılacak yüzeye erişilemediği durumlarda yüzeye selüloz - asetat filmi, asetonla yumuşatılarak sertleşene

kadar temizlenmiş yüzeye bastırılırsa elde edilen maske yüzey karakteri hakkında % 80 oranın da bilgi verir.

Elektro fiber optik metot: Yüzey pürüzlüğü ölçülecek malzeme X,Y yönünde hareket edebilen tablaya bağlanarak yatay konuma getirilir. Fiber optik algılayıcı ile parça yüzeyine dik olarak ışın gönderilir. Parça yüzeyinin pürüzlülüğüne göre dağılan ışınlar fiber optik algılayıcılara bağlanmış foto algılayıcılarla yorumlanarak pürüzlülük değeri bulunur [42,44].

3.6. Titreşim

Dönen elemanlar makinelerin önemli parçalarındandır. Bu elemanların kendilerine özel titreşim hareketlerinin (hangi frekansta, ne gibi bir arıza oluşacağının) bilinmesi sebebiyle, alınan titreşim ölçümlerinin değerlendirilmesi ile oluşmakta olan arızalar başlangıç aşamasında iken tespit edilebilmektedir. Titreşim, en genel haliyle bir cismin denge konumu etrafında yaptığı salınım hareketi olarak tarif edilir. Titreşim genellikle istenmeyen bir durumdur. Çünkü makinenin görevini zorlaştıracak, hatta bazı durumlarda rezonans oluşturacak makinenin tahrip olmasına yol açacaktır. Makineler tasarlanırken, titreşime sebep olabilecek iç ve dış kuvvetlerin mümkün olduğu kadar küçük olması istenir. Bu kuvvetler metal yorulmasına çalışan parçalar arasındaki boşluğun artmasına, aşınmalara, çatlaklar oluşmasına, dönen elemanlarda dengesizliğe, yataklarda bozulmalara v.s. sebep olurlar. Diğer taraftan tüm bu bozulmalar titreşimi oluşturan veya şiddetini artıran unsurlardır.

Titreşim ile ilgili çalışmalar milattan önce 5.yüzyılda başlamıştır. İlk zamanlarda müzik aletleri ve ses titreşimleri üzerine çalışmalar başlamış, daha sonraları sarkaç ile ilgili çalışmalar bunu takip etmiştir. Bu çalışmalarda sarkaç bir zaman göstergesi olacak şekilde kullanılmıştır.

Deneyisel titreşim ölçümleri Pisagor zamanında başlamıştır. Pisagor, çekiçler, teller, borular, levhalar ile deneyler yapmıştır. İlk titreşim araştırma laboratuvarı bu dönemde kurulmuştur. Tabii frekans ile ilgili kural da Pisagor tarafından ifade edilmiştir.

Günümüzde ise bu alanda çok büyük gelişmeler kaydedilmiştir. Özellikle elektronik ve bilgisayar bilimlerinin ilerlemesi ile titreşim ölçümü ve analizi hassas olarak yapılabilmektedir. Titreşim ölçümü ve analizi çok değişik amaçlar için yapılmaktadır. Tabii frekansın tespiti, ürün kalite kontrolü, gürültü ölçümü, yapılardaki ve

malzemelerdeki hasarların belirlenmesi, makine durumunun izlenmesi bunlardan bazılarıdır.

Her makine elemanının titreşimi kendine özeldir. Bu prensipten yola çıkılarak titreşim analizi makinelerin durumu hakkında bilgi edinmede etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Özellikle 1970'li yıllardan sonra bu alanda büyük gelişmeler kaydedilmiştir. Sanayide (özellikle petrol, kimya ve çimento) yaygın olarak kullanılan dönen elemanlarda (rulmanlar, pompalar, dişliler, fanlar, kompresörler, türbinler, v.s.) oluşan arızaların belirlenmesinde titreşim analizi verimli bir şekilde uygulanmaktadır. Makinelerde yatlara temas sağlayıcı elemanlar dokundurup, makinede olanları, çıkan sesi kulakla dinleme yoluyla öğrenme işi eskiden beri bakım personeli tarafından kullanılmaktadır. Daha sonraları bu işi geliştiren bazı ustaların makineyi Stetoskop ile dinledikleri de bilinmektedir. Yani zamanın şartlarına göre titreşim bilgisinden makine durumu hakkında bilgi edinmede yararlanılmıştır.

Titreşim analizi ile arıza tespitinin fabrikalarda kullanılması, bakım faaliyetlerinin daha verimli ve planlı olarak uygulanmasını sağlamıştır. Çünkü fabrikalarda bakım masrafları işletmeler için büyük yük getirmektedir.

3.7. Talaş Kaldırma Oranı

Talaşlı imalatla operasyonları genellikle iki kategoriye ayrılır. Bunlar; kaba işleme ve ince işlemedir. Kaba pasolar ile elde edilmek istenen forma yakın şekli elde etmek için iş parçası üzerinden mümkün olduğunca fazla malzeme kaldırılır. Ancak bir miktar malzeme ince işleme için bırakılır. İstenilen ölçü toleranslarını ve yüzey kalitesini elde etmek için ince pasolar kullanılır. Kaba işleme operasyonları yüksek paso ve ilerlemelerle gerçekleştirilir. İnce işleme operasyonları ise düşük paso ve ilerlemeler kullanılarak gerçekleştirilir. Kesme hızları ise kaba işlemede ince işlemeye göre daha düşüktür [50].

Güllü, yapmış olduğu çalışmada talaş derinliğinin artmasının talaş kesitini ve taşlama kuvvetini arttırdığını ve bunu sonucu olarak da taşın aşınma oranının ve yüzey pürüzlülüğünün arttığını ifade etmiştir [48].

3.8. Taguchi Metodu

Üretim yapan işletmeler, mamullerini müşterilerinin beklentilerinin ötesinde sunabilmek için sürekli rekabet içerisindeyler. İşletmelerin, müşterilerine fonksiyonunu yerine getirebilen, daha kaliteli, daha ucuz ve daha hızlı ürünler ulaştırabilmek için gösterdikleri çaba, kalite geliştirme bilincinin hızla yayılmasına sebep olmuştur. İşletme yöneticileri işletmelerinin verimliliklerini artırmak ve rekabet avantajlarını yükseltmek için, kalitenin sadece üretim hattında değil mamul ve proses tasarımı aşamalarında da doğru bir şekilde planlanmasının gerektiği bilincindedirler[45,46].

Rekabete dayanan pazarda, işletmelerin varlıklarını sürdürebilmeleri ve pazar paylarını arttırabilmeleri için kalite geliştirme çalışmalarına önem vermeleri gerekmektedir. Kalite iyileştirme ve geliştirme, pek çok organizasyonun rekabet edebilmesi ve ayakta kalabilmesi için en temel faaliyetler haline gelmiştir[48].

Bu doğrultuda üretim yönetimi araçlarında da gelişmeler olmuş ve günümüz gereksinimleri için teknikler ortaya konmuş, yâda yıllardır teoride kalmış yöntemler uygulama alanına geçirilmiştir. Bunlardan biri de, özellikle sanayileşmiş ülkelerde kullanılmakta olan deney tasarım teknikleridir. Tasarım için teklif edilen istatistiksel deneyler, ürün parametrelerinin ve parametre sayılarının artması sonucu, ürün maliyetinin yükselmesine ve hızlı bir şekilde neticeye ulaşamadığından dolayı da uygulanabilirliğini tamamen yitirmektedir. Ancak Taguchi uzun yıllar yaptığı çalışmalar sonucunda, çok az deneme ile çok iyi neticeler veren ortogonal dizileri geliştirmiştir [44].

Ortogonal diziler, faktör seviyelerini, teker teker değiştirmek yerine, eş zamanlı değiştirmeyi önermektedir. Bu sayede, deney tasarımında Taguchi yaklaşımı kimya ve elektronik sektöründe olduğu gibi üretim sektöründe kabul görmüştür. Taguchi, deneysel tasarlama açısından önemli bir yenilik getirmemesine rağmen, sanayi uygulamalarına yönelik yeni fikirler ortaya atarak ve başarılı uygulamalar sergileyerek, deney tasarım yönteminin imalat sektöründe kabul görmesinde büyük katkılarda bulunmuştur [47].

Taguchi metodunun esas amacı; kontrol edilebilen değişkenlerin belirli seviyelerde zaman ve maliyet açısından etkin, aynı zamanda kontrol edilemeyen faktörlerin tüm kombinasyonlarına karşı duyarsız ürünler/prosesler tasarlamaktır. Taguchi deney tasarım tekniği; ürünlerin kalitesinin olmasının yanı sıra, kalite geliştirmede çok daha az deneme ile daha iyi sonuç alma imkânını vermektedir [46].

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

4.1. Çalışmanın Amacı

Günün şartlarına bağlı olarak talaş kaldırma yöntemleri geliştirilmekte veya yeni talaş kaldırma yöntemleri ortaya konulmaktadır. Yeni veya gelişmekte olan yöntemlerin işleme parametrelerinin tespit edilmesi ve bu parametrelerin etkilerinin belirlenmesi çok önemlidir.

Silindirik iş parçalarının istenilen ölçü ve yüzey kalitesinde işlenmesinde tornalama ve taşlama gibi iki tezgâh kullanılmaktadır. Bu yöntemler imalat zamanını ve maliyetini artırmaktadır. Bu çalışmada tornalama-frezeleme işlemi yapıldıktan sonra yine aynı tezgâh üzerinde daha hassas yüzey kalitesinin elde edilmesi için kesici takım olarak taşlama taşı kullanılarak silindirik taşlamaya daha ekonomik, işleme zamanını azaltacak alternatif bir yöntem olan teğetsel silindirik taşlama yöntemi kullanılmıştır. Bu amaç doğrultusunda literatürden farklı olarak; yeni olan bu yöntemde taşlama taşlarının kullanılması ile taşlama parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü, titreşim ve talaş kaldırma oranları üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

Bu çalışmada, Taguchi deneysel tasarım yöntemi kullanarak, AISI 8620 sementasyon çeliği teğetsel silindirik taşlama yöntemi ile işlenmiştir. Kesme parametreleri olarak talaş derinliği, ilerleme hızı, kesici takım devri ve iş parçası devri kullanılmıştır. Belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar Minitab 15 programı kullanılarak S/N oranlarına bağlı olarak optimum kesme parametreleri belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca elde edilen sonuçlar Anova varyans analizi ile istatistiksel olarak ta incelenmiştir.

4.2. Teğetsel Silindirik Taşlama Deneyleri

Teğetsel silindirik taşlama deneyleri Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi bölümünün CNC atölyesinde yapıldı.

4.2.1. Deney Düzenekinin Tanıtılması

Yeni bir yöntem olan teğetsel silindirik taşlama deney düzenekinin tasarlanmasında VMC-850 Johnford dik işleme merkezli tezgâh kullanılmıştır. Dik işleme merkezli freze tezgâhının üzerine ekstra bir düzenek kurularak deney düzenekği hazırlanmıştır. Deney düzenekğinde iş parçasının kendi eksenini etrafında istenilen devirlerde dönmesi için Şekil 4.1 'de görülen düzenek kurulmuştur.



Şekil 4.1. Teğetsel silindirik taşlama deney düzeneği fotoğrafı

Devir ayarlarının yapılması için Micromaster 440 marka invertör kullanılmıştır. Şekil 4.2’de görüldüğü gibi iş parçası ve kesici takım eksenleri silindirik taşlamada olduğu gibi birbirine paralel değil; İş parçası kesici takıma teğet olarak temas etmektedir.



Şekil 4.2. Teğetsel silindirik taşlama yönteminde temas şekli

Ayrıca kesici takım olarak kullanılan taşlama taşı freze tezgâhında freze takımı gibi rahat bir şekilde sökölüp takılmaktadır. İş parçasının düzgün dönmesi için iş parçası diğer yandan punta vasıtası ile desteklenmiştir. Devir ayarlarının kalibrasyonu Extech Instruments – 461880 marka takometre ve titreşim ölçüm cihazı ile yapılmıştır. İş parçasının koniklik ayarı komparatör yardımı ile yapılmıştır.

4.2.2. Deney Numunelerinin Hazırlanması ve Deney Düzenegine Bağlanması

Teğetsel silindirik taşlama deneylerinin yapılması için AISI8620 sementasyon çeliği Ø 20x60 mm ebatlarında yapılacak olan deney sayısı kadar testere ile kesildi. İş parçası boyu $L \leq 2D$ oranına göre seçildi. Burada L, iş parçası boyunu ve D de iş parçası çapını ifade etmektedir. Punta ile desteklenmesi için bir tarafına punta deliği açıldı.



Şekil 4.3. Deney numunelerinin fotoğrafı

Deney çalışmaların yapılması için iş parçası bir tarafı aynaya bağlanırken diğer tarafı punta ile desteklendi. Ayna ile punta arasına bağlanan iş parçası belirli devirde döndürüldükten sonra kesici takım belirli bir devirde döndürülerek iş parçası eksenine dik ama iş parçasına teğet olacak şekilde temas ettirildi. Gerekli talaş derinliği verildikten sonra X eksen yönünde aynaya doğru belirli bir ilerleme hızı ile talaş kaldırma işlemi yapıldı.

4.2.3. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Malzemeler ve Taşlama Taşları

Yapılan bu çalışmada AISI 8620 sementasyon çeliğinin teğetsel silindirik taşlama yöntemi ile işlenmesinde kesici takımında oluşan titreşim ve talaş kaldırma oranına etkisi araştırılmıştır.

Deneylerde kullanılan AISI 8620 sementasyon çeliğinin kimyasal içeriği ve mekanik özellikleri Tablo 4.1 ve 4.2’te verilmiştir.

Sementasyon, mil ve dişli çark gibi kullanım sırasında yüksek zorlamalara maruz kalan makine parçalarının yüzey özelliklerinin iyileştirilmesi, yüksek yüzey sertliği, yorulma dayanımı ve aşınma direnci elde etmek için kullanılan yaygın bir ısıtma işlemidir. Düşük karbonlu çeliklerden (0.25) üretilen makine parçaları, sementasyon ile yüksek karbonlu sert bir yüzey (0.8-0.9) ve düşük karbonlu tok bir merkeze sahip olmaktadır. Aynı zamanda, yüzey ve merkezin farklı hızlarda soğumaları ve oluşan mikro yapıların farklı olması, genellikle yüzeyde basma, merkezde ise çekme kalıntı gerilmeleri oluşturmaktadır. Yüzeyde oluşan basma kalıntı gerilmeleri, eğme ve burma zorlamalarında faydalı olmaktadır. Sementasyon işlemi, aşınma direnci, eğme ve burma yorulma dayanımı ile temas yorulma dayanımının yüksek olmasını da sağlamaktadır [49].

AISI 8620 Sementasyon çeliği zorlamalı parçalar, miller ekstrüzyon yoluyla şekillendirilen piston pimleri, zincir baklaları ve dişlileri, çeşitli oto dişlileri, ve traktör dişlileri, otomobil vites kutusu, şaftlar, bazı otomobillerin direksiyon mekanizmaları, diferansiyel yüzük dişlileri, uçak motorları, kam mili, kamalı mil v.b. yapımında kullanılırlar[51].

Tablo 4.1. AISI 8620 Sementasyon çeliğinin kimyasal analizi

C	Si	Mn	Pmax	Smax	Cr	Mo	Ni
0.18-0.23	0.20-0.35	0.70-0.90	0.04	0.04	0.40-0.60	0.15-0.25	0.40-0.70

Tablo 4.2. AISI 8620 Sementasyon çeliğinin mekanik özellikleri

Çekme mukavemeti (MPa)	Akma mukavemeti (MPa)	Sertlik (HB)	
		Isıl işlem önc.	Isıl işlem son.
632	390	22	58

Tablo 4.3. AISI 8620 Sementasyon çeliği ısıtma işlemi tablosu

ISIL İŞLEM TABLOSU											
Sementasyon sıcaklığı °C	Sementsyondan sonra soğutma ortamı						Çekirdek sertleştirme sıcaklığı	Ara tav. sıcaklığı	Cidar setleştirme		Meneviş sıcaklığı
									°C	Ortam	
900-950	Su	Yağ	Sıcak banyo	Tuz banyo	Semnt. Kutusu	Hava	840-870	630-650	800-830	Su,Yağ, Sıcak banyo	170-210
	-	+	+	-	+	+					

Teğetsel silindirik taşlama deneylerinin yapılmasında Üçer Zımpara Taşı San. ve Tic. Ltd. şirketinden temin edilen Ø 44 mm ebatlarında SIOUX K-17 marka taşlama taşı kullanılmıştır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Deneysel çalışmalarda kullanılan taşlama taşı

Tablo 4.4. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Taşlama Taşının Özellikleri

Aşındırıcı Madde	Tane Büyüklüğü	Sertlik	Dokusu	Bağlayıcı
SC	100	N	5	V

Bu kullanılan iş parçası malzemesinin özelliklerine bağlı soğutma aracı olarak bor yağı kullanıldı.

4.2.4. Deneysel Çalışmalarda Kullanılacak İşleme Parametrelerinin Belirlenmesi ve Planlanması

Deneysel çalışmalarda kullanılan talaş kaldırma yöntemi silindirik taşlamanın farklı bir yaklaşımı olduğu için deneylerde kullanılan kesme parametreleri silindirik taşlama işleminde kullanılan kesme parametreleri gibidir. Kesme parametreleri olarak taşlama taşı devri, iş parçası devri, ilerleme hızı ve talaş derinliği seçilmiştir.

Deneysel çalışmaların tam faktöriyel deneysel tasarım yöntemi ile yapıldığı takdirde çok sayıda deney yapılmasını gerektirmektedir. Bunun sonucu olarak da çok fazla zamana ihtiyaç olduğu ve maliyeti artıracak göz önünde bulundurulmalıdır. Bu sebepten dolayı deney sayısını azaltan ve maliyeti düşüren Taguchi deneysel tasarım yöntemi kullanılmıştır. Deneysel çalışmalarda kullanılacak parametreler Tablo 4.5'te verilmiştir.

Tablo 4.5. Deneysel çalışmalarda kullanılan parametreler.

Parametreler	Birimleri	Sembolü
Talaş Derinliği	mm	A
İş parçası Devri	dev/dak	B
Taşıma Taşı Devri	dev/dak	C
İlerleme Hızı	mm/dak	D

Bu çalışmada L_{18} Ortogonal dizinleri kullanılarak Minitab 15 paket programının Taguchi dizayn araç çubuğunda deney sayısı ve parametrelerin hangi seviyelerinin kullanılacağı belirlenmiştir. Tespit edilen bu deneylerin yapılması sonucunda iş parçası yüzeyinden alınan yüzey pürüzlülüğü değerleri, titreşim değerleri ve talaş kaldırma oranı değerleri S/N oranlarına dönüştürülmüş ve ayrıca varyans analizi ile de sonuçlar Minitab 15 paket programda analiz edilmiştir. Deneysel çalışmalarda kullanılan parametrelerin seviyeleri belirlenirken şunlar dikkate alınmıştır.

- Deneysel çalışmalarda taşıma taşı ve iş parçası devir sayısı, talaş kaldırılacak malzemelerin ve kullanılan kesici takımların malzeme özelliklerine göre tablolardan ve tezgâhın özellikleri dikkate alınarak uygun değerler alınmıştır.
- Eksenel ilerleme hızı parametrelerinin belirlenmesinde kullanılan tezgâhın en küçük ilerleme hızı ve daha büyük ilerleme hızları dikkate alınmıştır.
- Talaş derinliği parametresinin seviyeleri ise genellikle taşıma işlemi için bırakılan talaş derinliği ve bu değer üzerindeki değerler olacak şekilde belirlenmiştir.

Deneysel çalışmalarda kullanılacak parametre ve seviyeleri Tablo 4.6 'da verilmiştir.

Tablo 4.6. AISI 8620 Sementasyon çeliğinin işlenmesinde kullanılan parametreler ve seviyeleri

Kesme parametreleri ve seviyeleri					
Kesme parametreleri	Birim	Sembol	Seviyeler		
			Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
Talaş derinliği	(mm)	A	0,005	0,01	
İş parçası devri	(dev/dak)	B	200	300	400
Taşılama taşı devri	(dev/dak)	C	2500	3000	3500
İlerleme hızı	(mm/dak)	D	2	12,6	20

Tablo 4.7’de L_{18} ortogonal dizin kullanılarak deneylerde kullanılacak bütün parametrelerin seviyeleri gösterilmiştir.

Tablo 4.7 . L_{18} ortogonal dizini

Deney Numarası	Faktörler ve seviyeleri			
	A	B	C	D
1	1	1	1	1
2	1	1	2	2

3	1	1	3	3
4	1	2	1	1
5	1	2	2	2
6	1	2	3	3
7	1	3	1	2
8	1	3	2	3
9	1	3	3	1
10	2	1	1	3
11	2	1	2	1
12	2	1	3	2
13	2	2	1	2
14	2	2	2	3
15	2	2	3	1
16	2	3	1	3
17	2	3	2	1
18	2	3	3	2

4.3. Yüzey Pürüzlülüğü, Titreşim ve Talaş Kaldırma Oranı Ölçümleri

Teğetsel silindirik taşlama deneylerinde işlenen silindirik iş parçalarının yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesi amacı ile Şekil 4.5 'te gösterilen düzenek tasarlanmıştır. Ölçümlerin sağlıklı alınması için ölçüm düzeneği tasarlanırken iş parçasının yerleştirildiği V yatağının merkezi ile ölçüm cihazının yerleştirildiği kanalın merkezi aynı eksene ayarlanmıştır. Ölçümler Mitutoyo Surftest S-J210 ölçüm cihazı ile yapılmıştır. Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri silindirik iş parçası eksenine doğrultusunda ve ilerleme hızı yönünde alınmıştır. İşlenen yüzeylerin 3 farklı noktasından ölçüm alınarak bu ölçümlerin aritmetik ortalaması alınmıştır.



Şekil 4.5. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı ve ölçüm düzeneği

Deneysel çalışmalarda titreşim ölçümü Şekil 4.2’de görüldüğü gibi kesici takımın sap kısmına geçirilmiş olan rulman üzerinden Extech Instruments – 461880 marka takometre ve titreşim ölçüm cihazı ile yapıldı. Cihazdan alınan veriler bilgisayar ortamına aktarıldı.

Talaş kaldırma oranı için yapılan deneylerde taşlama işlemine başlamadan önce alkolle temizlenip Precisa XB 220A marka hassas terazide ilk ölçüm yapıldı. Daha sonra iş parçası işlenip tekrar alkol ile temizlendikten sonra son ölçüm yapıldı.

Talaş kaldırma oranı (M_{rr}), aşağıdaki formül ile ağırlık cinsinden hesaplandı;

$$M_{rr} = \frac{\text{ilk ölçme} - \text{son ölçme}}{\text{İşleme zamanı}} \quad (\text{gr/sn}) \quad (4.1)$$

5. DENEY SONUÇLARI VE İRDELEME

5.1. Teğetsel Silindirik Taşlama Deneylerinde Yüzey Pürüzlülüğünün İncelenmesi

AISI 8620 sementasyon çeliğinin teğetsel silindirik taşlama yöntemi ile işlenmesi neticesinde işlenen iş parçası yüzeyinde oluşan ortalama yüzey pürüzlülüğü, çıktılarının varyans analizlerinde daha küçük daha iyidir’ kayıp fonksiyonları kullanılmıştır. Taguchi tasarım yöntemi vasıtasıyla tespit edilen deneylerin yapılmasında elde edilen yüzey pürüzlülüğü sonuçları S/N oranlarına dönüştürüldü. Ayrıca bu çalışmada teğetsel silindirik taşlama yönteminde taşlama taşı devri, iş parçası devri, ilerleme hızı ve talaş derinliği

olmak üzere dört farklı kontrol faktörü bulunmaktadır. Taguchi tasarım yöntemi ile belirlenen deneylerin varyans analizleri de yapıldı.

5.1.1. AISI 8620 sementasyon çeliğinin Teğetsel Silindirik Taşlama Yöntemi ile İşlenmesindeki Deneylerin Sonuçları

5.1.1.1. Yüzey Pürüzlülüğü

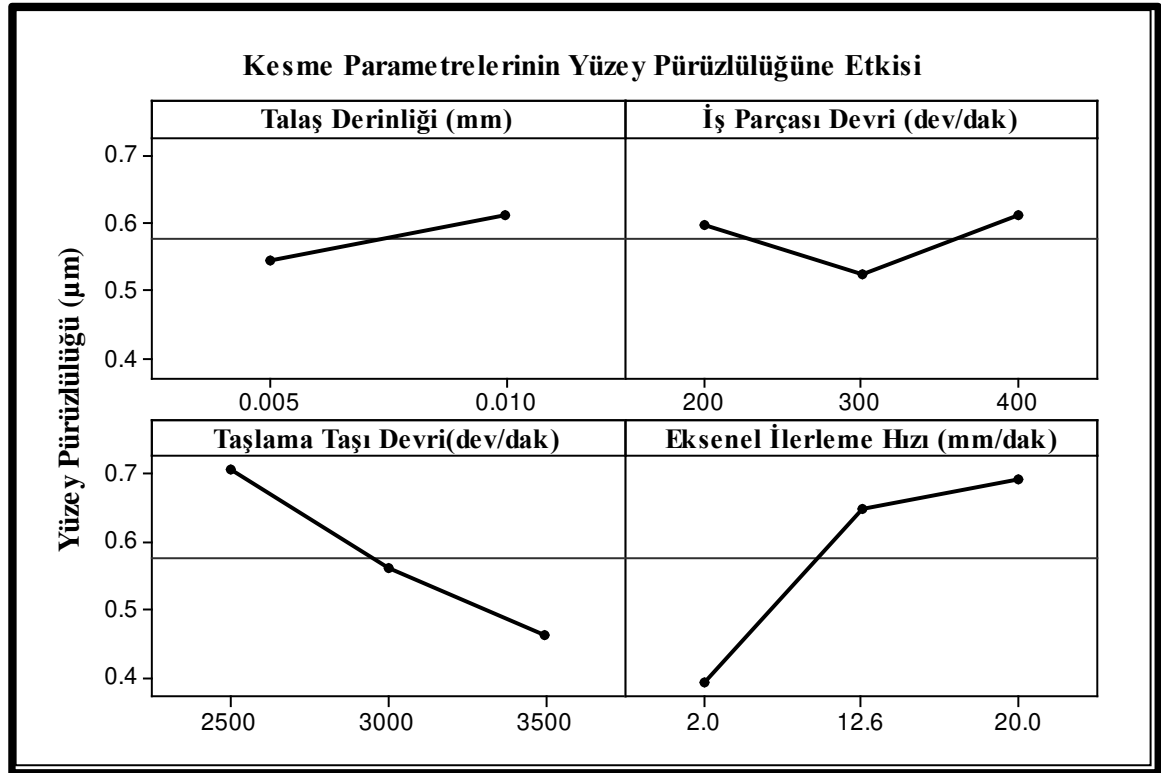
Taguchi deney tasarım tekniği ile belirlenerek yapılmış olan deneylerde teğetsel silindirik taşlama yöntemi ile işlenmiş AISI 8620 takım çeliğinden alınan yüzey pürüzlülüğü değerleri Tablo 5.1’ de gösterilmektedir. Şekil 5.1’de ise AISI 8620 Sementasyon çeliğinin işlenmesinde işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri grafiksel olarak gösterilmiştir.

Tablo 5.1 ve Şekil 5.1 - 5.2 incelendiğinde iş parçası devri ve talaş derinliğinin artması ile yüzey pürüzlülüğü değerinin arttığı görülmektedir. Talaş derinliğinin artması ile birim zamanda kaldırılan talaş miktarının artması ile kesme kuvvetinin arttığı bununla beraber titreşime sebep olan radyal kuvvetin artmasına bağlı olarak yüzey pürüzlülüğünün arttığı söylenebilir. Ayrıca iş parçası devrinin belirli bir değere kadar artması ile yüzey pürüzlülüğünün azaldığı o değerden uzaklaştıkça arttığı görülmektedir. Diğer parametrelerin sabit kalması durumunda ideal kesme hızına karşılık gelen devirin kullanıldığı durumda en iyi sonucu verdiği görülmektedir. Tablo 5.1 ve Şekil 5.1 - 5.3 incelendiğinde taşlama taşı devrinin artması ile yüzey pürüzlülüğü değerinin azaldığı görülmektedir. Taşlama taşı devrinin artması ile her bir kesici tanenin kaldıracağı talaş miktarı azalacağından oluşan yüzey kalitesinin iyi olduğu görülmektedir.

Tablo 5.1. AISI 8620 Sementasyon çeliğinin işlenmesi sonucu elde edilen yüzey pürüzlülükleri

Deney No	Parametreler ve Seviyeleri				Yüzey Pürüzlülüğü (µm)	S/N Oranı (dB)
	Talaş Derinliği (mm)	İş Parçası Devri (dev/dak)	Taşlama Taşı Devri (dev/dak)	Eksenel İlerleme Hızı (mm/dak)		
1	0.005	200	2500	2	0.503	5.968640299
2	0.005	200	3000	12.6	0.670	3.478503946

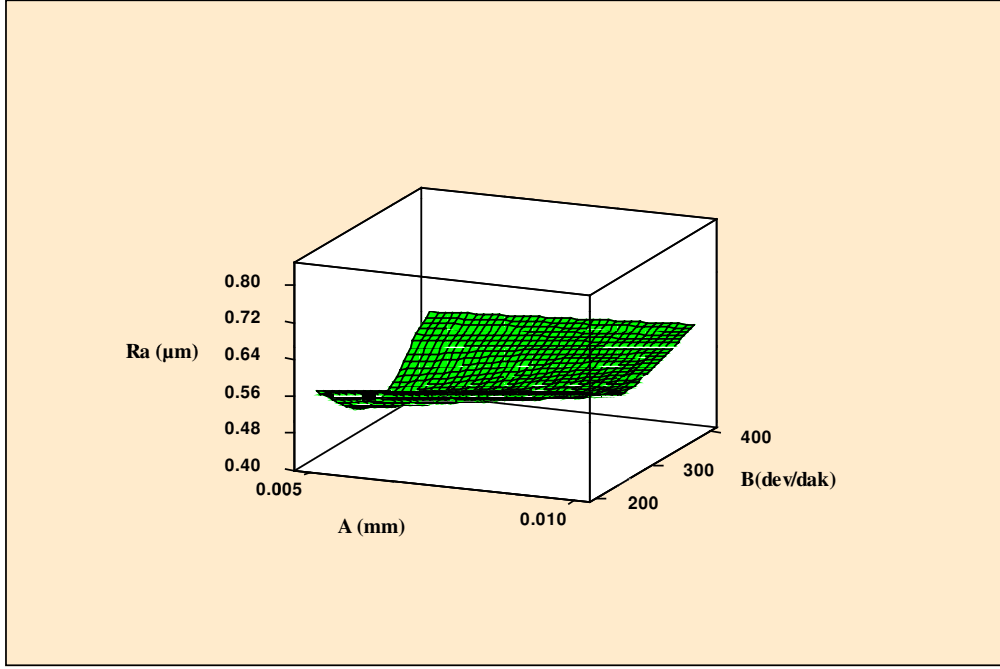
3	0.005	200	3500	20	0.522	5.64658994
4	0.005	300	2500	2	0.417	7.597278901
5	0.005	300	3000	12.6	0.560	5.03623946
6	0.005	300	3500	20	0.430	7.330630888
7	0.005	400	2500	12.6	0.756	2.42956409
8	0.005	400	3000	20	0.693	3.185335308
9	0.005	400	3500	2	0.331	9.603440124
10	0.01	200	2500	20	0.916	0.762090527
11	0.01	200	3000	2	0.387	8.2457807
12	0.01	200	3500	12.6	0.583	4.686628905
13	0.01	300	2500	12.6	0.733	2.697920507
14	0.01	300	3000	20	0.672	3.452614539
15	0.01	300	3500	2	0.321	9.869899352
16	0.01	400	2500	20	0.914	0.781076085
17	0.01	400	3000	2	0.386	8.268253907
18	0.01	400	3500	12.6	0.582	4.701540307



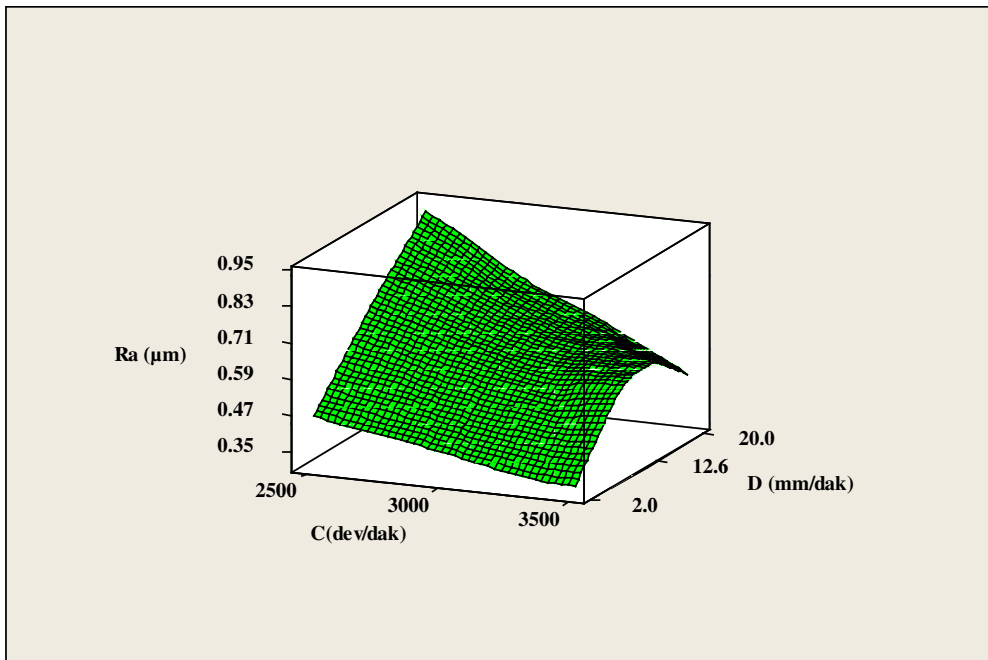
Şekil 5.1. AISI 8620 sementasyon çeliğinin işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi

Tablo 5.1 ve Şekil 5.1 - 5.3 incelendiğinde ilerleme hızı parametrelerinin artması ile yüzey pürüzlülüğü değerinin arttığı görülmektedir.

Genellikle ilerlemenin artması ile yüzey pürüzlülük değeri artar. AISI 8620 sementasyon çeliğinin teğetsel silindirik taşlama yöntemi ile işlenmesinde ilerleme hızının artması ile kesme kuvvetleri ve buna bağlı olarak da titreşim artacağı söylenebilir. Talaş kaldırma işleminde titreşim artması yüzey pürüzlülüğünün kötüleşeceği söylenebilir.



Şekil 5.2. AISI 8620 sementasyon çeliğinin işlenmesinde talaş derinliği ve iş parçası devri parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi



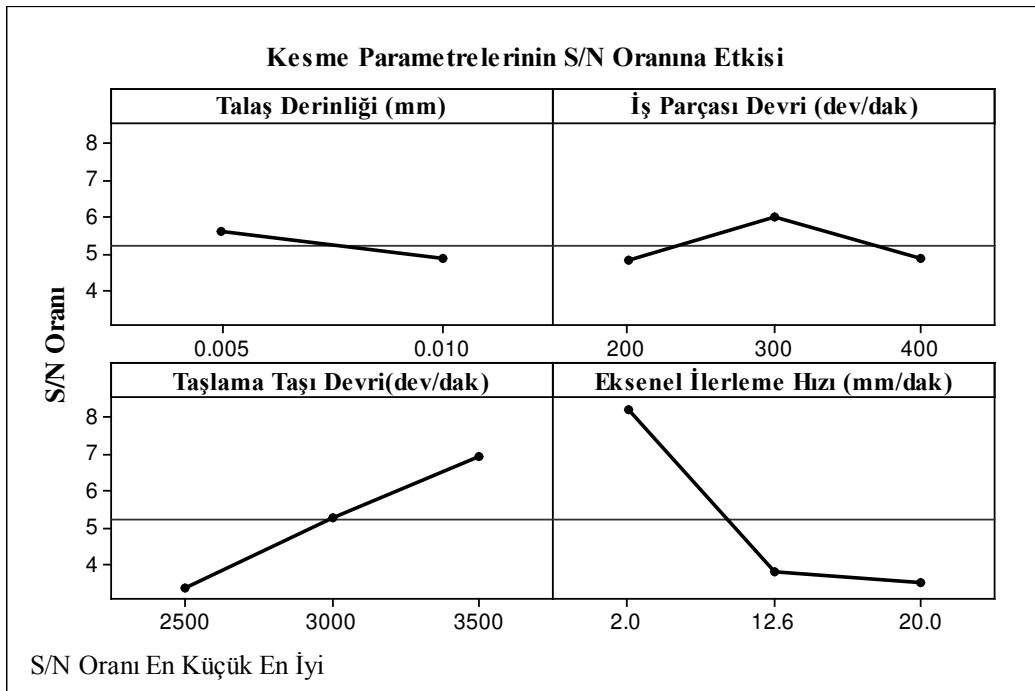
Şekil 5.3.AISI 8620 sementasyon çeliğinin işlenmesinde taşlama taşı devri ve eksenel ilerleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi

Tablo 5.2 ‘de AISI 8620 sementasyon çeliğinin işlenmesinde elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerlerine karşılık gelen S/N oranları verildi. Bu tabloda işleme parametrelerinin optimum seviyeleri (^a) ile gösterildi.

Tablo 5.2.AISI 8620 sementasyon çeliğinin işlenmesinde yüzey pürüzlülüğü için her bir seviyedeki faktörlerin etkisi (S/N oranı)

İşleme Parametreleri	Sembol	Ortalama S/N oranı (dB)		
		Seviye1	Seviye2	Seviye3
Talaş Derinliği (mm)	A	5.59 ^a	4.83	
İş Parçası Devri (dev/dak)	B	4.80	6.00 ^a	4.83
Taşlama Taşı Devri (dev/dak)	C	3.37	5.28	6.97 ^a
Eksenel İlerleme Hızı (mm/dak)	D	8.26 ^a	3.84	3.53

Tablo 5.2 ve Şekil 5.4 ‘te AISI 8620 sementasyon çeliğinin teğetsel silindirik taşlama işleminde işleme parametrelerinin S/N oranı üzerindeki etkisi görülmektedir. Şekil 5.4’teki grafikler incelendiğinde işleme parametrelerinin optimum seviyeleri, S/N oranlarının en yüksek olduğu seviyelerdir. En ideal seviyelerin talaş derinliğinin ve eksenel ilerleme hızının 1.seviyeleri, taşlama taşı devrinin 2. seviyesinin ideal olduğu görüldü.



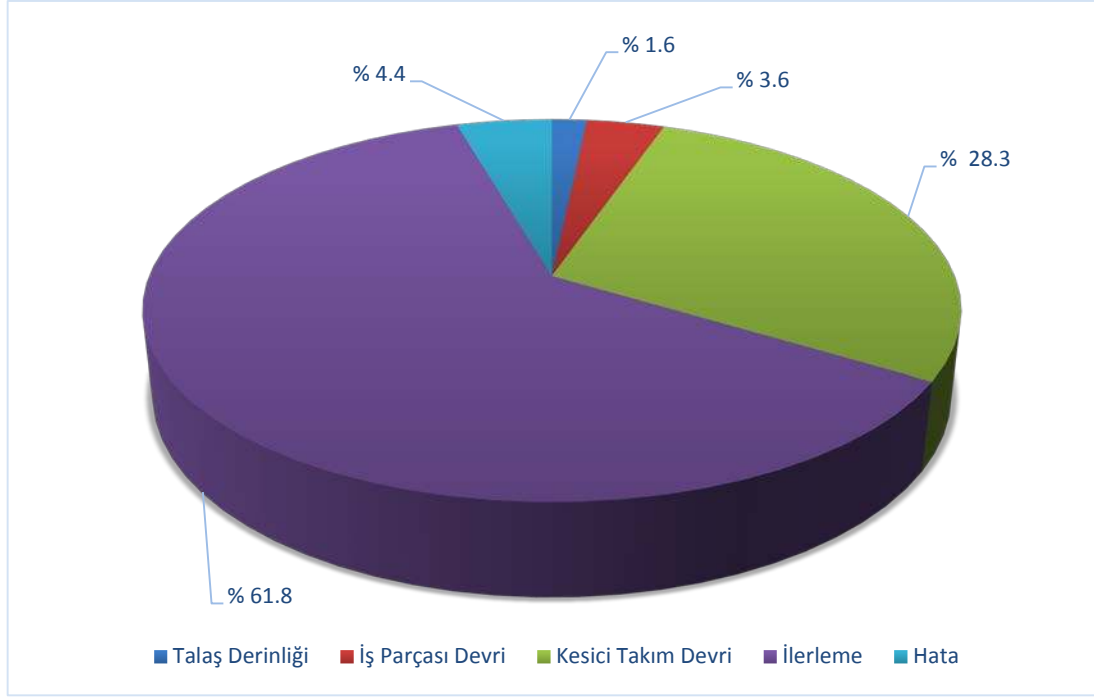
Şekil 5.4.AISI 8620 sementasyon çeliğinin işlenmesinde işleme parametrelerinin S/N oranına etkisi

Tablo 5.3 ‘te AISI 8620 sementasyon çeliğinin işlenmesinde elde edilen pürüzlülük değerlerinin varyans analizi ile değerlendirilmesi sonucu elde edilen değerler verildi. Ayrıca Şekil 5.5 ‘ te Varyans analize göre elde edilen kesme parametreleri yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri yüzde olarak gösterilmiş ve hata payı ortaya konulmuştur.

Bu değerler incelendiğinde yüzey pürüzlülüğü üzerinde bütün parametrelerin belirli bir değerde etkili olduğu ancak; en fazla eksenel ilerleme ve taşlama taşı devri parametresinin yüzey pürüzlülüğüne etki yaptığı söylenebilir.

Tablo 5.3.AISI 8620 sementasyon çeliğinin işlenmesinde elde edilen yüzey pürüzlülüklerinin ANOVA analizi

İşleme Parametreleri	Serbestlik Derecesi (v)	Karelerin Toplamı (SSa)	Varyans	F Değeri	% Dağılım
Talaş Derinliği	1	2.576766	2.576766	7.265633	1.649223
İş Parçası Devri	2	5.613093	2.806546	7.913536	3.639524
Kesici Takım Devri	2	38.93174	19.46587	54.88735	28.36816
İlerleme	2	84.06901	42.0345	118.5235	61.8684
Hata	10	3.546513	0.354651	-	4.474693
Toplam	17	134.7371	-	-	100



Şekil 5.5. AISI 8620 sementasyon çeliğinin işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne % olarak etkisi

Yapılan varyans analizinde istatistiksel olarak hata payının ise % 4.4 civarında olduğu gösterilmiştir.

5.1.1.2. AISI 8620 Sementasyon çeliğinin teğetsel silindirik taşlama ile işlenmesinde titreşimin incelenmesi

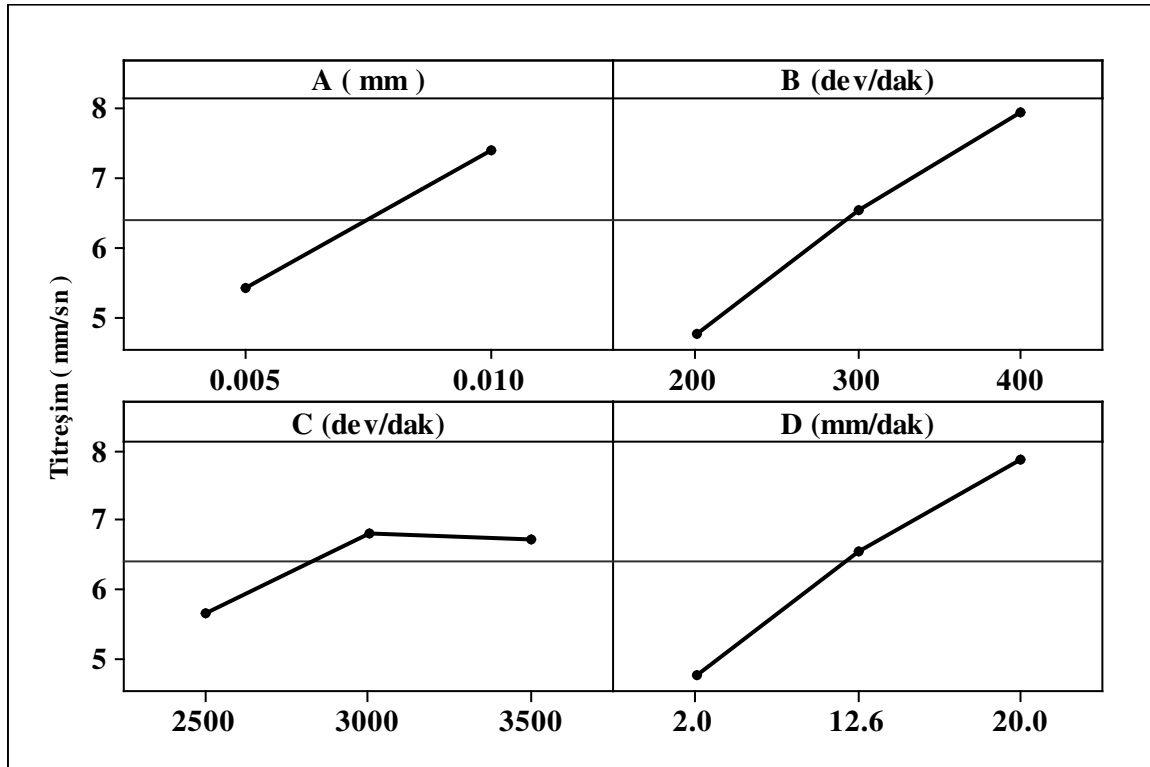
Yapılan deneylerde ölçülebilecek titreşim değerinin minimum seviyede olmadığı için uygun deney ortamı hazırlanarak, seçmiş olduğumuz deney malzemesine göre standartlarla belirlenmiş teçhizatlar kullanıldı.

Taguchi deney tasarım tekniği ile belirlenmiş L_{18} ortagonal dizinine göre yapılmış olan deneylerde teğetsel silindirik taşlama yöntemi ile işlenmiş AISI 8620 sementasyon çeliğinden alınan titreşim değerleri Tablo 5.4 ' te gösterilmektedir. Şekil 5.6'da ise AISI 8620 sementasyon çeliğinin işlenmesinde işleme parametrelerinin titreşim üzerindeki etkileri grafiksel olarak gösterildi.

Tablo 5.4.AISI 8620 Sementasyon Çeliğinin işlenmesi sonucu elde edilen titreşim oranları

Deney No	Parametreler ve Seviyeleri				Titreşim (mm/sn)	S/N Oranı (dB)
	Talaş Derinliği (mm)	İş Parçası Devri (dev/dak)	Taşılama Taşı Devri (dev/dak)	Eksenel İlerleme Hızı (mm/dak)		
1	0.005	200	2500	2	2.406	-67.62591
2	0.005	200	3000	12.6	4.323	-72.71570
3	0.005	200	3500	20	5.327	-74.52965
4	0.005	300	2500	2	3.306	-70.38605
5	0.005	300	3000	12.6	5.939	-75.4742
6	0.005	300	3500	20	7.318	-77.2878
7	0.005	400	2500	12.6	5.840	-75.32825
8	0.005	400	3000	20	8.920	-79.00729
9	0.005	400	3500	2	5.245	-74.39490
10	0.01	200	2500	20	5.816	-75.29248

11	0.01	200	3000	2	4.309	-72.68752
12	0.01	200	3500	12.6	6.143	-75.76761
13	0.01	300	2500	12.6	6.591	-76.37902
14	0.01	300	3000	20	10.067	-80.05800
15	0.01	300	3500	2	5.919	-75.44496
16	0.01	400	2500	20	9.899	-79.91182
17	0.01	400	3000	2	7.333	-77.3056
18	0.01	400	3500	12.6	10.456	-80.38731



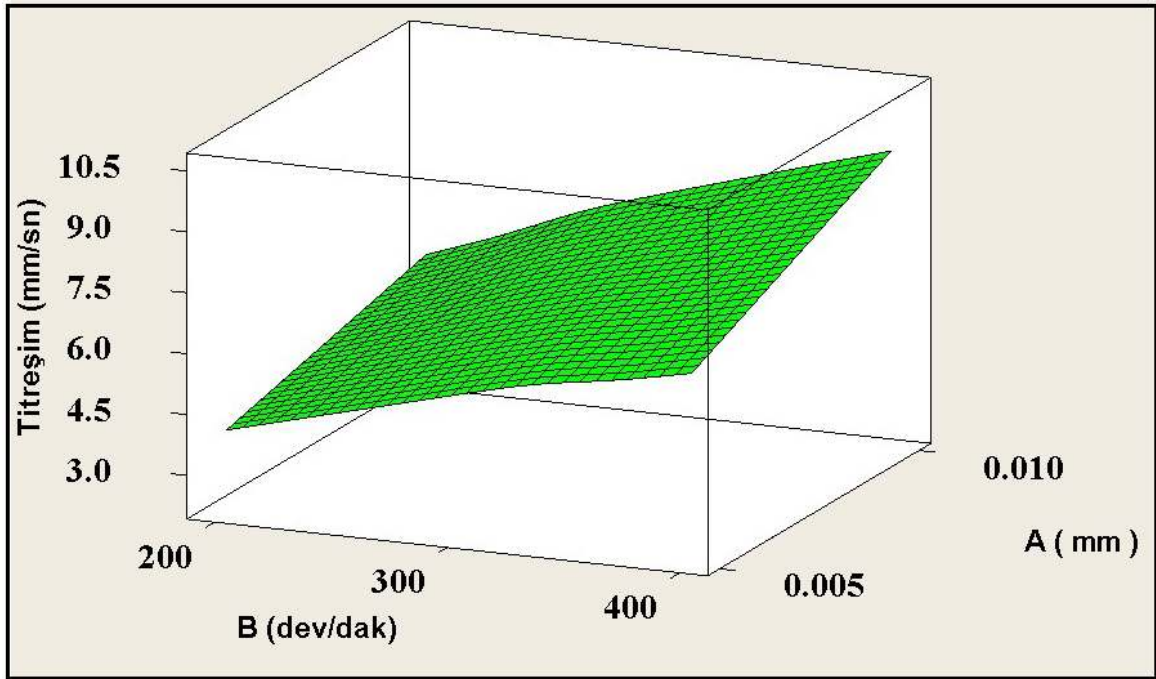
Şekil 5.6. AISI 8620 Sementasyon Çeliği işleme parametrelerinin titreşime olan etkisi

Tablo 5.4 ve Şekil 5.6-5.7 incelendiğinde talaş derinliğinin ve ilerleme hızı parametrelerinin artması ile titreşim değerinin arttığı görülmektedir.

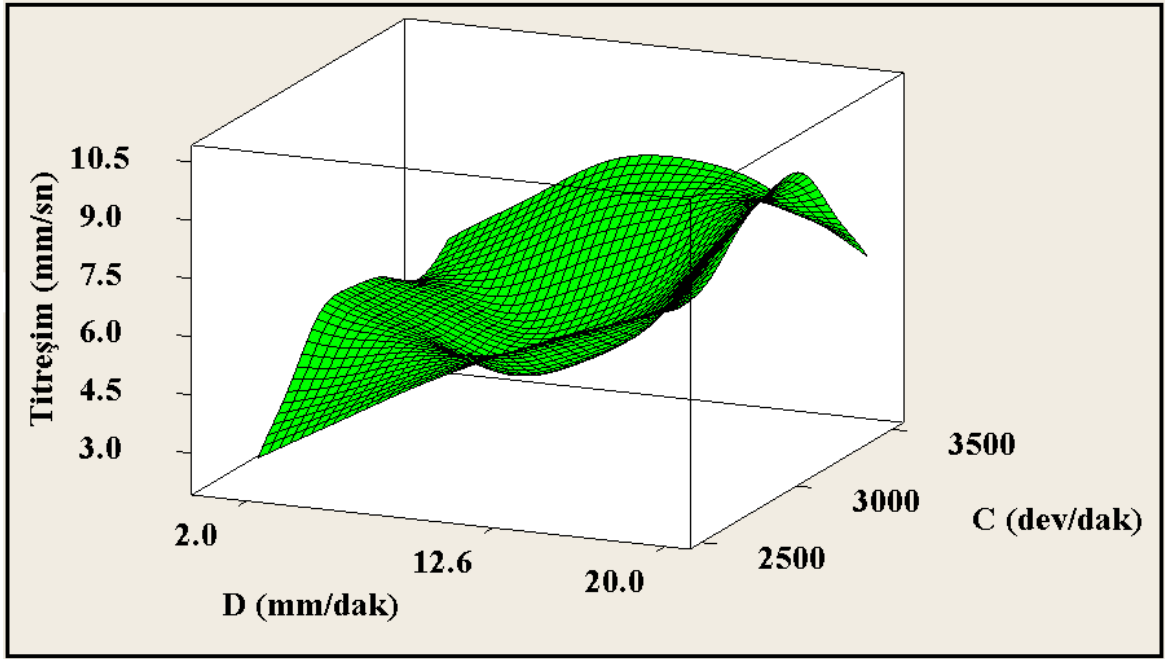
Talaşlı imalat işlemlerinde işleme zamanını azaltmak ve maliyeti düşürmek için ilerleme hızının mümkün olduğu kadar yüksek olması istenir. Genellikle ilerlemenin artması ile titreşim değeri artar. Sementasyon çeliğinin teğetsel silindirik taşlama yöntemi ile işlenmesinde talaş derinliğinin ve ilerleme hızının artması ile kesme kuvvetlerinin

arttığı ve buna bağlı olarak da titreşim artacağı söylenebilir. Talaş kaldırma olayında titreşim artması yüzey pürüzlülüğünün kötüleşeceği anlamına gelmektedir.

Ayrıca iş parçası devri ve kesici takım devrinin artması ile titreşimin arttığı görülmektedir. İş parçası devrinin artması ile homojen olmayan bir yapıya sahip iş parçasının merkez kaç kuvvetini arttırdığı ve bunun titreşime sebep olduğu söylenebilir. Benzer şekilde kesici takım devri içinde aynı ifadeler söylenebilir.



Şekil 5.7. AISI 8620 Sementasyon Çeliğinin işlenmesinde talaş derinliği ve iş parçası devri parametrelerinin titreşime olan etkisi



Şekil 5.8. AISI 8620 Sementasyon Çeliğinin işlenmesinde taşlama taşı devri ve eksenel ilerleme parametrelerinin titreşime olan etkisi

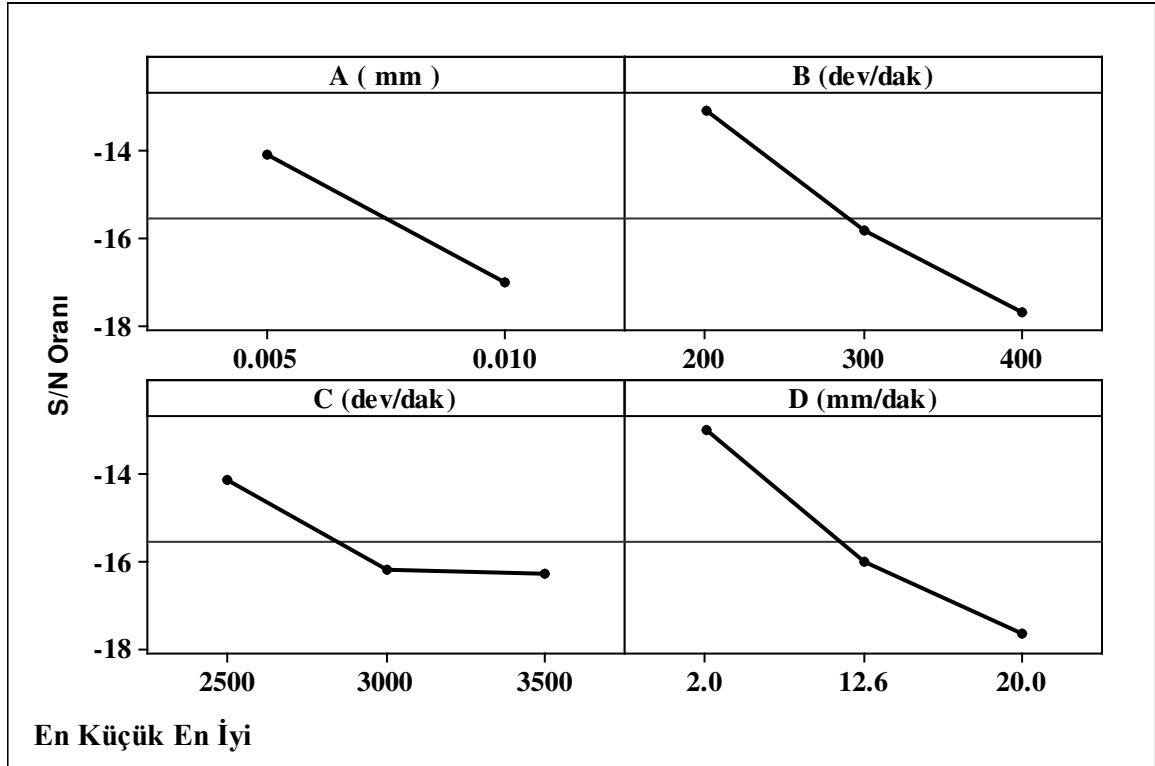
Tablo 5.4 ve Şekil 5.8 incelendiğinde ilerleme hızı ve kesici takım parametrelerinin artması ile titreşim değerinin arttığı görülmektedir.

Tablo 5.5 'te AISI 8620 Sementasyon çeliğinin işlenmesinde elde edilen titreşim değerlerine karşılık gelen S/N oranları verildi. Bu tabloda işleme parametrelerinin optimum seviyeleri (^a) ile gösterildi.

Tablo 5.5. AISI 8620 Sementasyon çeliğinin işlenmesinde titreşim için her bir seviyedeki faktörlerin etkisi (S/N oranı)

İşleme Parametreleri	Sembol	Ortalama S/N oranı (dB)		
		Seviye1	Seviye2	Seviye3
Talaş Derinliği (mm)	A	-74.08 ^a	-77.03	
İş Parçası Devri (dev/dak)	B	-73.10 ^a	-75.84	-77.72
Taşlama Taşı Devri (dev/dak)	C	-74.15 ^a	-76.21	-76.30
Eksenel İlerleme Hızı (mm/dak)	D	-72.97 ^a	-76.01	-77.68

Şekil 5.9'da teğetsel silindirik taşlama işleminde işleme parametrelerinin S/N oranı üzerindeki etkisi görülmektedir. Şekil 5.9'daki grafikler incelendiğinde işleme parametrelerinin optimum seviyeleri, S/N oranlarının en yüksek olduğu seviyelerdir.



Şekil 5.9. AISI 8620 Sementasyon çeliğinin işlenmesinde işleme parametrelerinin S/N oranına etkisi

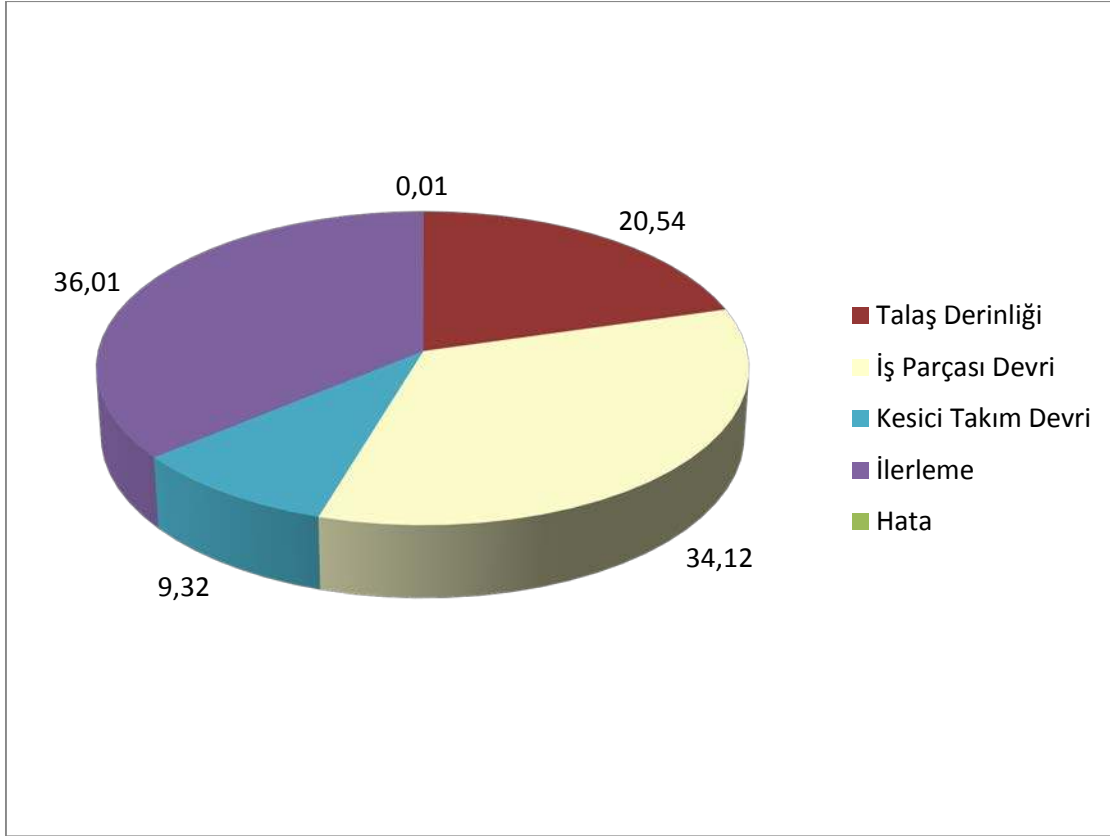
Tablo 5.6 ‘AISI 8620 Sementasyon çeliğinin işlenmesinde elde edilen titreşim değerlerinin varyans analizi ile değerlendirilmesi sonucu elde edilen değerler verildi. Ayrıca Şekil 5.10 ‘da varyans analize göre elde edilen kesme parametrelerinin titreşim üzerindeki etkileri yüzde olarak gösterilmiş ve hata payı ortaya konulmuştur. Bu değerler incelendiğinde titreşim değerleri üzerinde bütün parametrelerin belirli bir değerde etkili olduğu ancak; en fazla aksel ilerleme parametresinin titreşime etki yaptığı söylenebilir.

Tablo 5.6. AISI 8620 Sementasyon çeliğinin işlenmesinde elde edilen titreşim değerlerinin ANOVA analizi

İşleme Parametreleri	Serbestlik Derecesi (v)	Karelerin Toplamı (SSa)	Varyans	F Değeri	% Dağılım
Talaş Derinliği	1	38.96823	38.96823	34674.74	20.53833
İş Parçası Devri	2	64.74053	32.37027	28803.74	34.1215
Kesici Takım Devri	2	17.68554	8.84277	7868.481	9.320303
İlerleme	2	68.32319	34.16159	30397.7	36.0098
Hata	10	0.011238	0.001124	-	0.01007
Toplam	17	189.7287	-	-	100

--	--	--	--	--	--

Yapılan varyans analizinde istatistiksel olarak hata payının ise % 0.01 civarında olduğu gösterilmiştir.



Şekil 5.10. AISI 8620 Sementasyon çeliğinin işleme parametrelerinin titreşim'e % olarak etkisi

Sonuç olarak yapılan deneysel çalışmalarda teğetsel silindirik taşlama yönteminde kesme parametrelerinin dış yüzey silindirik taşlama işlemine benzer sonuçlar verdiği görülmektedir. Yapılan çalışma klasik silindirik taşlama yönteminde kullanılan büyük çaplı taşlar yerine daha küçük taşlarının kullanılmasına imkân vermektedir. Bunun yanı sıra büyük çaplı taşların bağlanması ve kullanılmasındaki sakıncalar minimize edilmektedir. Ayrıca tornalama- frezeleme tezgâhı üzerinde taşlama işlemine de imkân sağlamaktadır.

5.1.1.3. AISI 8620 Sementasyon Çeliğinin teğetsel silindirik taşlama ile taşlanmasıyla talaş kaldırma oranının incelenmesi

Malzeme sertliğine göre verilecek en büyük talaş miktarı değişkendir. Taşlama işlemi genellikle son işlem olarak kullanıldığı için, mümkün olduğu ölçüde kesme derinliği

küçük seçilmeli ve üst sınır zorlanmamalıdır. Bu çalışmada 0,005 mm ve 0,010 mm kesme derinlikleri seçilmiştir.

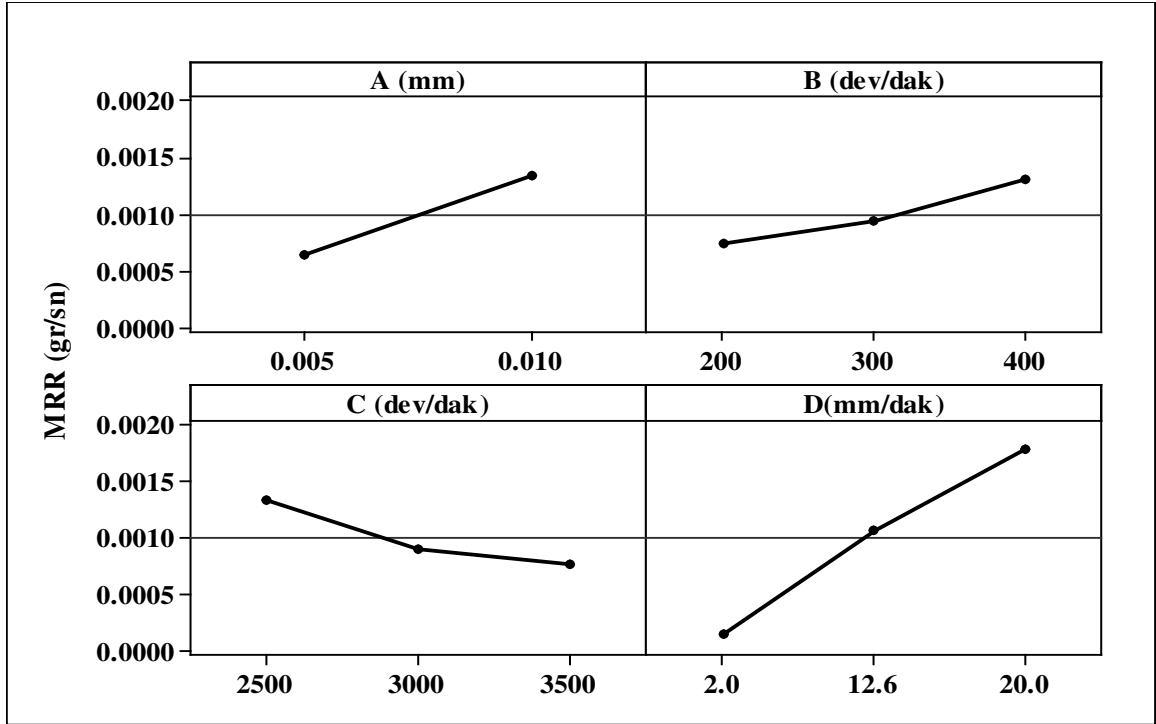
Deneylerde seçilen parametrelerin hiç biri çalışma ortamı içinde ihmal edilemez. Çünkü her bir parametrenin taşlamanın oluşumunda ayrı ayrı önemi olup, herhangi bir parametrenin olmaması taşlama işleminin yapılmasını engeller niteliktedir. Ayrıca her parametre çok sayıda alt seçeneği kapsamaktadır. Bu yüzden önemli parametrelerde fazla değişikliğe gidilmemiş, deney sonuçlarını irdelenecek parametrelerde değişikliğe gidilmiştir.

Her bir deneye sıra numarası verilerek taşlama işlemine getirildikten sonra ilk ağırlıkları ölçülüp yapılan taşlama işleminden sonra son ağırlıkları ölçülmüştür. İlk ve son ölçüm arasındaki fark işleme süresine bağlı olarak birim zamanda kaldırılan talaş miktarı hesaplanmıştır.

Taguchi deney tasarım tekniği ile belirlenmiş L_{18} ortagonal dizinine göre yapılmış olan deneylerde teğetsel silindirik taşlama yöntemi ile işlenmiş sementasyon çeliğinden talaş kaldırma oranları Tablo 5.7 ' te gösterilmektedir. Şekil 5.11'da ise sementasyon çeliğinin işlenmesinde işleme parametrelerinin talaş kaldırma oranı üzerindeki etkileri grafiksel olarak gösterilmiştir.

Tablo 5.7. AISI 8620 Sementasyon Çeliğinin işlenmesi sonucu elde edilen talaş kaldırma oranları

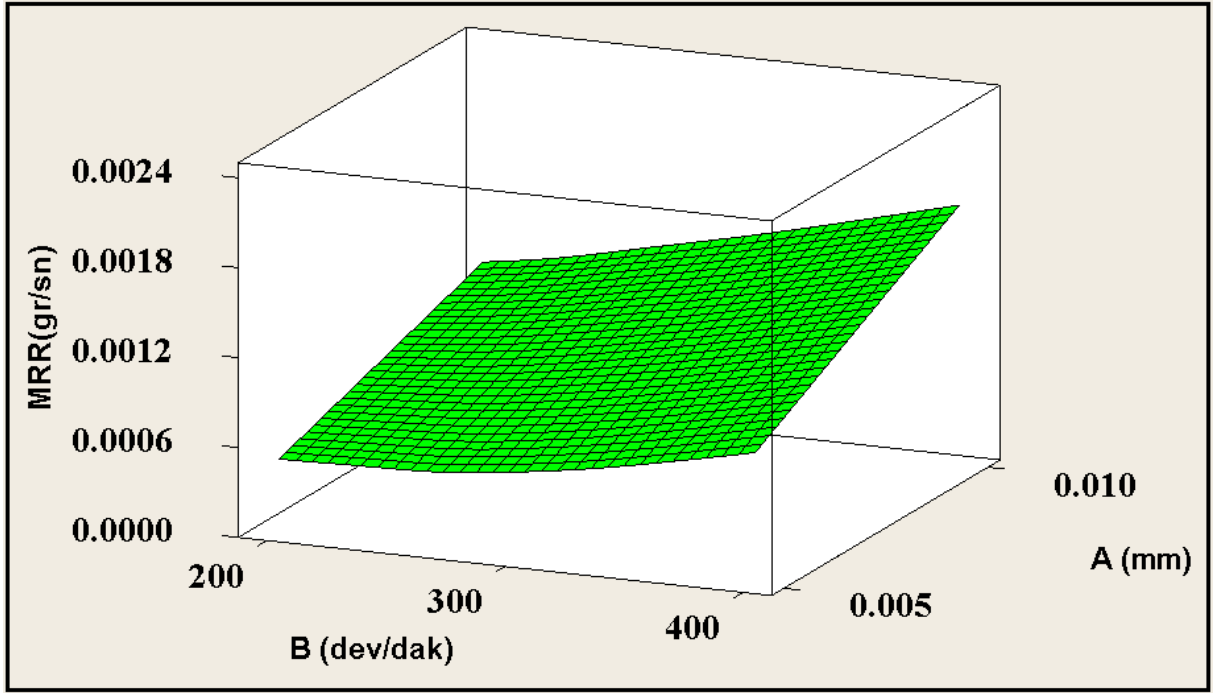
Deney No	Parametreler ve Seviyeleri				Mrr (gr/sn)	S/N Oranı (dB)
	Talaş Derinliği (mm)	İş Parçası Devri (dev/dak)	Taşılama Taşı Devri (dev/dak)	Eksenel İlerleme Hızı (mm/dak)		
1	0.005	200	2500	2	0.000089	-81.0121999
2	0.005	200	3000	12.6	0.000625	-64.0851364
3	0.005	200	3500	20	0.000772	-62.2514802
4	0.005	300	2500	2	0.000107	-79.3718307
5	0.005	300	3000	12.6	0.000646	-63.7979734
6	0.005	300	3500	20	0.000992	-60.0726857
7	0.005	400	2500	12.6	0.000956	-60.3880643
8	0.005	400	3000	20	0.001593	-55.9538672
9	0.005	400	3500	2	0.000105	-79.5624378
10	0.01	200	2500	20	0.001947	-54.2141682
11	0.01	200	3000	2	0.000202	-73.8858090
12	0.01	200	3500	12.6	0.000856	-61.3514710
13	0.01	300	2500	12.6	0.001635	-55.7301497
14	0.01	300	3000	20	0.002137	-53.4052645
15	0.01	300	3500	2	0.00021	-73.5487233
16	0.01	400	2500	20	0.003283	-49.6737005
17	0.01	400	3000	2	0.000209	-73.6040036
18	0.01	400	3500	12.6	0.001692	-55.4339962



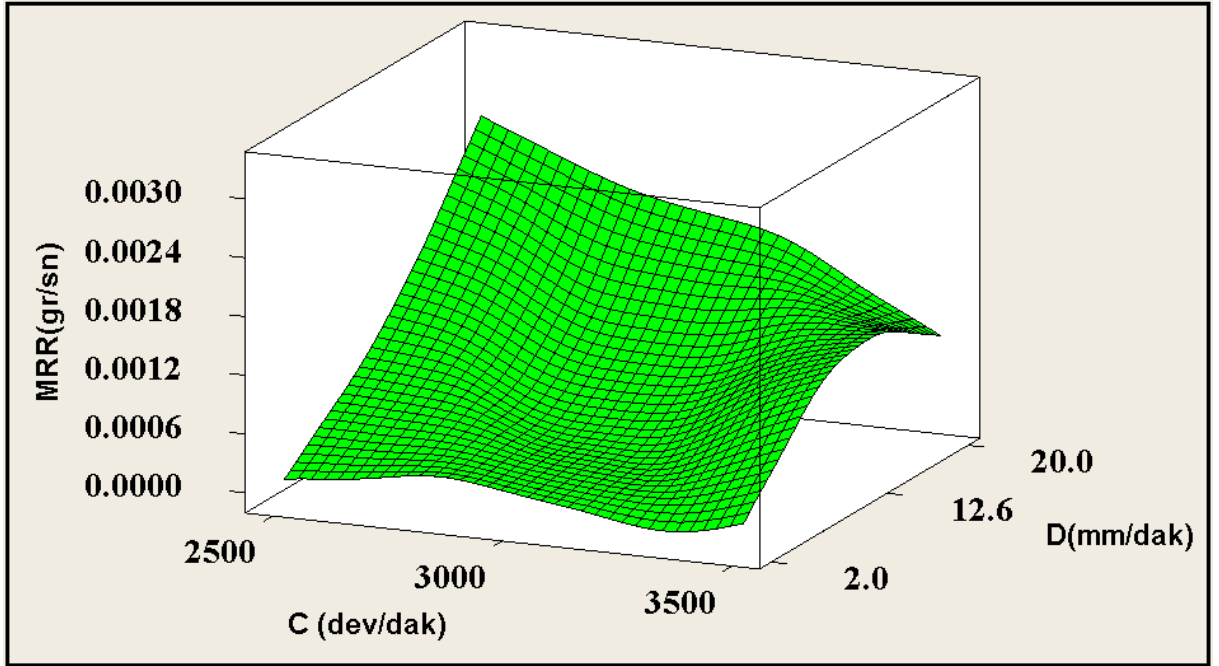
Şekil 5.11.AISI 8620 Sementasyon Çeliği işleme parametrelerinin talaş kaldırma oranına etkisi

Tablo 5.7 ve Şekil 5.11-5.13 incelendiğinde talaş derinliğinin ve ilerleme hızı parametrelerinin artmasına bağlı olarak kaldırılan talaş kaldırma oranının (MRR) arttığı görülmektedir.

Talaşlı imalat işlemlerinde işleme zamanını azaltmak ve maliyeti düşürmek için ilerleme hızının mümkün olduğu kadar yüksek olması istenir. Genellikle ilerlemenin artması ile birim zamanda kaldırılan talaş miktarı da artar. Sementasyon çeliğinin teğetsel silindirik taşlama yöntemi ile işlenmesinde talaş derinliğinin ve ilerleme hızının artması ile talaş kesitinin arttığı ve buna bağlı olarak da kaldırılan talaş miktarının da arttığı söylenebilir. İş parçası devrinin artması ile çevresel temas mesafesinin artmasından dolayı birim zamanda kaldırılan talaş miktarının arttığı söylenebilir. Ancak kesici takım devrinin artması ile diğer parametreler sabit tutulduğunda birim zamanda kaldırılan talaş miktarının azaldığı ifade edilebilir.



Şekil 5.12.AISI 8620 Sementasyon Çeliğinin işlenmesinde iş parçası devri ve talaş derinliği parametrelerinin talaş kaldırma oranına etkisi



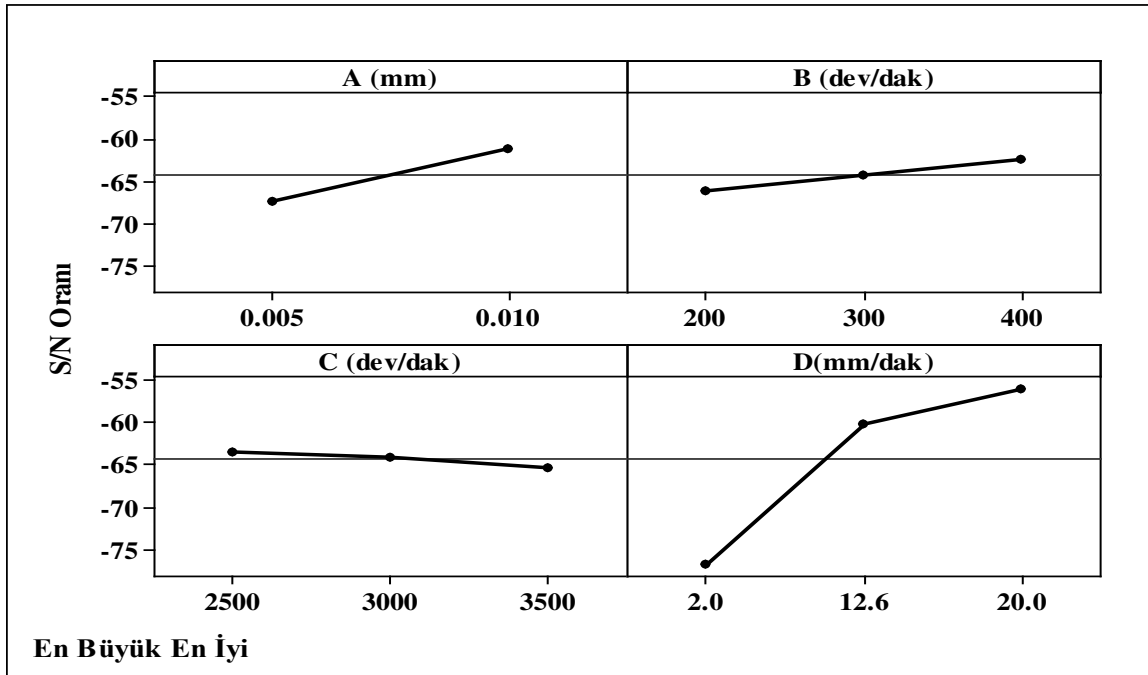
Şekil 5.13.AISI 8620 Sementasyon Çeliğinin işlenmesinde taşlama taşı devri ve eksenel ilerleme parametrelerinin talaş kaldırma oranına etkisi

Tablo 5.8 'te AISI 8620 Sementasyon Çeliğinin işlenmesinde elde edilen talaş kaldırma oranı değerlerine karşılık gelen S/N oranları verildi. Bu tabloda işleme parametrelerinin optimum seviyeleri (^a) ile gösterildi.

Tablo 5.8.AISI 8620 Sementasyon Çeliğinin işlenmesinde talaş kaldırma oranı için her bir seviyedeki faktörlerin etkisi (S/N oranı)

İşleme Parametreleri	Sembol	Ortalama S/N oranı (dB)		
		Seviye1	Seviye2	Seviye3
Talaş Derinliği (mm)	A	-67.39	-61.21 ^a	
İş Parçası Devri (dev/dak)	B	-66.13	-64.32	-62.44 ^a
Taşılama Taşı Devri (dev/dak)	C	-63.40 ^a	-64.12	-65.37
Eksenel İlerleme Hızı (mm/dak)	D	-76.83	-60.13	-55.93 ^a

Şekil 5.14’da teğetsel silindirik taşlama işleminde işleme parametrelerinin S/N oranı üzerindeki etkisi görülmektedir. Şekil 5.14 ‘teki grafikler incelendiğinde işleme parametrelerinin optimum seviyeleri, S/N oranlarının en yüksek olduğu seviyelerdir.



Şekil 5.14.AISI 8620 Sementasyon Çeliğinin işlenmesinde işleme parametrelerinin S/N oranına etkisi

Yapılan deneysel çalışmalarda AISI 8620 sementasyon çeliğinin teğetsel silindirik taşlama yöntemi ile işlenmesinde parametrelerin A2, B3, C1 ve D3 seviyelerinde optimum talaş kaldırma oranının elde edildiği tespit edildi.

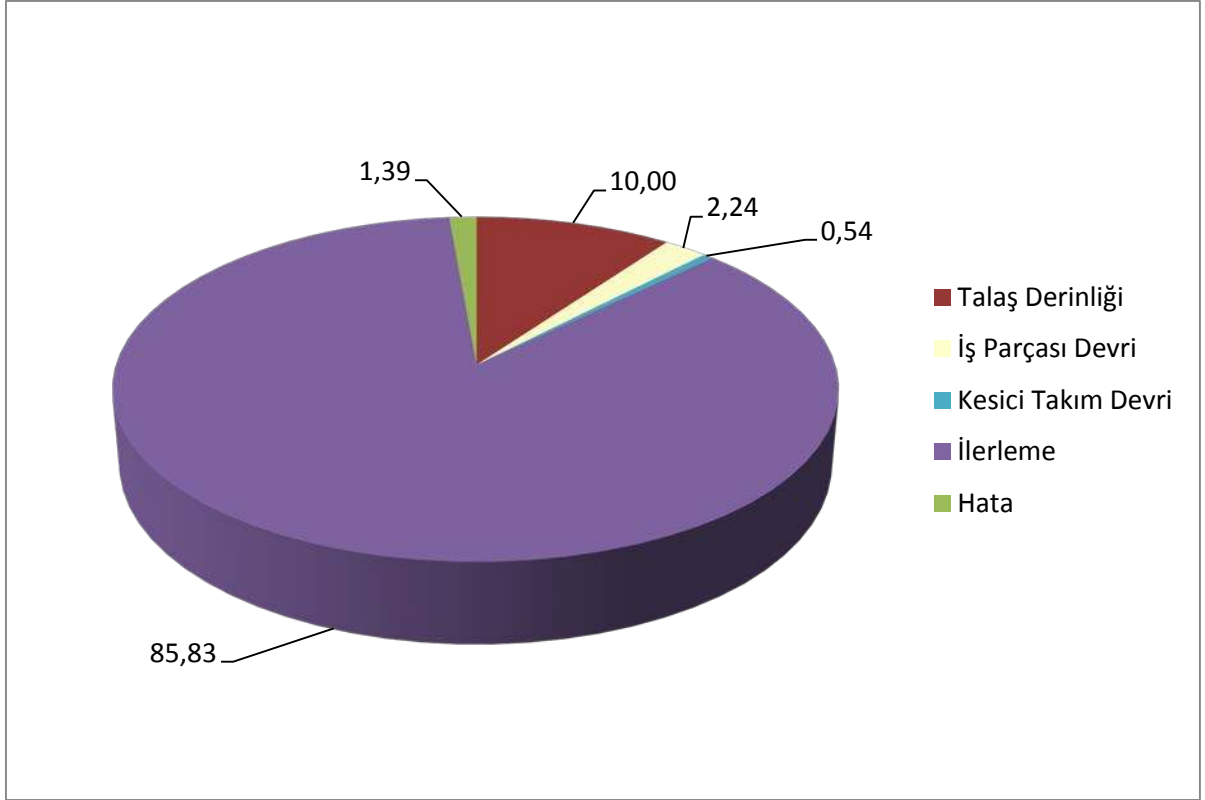
Tablo 5.9 ‘ da sementasyon çeliğinin işlenmesinde elde edilen talaş kaldırma oranlarının varyans analizi ile değerlendirilmesi sonucu elde edilen sonuçlar verildi.

Ayrıca Şekil 5.15 ‘te varyans analize göre elde edilen kesme parametrelerinin talaş kaldırma oranı üzerindeki etkileri yüzde olarak gösterilmiş ve hata payı ortaya konulmuştur. Bu değerler incelendiğinde talaş kaldırma oranı üzerinde bütün parametrelerin belirli bir değerde etkili olduğu ancak; en fazla ilerleme ve talaş derinliği parametrelerinin talaş kaldırma oranına etki yaptığı söylenebilir.

Tablo 5.9.AISI 8620 Sementasyon Çeliğinin işlenmesinde elde edilen talaş kaldırma oranının ANOVA analizi

İşleme Parametreleri	Serbestlik Derecesi (v)	Karelerin Toplamı (SSa)	Varyans	F Değeri	% Dağılım
Talaş Derinliği	1	172.0413	172.0413	123.6545	10.00406
İş Parçası Devri	2	41.01684	20.50842	14.74041	2.241416
Kesici Takım Devri	2	11.93882	5.969408	4.290507	0.536767
İlerleme	2	1466.897	733.4483	527.1654	85.83118
Hata	10	13.91306	1.391306	0	1.38657
Toplam	17	1705.807	-	-	100

Yapılan varyans analizinde istatistiksel olarak hata payının ise % 1.39 civarında olduğu gösterilmiştir.



Şekil 5.15 AISI 8620 Sementasyon Çeliğinin işleme parametrelerinin talaş kaldırma oranına % olarak etkisi

6. GENEL SONUÇLAR ve ÖNERİLER

6.1. Genel Sonuçlar

Bu çalışmada AISI 8620 Sementasyon Çeliğinin teğetsel silindirik taşlama yöntemi ile işlenmesinde yüzey pürüzlülüğü, titreşim, talaş kaldırma oranları önceden belirlenen kesici takım devri, ilerleme hızı, iş parçası devri ve talaş derinliği değiştirilerek incelenmiştir.

Elde edilen sonuçlar Minitab 15 paket programı yardımı ile S/N oranlarına dönüştürülmüş optimum kesme parametre seviyeleri belirlenmiştir. Ayrıca Anova varyans analizi ile parametrelerin sonuçlar üzerindeki etkileri istatistiksel olarak analiz edilmiştir.

Yapılan deneysel çalışmalar ve incelemeler neticesinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- AISI 8620 Sementasyon Çeliğinin teğetsel silindirik taşlama yöntemi ile işlenmesinde iş parçası devrinin belirli bir değere kadar artması ile yüzey pürüzlülüğü değerinin azaldığı tespit ve bu değerden sonraki değerlerde ise arttığı tespit edildi. En iyi ortalama yüzey pürüzlülüğü değerinin ikinci seviyesinde çıktığı görüldü.
- AISI 8620 Sementasyon Çeliğinin işlenmesinde talaş derinliği ve eksenel ilerleme hızının artması ile ortalama yüzey pürüzlülüğü değerinin arttığı görüldü. En uygun seviyelerin birinci seviyeler olduğu tespit edildi.
- AISI 8620 Sementasyon Çeliğinin işlenmesinde taşlama taşı devrinin artması ile yüzey pürüzlülüğü değerinin azaldığı görüldü. İdeal yüzey pürüzlülüğü değerinin üçüncü seviyede olduğu belirlendi.
- AISI 8620 Sementasyon Çeliğinin teğetsel silindirik taşlama yöntemi ile işlenmesinde iş parçası devri ve taş devrinin artması ile titreşim değerinin arttığı tespit edildi. En düşük titreşim değerinin birinci seviyesinde çıktığı görüldü.
- AISI 8620 Sementasyon Çeliğinin işlenmesinde talaş derinliği ve eksenel ilerleme hızının artması ile titreşim değerinin arttığı görüldü. En uygun seviyelerin birinci seviyeler olduğu tespit edildi.
- AISI 8620 Sementasyon Çeliğinin teğetsel silindirik taşlama yöntemi ile işlenmesinde iş parçası devrinin artmasından düşük oranda bir talaş kaldırma oranını arttırdığı tespit edilmiştir.

- AISI 8620 Sementasyon Çeliğinin işlenmesinde talaş derinliği ve eksenel ilerleme hızının artması ile talaş kaldırma oranının da arttığı tespit edilmiştir. En fazla ilerlemenin etkisi olduğu gözlenmiştir.
- AISI 8620 Sementasyon Çeliğinin işlenmesinde taşlama taşı devrinin artması ile çok düşük oranda talaş kaldırma oranının azaldığı tespit edilmiştir.

Genel olarak AISI 8620 Sementasyon Çeliğinin işlenmesinde yapılan deneysel çalışmalar ve istatistiksel analizler sonucunda kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü, titreşim ve talaş kaldırma oranı üzerinde belirli bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.

6.2. Öneriler

- Teğetsel silindirik taşlama yönteminde işleme parametrelerinin kesme kuvvetleri üzerindeki etkileri incelenebilir.
- Teğetsel taşlama işleminde silindirik malzeme cinsi aynı ancak sert ve yumuşak malzeme seçilerek arasında oluşabilecek farklar incelenebilir.
- Teğetsel taşlama işleminde işlenecek malzeme aynı olmak kaydıyla farklı taş özelliklerine sahip taşlarla deneyler yapılarak taş yapılarının oluşturacağı farklar incelenebilir.
- Gelecekte farklı taşlama proseslerinin gerçek zamanlı izlenmesi, optimizasyonu, model referans adaptif kontrolü, çalışmaları yapılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] **Kalpakistan, S.**,(1991), “*Manufacturing proses for engineering materils*”, Addison-Wesley, New York, s120-121.
- [2] **Güllü, A.**, (1995), “*Silindirik taşlamada istenen yüzey pürüzlülüğünü elde etmek için taşlama parametrelerinin bilgisayar yardımıyla optimizasyonu*”, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [3] **Şeker, U., Kurt, A. And Çifçi, İ.**, (2002), “*Desing and construction of a dynamometer for measvrement of cutting forces during machining with linear motion*”, Materials and Desing, 23:355-360.
- [4] **Günay, M.**, (2003), “*Talaş kaldırma işlemlerinde kesici takım talaş açısının kesme kuvvetlerine etkisinin deneysel olarak incelenmesi*”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara,s40-49.
- [5] **Demir, H.,ve Güllü, A.**, (2001), “*Taşlama parametrelerinin taşlama kalitesine etkilerinin incelenmesi*”, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7:189-198.
- [6] **Choudhury, S.K. ve Mangrulkar, K.S.**,(2000), “Investigation of orthogonal turn-milling for the machining of rotationally symmetrical work pieces” Journal of Materials Processing Technology 99, 120-128.
- [7] **Susana K., Lia-Yuen ve Yuan- Shin.**,(2002), “Turn-Mill Toll Path Planning and Manufacturing Cost Analysis for Complex Parts Machining” <http://fie.engrng.pitt.edu/iie2002/proceedings/ierc/papers/2289.pdf>.
- [8] **Savas V.; Ozay C.**,(2007), “Analysis of the surface roughness of tangential turn-milling for machining with end milling cutter” Journal of Materials Processing Technology 186 279–283.
- [9] **Savas V.; Ozay C.**; (2008), “ The optimization of the surface roughness in the process of tangential Turn-milling using genetic algorithm” Int J Adv Manuf Technol 37, p.335–340.

- [10] **Suzuki, K., Uematsu, T., Nakagawa, T.,** 1993.; ‘‘Highly Efficient Finishing of Ceramics by Helical Scan Grinding,’’ Proceedings of the International Conference on Machining of Advanced Materials, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, p. 17.
- [11] **M. Gavas, İ. Karacan, E. Kaya,** 2011 ‘‘A novel method to improve surfacequality in cylindrical grinding’’ Experimental Techniques V 35. Issue 1 p. 26-32.
- [12] **H.Z. Choi, S.W. Lee, H.D. Jeony,**(2001), ‘‘A comprasion of the cooling effects of compressed cold air and coolant for cylindrical grinding with a CBN Wheel’’, Journal of Materials Processing Technology 111 p.265-268.
- [13] **Jae-Seob Kwak, Sung-Bo Sim, Yeong-Deug Jeong,**(2006), ‘‘An analysis of grinding power and surface roughness in external cylindrical grinding of hardened SCM440 steel using the response surface method’’, International Journal of Machine Tools & Manufacture 46, p.304–312.
- [14] **Jae-Seob Kwak,**(2005), ‘‘Application of Taguchi and response surface methodologies for geometric error in surface grinding process’’, International Journal of Machine Tools & Manufacture 45 p.327–334.
- [15] **A. Hassui, A.E. Diniz,**(2003),’’Correlating surface roughness and vibration on plunge cylindrical grinding of steel’’, International Journal of Machine Tools & Manufacture 43, p. 855–862.
- [16] **Ozay C.,**(2014), ‘‘Investigating the Surface Roughness after Tangential Cylindrical Grinding by the Taguchi Method’’, Materials Testing: Vol. 56, No. 4, pp. 306-311.
- [17] **Demir, H.,** (2003), ‘‘*Düzlem Taşlamadataşlama parametrelerinin taşlama kuvvetlerine ve yüzey kalitesine etkilerinin incelenmesi*’’, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, s5-6.

- [18] **Subramanian, K.; Lindsay, R. P.**,(1992), “*A Systems Approach for the Use of ,Vitrified Bonded Superabrasive Wheels for Precision Production Grinding*” Journal of Engineering for Industry (Transactions of the ASME) (USA). Vol. 114, no. 1, pp. 41-52.
- [19] **Ercan F. ve Güllü A.**,(1994), “*Zımpara Taslarının Bilenmesi ve Taşlama Verimliliği*”, G.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi, Teknoloji Dergisi, Sayı 84, 1-6s.
- [20] **Lindsay, R.P, Hahn, R. S.**,(1971), “*Principles of Grinding* “, SME Tech. Rep No MRR 71-01, dearborn mich, 38.
- [21] **Salonitis, K., Chondros, T., Chryssolouris, G.**, (2008), “*Grinding wheel effect in the grind-hardening process*”, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology Volume 38, Numbers 1-2 , 48-58.
- [22] **Demir H.ve Güllü A.**, 1995, “*Silindirik Taslamada Taslama Parametreleriyle Yüzey pürüzlülüğü ve Taşlama Oranı Arasındaki İlişkinin Araştırılması*”, G.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi, Teknoloji Dergisi, Sayı 79, 1-11 s.
- [23] **Srivastava A.K., Yuen K.M. and Elbestawi M.A.**; 1992, “*Surface Finish İn Robotic Disk Grinding*” ,int.j. Tools manufact. Vol.32,no3,pp,297-279.
- [24] **C Thiagarajan, R SivaramakrishnanS. Somasundaram.**; 2011” Experimental evaluation of grinding forces and surface finish in cylindrical grinding of Al/SiC metalmatrix composites”, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacturevol. 225 no. 9 1606-1614.
- [25] **Sanjay Agarwal, P. Venkateswara Rao**; “ A probabilistic approach to predict surface roughness in ceramic grinding”, International Journal of Machine Tools and ManufactureVolume 45, Issue 6, May 2005,Pages 609– 616.
- [26] **Jirapatarasilp, K. Kaewkuekool, S. ; Klahan, P.**“The study of influenced factors affecting to quality of cylindrical grinding harden AISI 4140 steel” ,Mechanical

and Electronics Engineering (ICMEE), 2010 2nd International Conference, v:2 P. -329 - 333.

[27] **Brambila O.G., Rubio E., Jauregui J.C. and Ruiz G.H.**, 2006, “Chattering Detection In Cylindrical Grinding Processes Using The Wavelet Transfrom”, International Journal Of Machine Tools & Manufacture, Volume 46, Issue 15, Pages 1934–193.

[28] **Sakakura M., Ohnishi T., Shinoda T., Ohashi K., Tsukamoto S., Inasaki I.**; 2012, “Temperature distribution in a workpiece during cylindrical plunge grinding"Prod. Eng. Res. Devel., 6: P:149–155.

[29] **Jinyuan T., Jin D., Yongping C.**; 2009, “Modeling and experimental study of grinding forces in surface grinding”, Journal of Materials Processing Technology, Volume 209, Issue 6, Pages 2847–2854.

[30] **Hegeman, J.B.J.W.** 2000. “Fundamentals of grinding surface conditions of groud materials”. *Doktora Tezi*, Groningen Üni., Matematik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Groningen.

[31] **Kaya, E.**, (2007),”*Silindirik taşlamada helisel kanallı taşların yüzey pürüzlülüğüne etkisi*”, Yüksek Lisans Tezi Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kütahya.

[32] **Sak C.**, (1986), “ Genel Taşlamacılık”, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstanbul.

[33] **Oksel, H.,Öztürk O.,Tunç, S.,Yardımcı, M.**, (1991), ”*Motor bölümü yenileştirme atölyesi iş ve işlem yaprakları*”, MEB Basımevi,İstanbul.

[34] URL-1 <http://www.ucer.com.tr/bilgi-bankasi.asp>(15.11.2015)

[35] **Çelik L.**; 2010, “*Taşlama işleminde titreşimin izlenmesi ve yüzey pürüzlülüğünün regresyonla modellenmesi* “,Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Konya.

[36] **Kim, S.H., Ahn, J.H.**, “Decision Of Dressing İnterval And Depth By The Direct Measurement Of The Grinding Wheel Surface”, *Journal of Materials Processing Technology*, 88: 190–194 (1999).

- [37] **Akkurt M.**, (1996), “*Talas Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları*”, Birsen Yayınevi, s.3-347.
- [38] **Özkara H.**, 2002, “*Tesviyecilik Meslek Teknolojisi III*”, Milli Eğitim Yayınevi, 9-136 s.
- [39] **Özler, L.**: 1998. “*Östenitik Manganlı Çeliğin Sıcak Talaşlı İşlenmesinde Kalem Ömrünün Teorik ve Deneysel Olarak Araştırılması*”, *Doktora Tezi*, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Elazığ.
- [40] **Şahin, Y.**: 2001. “*Talaş Kaldırma Prensipleri 2*”, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- [41] **Çiftçi, K.**; 2005. “*Mikro alaşımlı çeliklerin frezelenmesinde kesme parametrelerinin talaşlı işlenebilirliğe etkisinin incelenmesi*”, *Yüksek lisans tezi*, Marmara üniversitesi makine eğitimi anabilim dalı, İstanbul.
- [42] **Özses B.**; 2002. “*Bilgisayar Sayısal Denetimli Takım Tezgâhlarında Değişik işleme koşullarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi*”. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Bölümü, s 6-25.
- [43] **Bayrak M.**; 2002. “*Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi ve Uzman Sistemle Karşılaştırılması*”, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Bölümü, s. 1 -35.
- [44] **Balcı B.**; 2008. “*AISI 304 östenitik paslanmaz çelik malzemenin işlenmesinde yüzey pürüzlülüğünün incelenmesi.* ”, Bilim Uzmanlığı tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
- [45] **Canıyılmaz, E.**, 2001. “*Kalite geliştirmede taguchi metodu ve bir örnek uygulama*”, Yüksek lisans tezi.
- [46] **Kayı, Y.**; 2006. “*Plastik enjeksiyon prosesindeki parametrelerin çekme problemine Etkilerinin taguchi metodu i e incelenmesi* “, Yüksek Lisans Tezi.

[47] **Şirvancı, M.**, “Kalite İçin Deney Tasarımı , Taguchi Yaklaşımı ”, Literatür Yayıncılık.

[48] **Demir, H., Güllü, A.;** 2008, “Taş Sertliği ve İşleme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğü ve Taşlama Kuvvetlerine Etkilerinin İncelenmesi”. Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 3(577-584).

[49] **Jeong, G.-B., Kim D.H., Jang D.Y.,** 2005, “Real time monitoring and diagnosis system development in turning through measuring a roundness error based on three-point method”, Int. J. Machine Tools & Manufacture, 45, pp. 1494–1503.

[50] **Groove M. P.;** The "Fundamentals of Modern Manufacturing" of his book Theory of Metal Machining" is the 21st episode.

[51] URL-2 http://teknolojikarastirmalar.com/pdf/tr/01_2013_10_1_144_828.pdf
(20.12.2015)