

133433

**DÜZLEM TAŞLAMADA TAŞLAMA PARAMETRELERİNİN
TAŞLAMA KUVVETLERİNE VE YÜZEY KALİTESİNE
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

Halil DEMİR

**DOKTORA TEZİ
(MAKİNA EĞİTİMİ)**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

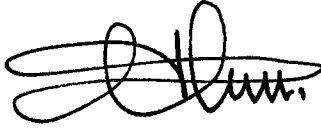
Kasım 2003

ANKARA

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

133433

Halil DEMİR tarafından hazırlanan DÜZLEM TAŞLAMADA TAŞLAMA PARAMETRELERİNİN TAŞLAMA KUVVETLERİNE VE YÜZEY KALİTESİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ adlı bu tezin Doktora tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.



Yrd. Doç. Dr. Abdulkadir GÜLLÜ

Tez Yöneticisi



Prof. Dr. Ulvi ŞEKER

Tez Yöneticisi

Bu çalışmada, jürimiz tarafında Makine Eğitimi Anabilim Dalında Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

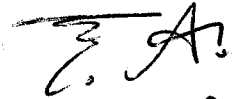
Başkan : Prof. Dr. Muammer NALBANT



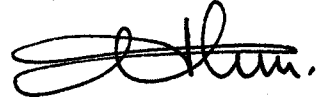
Üye : Prof. Dr. Mahmut GÜLESİN



Üye : Doç. Dr. Ersan ASLAN



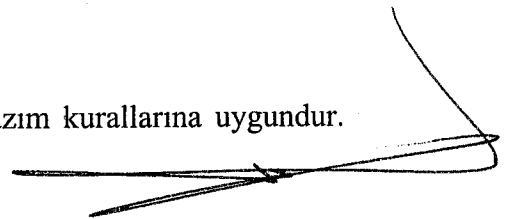
Üye : Yrd. Doç. Dr. Abdulkadir GÜLLÜ



Üye : Yrd. Doç. Dr. Cevdet GÖLOĞLU



Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	v
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	viii
RESİMLER LİSTESİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	3
2.1. Taşlama İşleminde Talaş Kaldırma Mekanığı.....	4
2.2. Taşlama İşleminde Bilemenin Etkisi.....	9
2.3. Taşlamada Isı Oluşumu ve Etkileri.....	12
2.4. Taşlama Kuvvetleri ve İşleme Parametrelerinin Taşlama İşlemindeki Etkileri.....	16
2.5. Yüzey Pürüzlülüğü ve Ölçme Yöntemleri.....	19
2.5.1. Yüzey pürüzlülüğünü etkileyen faktörler.....	20
2.5.2. Yüzey pürüzlülük parametreleri	21
2.6. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçme Yöntemleri.....	22
2.7. Kesme Kuvveti Ölçülme Metotları.....	24
2.7.1. Bilinen bir yükü dengelenerek kuvvet ölçme	24
2.7.2. Fiziksel özelliklerin değişimi ile kuvvet ölçme.....	26

2.8. Ölçme Sistemleri.....	27
2.8.1. Sinyal sınıflandırma özelliği.....	28
2.9. Ölçme Aletinin Seçimi.....	29
2.10. Transdüserler Ve Transdüser Parametreleri.....	30
2.11. Transdüserlerin Kalibrasyonu.....	31
2.12. Transdüserlerde Minimize Edilen Hatalar.....	32
2.13. Elastik Elemanlar.....	32
2.14. Yük Hücreleri Ve Yük Hücreleri İle Kuvvet Ölçümü.....	34
2.14.1. Çubuk tipi yük hücresi.....	34
2.14.2. Kiriş tipi yük hücresi	37
2.14.3. Halka tipi yük hücresi	38
2.15. Gerilme-Gerinim İlişkisi.....	39
2.16. Gerinim Ölçümü.....	40
2.17. Gerinim Ölçer Çeşitleri Ve Seçim Kriterleri.....	42
2.18. Kesme Kuvvetlerinin Ölçülmesi Üzerine Yapılan Çalışmalar.....	42
2.19. Yapılan Literatür Çalışmalarının Değerlendirilmesi.....	44
3. TAŞLAMA.....	47
3.1. Düzlem Yüzey Taşlama.....	48
3.2. Taşlama Takımları.....	48
3.2.1. Aşındırıcılar.....	48
3.3. Aşındırıcıların Mekanik Özellikleri.....	50
3.4. Taş Tane Büyüklükleri.....	51
3.5. Birleştirme Malzemeleri.....	52
3.5.1. Organik birleştirme malzemeleri.....	52

3.5.2. İnorganik birleştirme malzemeleri.....	53
3.6. Taşların Sertliği.....	53
3.7. Taşların Yapısı.....	55
3.8. Taşlama Kuvveti.....	75
3.9. Taşın Tezgah Miline Flanş İle Bağlanması	57
3.10. Taşın Dengelenmesi	57
4. MALZEME VE METOT.....	59
4.1. . Giriş.....	59
4.2. Tasarım	61
4.3. Deney düzeneğinin oluşturulması.....	61
4.4. Yük Hücrelerinin Deney Düzeneğine Yerleştirilmesi.....	69
4.5. Takım Tezgahı ve Taş Çeşitleri.....	69
4.6. Deney Numuneleri.....	70
4.7. Kesme Derinliği	72
4.8. Taş bileme oranı (tbo).....	73
4.9. Yapılacak Deney Sayısının Belirlenmesi.....	73
4.10. Deneylerin Yapılışı.....	75
4.11. Dinamometrenin Kalibrasyonu ve Taşlama Kuvveti Hesabı.....	77
4.12. Yüzey Pürüzlülüğünün Ölçülmesi.....	80
5. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA	84
5.1. Taşlama Parametrelerinin Etkileri	84
5.1.1. AISI 1050 malzemesinde taş tane büyüklüğü-yüzey pürüzlülüğü ilişkisi.....	84

5.1.2. AISI 4140 malzemesinde taş tane büyüklüğü-yüzey pürüzlülüğü ilişkisi.....	90
5.1.3. AISI 1050 malzemesinde taş tane büyüklüğü-taşlama kuvveti ilişkisi.....	91
5.1.4. AISI 4140 malzemesinde taş tane büyüklüğü-taşlama kuvveti ilişkisi.....	94
5.1.5. AISI 1050 malzemesinde taş dokusu -yüzey pürüzlülüğü ilişkisi....	95
5.1.6. AISI 4140 malzemesinde taş dokusu -yüzey pürüzlülüğü ilişkisi....	98
5.1.7. AISI 1050 malzemesinde taş dokusu-taşlama kuvvetleri ilişkisi	99
5.1.8. AISI 4140 malzemesinde taş dokusu-taşlama kuvvetleri ilişkisi	102
5.1.9. AISI 1050 malzemesinde taş sertliği -yüzey pürüzlülüğü ilişkisi....	103
5.1.10. AISI 4140 malzemesinde taş sertliği -yüzey pürüzlülüğü ilişkisi...	105
5.1.11. AISI 1050 malzemesinde taş sertliği -taşlama kuvveti ilişkisi.....	107
5.1.12. AISI 4140 malzemesinde taş sertliği -taşlama kuvveti ilişkisi.....	110
5.2. Farklı Malzemeler Üzerinde Taşlama Parametrelerinin Etkilerinin Değerlendirilmesi.....	113
5.2.1. Taş tane boyutunun farklı malzemelerde yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi	113
5.2.2. Taş tane boyutunun, farklı malzemelerde taşlama kuvveti üzerine etkisi	117
5.3. Yatay Yönde (Ft) ve Dikey Yönde (Fn) Oluşan Taşlama Kuvvetleri Arasındaki İlişki	124
5.4. Taşlama Kuvvetleri İçin Deneysel ve Teorik Sonuçların Karşılaştırılması.....	128
5.5. Paso Sayısının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	134
5.6. Soğutma Sıvısının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi.....	136

SONUÇ VE ÖNERİLER..... 139

KAYNAKLAR..... 147

EK..... 154

ÖZGEÇMİŞ.....156



**DÜZLEM TAŞLAMADA TAŞLAMA PARAMETRELERİNİN TAŞLAMA
KUVVETLERİNE VE YÜZEY KALİTESİNE ETKİLERİNİN
İNCELENMESİ
(Doktora tezi)**

Halil DEMİR

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Kasım 2003**

ÖZET

Bu çalışmada; düzlem taşlama tezgahında taşlama yapılırken taşlama parametrelerinin taşlama kuvvetlerine etkilerini incelemek amacıyla gerinim ölçer esaslı bir dinamometre tasarlanarak imal edilmiştir. Taşlama işlemi esnasında oluşan kuvvetlere ait analog verilerin sayısal olarak bilgisayara aktarılması için gerekli donanım ve yazılım kullanılmıştır. AISI 1050 ve AISI 4140 çelik malzemeleri kullanılarak farklı taş tane büyüklüğü, taş dokusu, farklı taş sertliği ve kesme derinliklerinde deneyler yapılmıştır. Deneyler esnasında taş devri, taş bileme oranı ve soğutma sıvısının debisi sabit tutularak oluşan taşlama kuvvetleri ve yüzey pürüzlülükleri de ölçülmüştür. Deneysel olarak elde edilen taşlama kuvvetleri ile karşılaştırmak amacıyla iş parçası malzemesi özelliği ve kesme derinliğine göre teorik taşlama kuvvetleri de hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlardan ölçülen taşlama kuvvetleri ile teorik olarak hesaplananlar arasında önemli bir farkın olduğu görülmüştür. Taş tane büyüklüğünün ve kesme derinliğinin artması ile taşlama kuvvetleri ve yüzey pürüzlülük değerleri artmıştır. 0,01 – 0,03 mm kesme derinliklerinde yapılan taşlama işlemleri esnasında oluşan taşlama kuvvetlerinde fazla bir fark görülmemiş, ancak kesme derinliğinin daha fazla artması ile taşlama kuvvetlerinde yaklaşık % 50 oranında artışlar görülmüştür. Paso sayısının artması ile yüzey pürüzlülük değerlerinde önemli derecede azalmalar

görülmüştür. Ayrıca, yapılan bütün taşlama işlemlerinde AISI 4140 malzemesinde oluşan taşlama kuvvetleri AISI 1050 malzemesinde oluşan taşlama kuvvetlerine nazaran %20-30 daha fazla olmuştur.

Bilim Kodu : 708
Anahtar Kelimeler : Düzlem taşlama, Taşlama kuvvetleri, Dinamometre, Yüzey pürüzlülüğü, Taş tane büyüklüğü
Sayfa Adedi : 156
Tez Yöneticileri : Yrd. Doç. Dr. Abdulkadir GÜLLÜ
Prof. Dr. Ulvi ŞEKER

**INVESTIGATION OF THE INFLUENCES OF GRINDING PARAMETERS
ON GRINDING FORCES AND SURFACE QUALITY IN SURFACE
GRINDING**

(PhD Thesis)

Halil DEMİR

**GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

November 2003

ABSTRACT

In this study, a strain gauge based dynamometer for surface grinding machine has been designed and constructed in order to investigate the effects of grinding parameters on the cutting forces during surface grinding. Necessary hardware and software were used to convert analogue grinding force data to digital and to save them on a computer. Grinding tests were conducted on AISI 1050 and AISI 4140 workpieces using different abrasive sizes, grinding wheel structures, grinding wheel hardness and depth of cuts. During the tests, grinding forces were measured by keeping the grinding wheel speed, wheel dressing ratio and coolant flow constant. In addition, surface roughness values of the ground surfaces were also measured. Theoretical cutting force calculations were performed based on the depth of cut and workpiece material in order to compare them to the ones experimentally obtained. The results showed that there were considerable differences between the theoretically calculated cutting forces and experimentally obtained ones. Increasing abrasive grain size and depth of cut increased the cutting forces and workpiece surface roughness. Although, significant differences in cutting forces were not observed at the depths of cut of 0,01 – 0,03 mm, further increases in the depth of cut increased the grinding forces by approximately 50 %. When the number of passes

decreased have been increased, it has been observed surface roughness values decreased significantly. In addition, AISI 4140 led to the higher cutting forces by 20-30 % than AISI 1050 in all the tests.



Science code : 708
Key words : Surface grinding, Grinding forces, Dynamometer, Surface roughness, Wheel grain size
Page number : 156
Advisers : Assist. Prof. Abdulkadir GÜLLÜ
Prof. Ulvi ŞEKER

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardımlarını esirgemeyen ve beni yönlendiren, çalışmamın en iyi bir şekilde sonuçlanmasına katkıda bulunan Tez danışmanlarım Yrd. Doç. Dr. Abdulkadir GÜLLÜ ve Prof. Dr. Ulvi ŞEKER'e, Tez İzleme Komitesi üyeleri Prof. Dr. Mahmut GÜLESİN'e, Doç. Dr. Ersan ASLAN'a, çalışmalarımın her aşamasında benden yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Ahmet ÖZDEMİR ve Doç. Dr. Mahmut İZCİLER'e teşekkür ederim. Ayrıca, Öğr. Gör. Hasan Basri ULAŞ, Arş. Gör. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ, Arş. Gör. Yakup TURGUT, Arş. Gör. Mustafa GÜNAY, Arş. Gör. Yakup YILDIZ, Arş. Gör. Yunus TÜREN, Arş. Gör. Dr. Bilge DEMİR, Arş. Gör. Abdullah KURT, Arş. Gör. Metin ZEYVELİ ve ev arkadaşım Rıfat PALA'ya da teşekkür ederim. Her türlü fedakarlığı yaparak benim okumamı sağlayan Anneme, Babama, ağabeyim Durmuş DEMİR ve değerli eşi Zuhal DEMİR'e ve ayrıca sabır ve desteklerini her an yanımda hissettiğim sevgili eşim Sunay ve kıymetli oğlum Murathan'a teşekkür ederim.

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Taşlama sonuçlarını etkileyen faktörlerin gruplanması.....	19
Çizelge 2.2. Yüzey pürüzlülük ölçme yöntemleri ve özellikleri.....	23
Çizelge 2.3. Yük hücresi doğrulukları için özellikler.....	32
Çizelge 3.1. Knoop sertlik skalasına göre aşındırıcı malzemelerin sertlikleri.....	51
Çizelge 3.2. Pratikte kullanılan malzemelerin kKnoop sertlik skalasına göre aşındırıcı malzemelerin sertlikleri.....	51
Çizelge 3.3. DIN standartına göre tanecikler.....	51
Çizelge 3.4. Amerikan standartlarına göre aşındırıcılar.....	52
Çizelge 3.5. Taşların Sertlikleri.....	54
Çizelge 3.6. Taşlarda kullanılan etiket renklerinin anlamı.....	55
Çizelge 3.7. Taşlarda kullanılan renkli köşegenlerin anlamı.....	55
Çizelge 4.1. Seçilen yük hücresinin teknik özellikleri	63
Çizelge 4.2. Kullanılan gerinim ölçer girdi modülünün teknik özellikleri.....	64
Çizelge 4.3. Kullanılan I/O kartının bazı teknik özellikleri.....	65
Çizelge 4.4. Taş dokusuna göre yapılan gruplandırma	69
Çizelge 4.5. Taş sertliğine göre yapılan gruplandırma.....	70
Çizelge 4.6. Taş tane büyüklüğüne göre yapılan gruplandırma.....	70
Çizelge 4.7. Kullanılan taşların kodlaması	70
Çizelge 4.8. AISI 1050 malzemesinin kimyasal bileşimi.....	72
Çizelge 4.9. AISI 4140 malzemesinin kimyasal bileşimi	72
Çizelge 4.10. Deneyde kullanılan taşların tane büyüklükleri	73
Çizelge 4.11. Deney taşlarının bileme derinlikleri ve adımları.....	74

Çizelge 4.12. Deneyde kullanılan parametrelerin değerleri ve sayıları.....	74
Çizelge 4.13. Deney parametrelerinin karşılaştırmalı (kombinasyon) örnekleri.....	75
Çizelge 4.14. Kalibrasyonda uygulanan yükler ve gerilimin değişmesi.....	78
Çizelge 4.15. Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazının teknik özellikleri.....	80
Çizelge 4.16. Deney yaprağı	83
Çizelge 5.1. Taş taş tane büyüklüğüne göre deneysel ve teorik taşlama kuvveti (Ft) karşılaştırılması.....	145
Çizelge 5.2. Taş dokusuna göre deneysel ve teorik taşlama kuvveti (Ft) karşılaştırılması.....	146
Çizelge 5.3. Taş sertliğine göre deneysel ve teorik taşlama kuvveti (Ft) karşılaştırılması.....	147

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Taşlamada talaş oluşumunun üç aşaması	6
Şekil 2.2. Talaş oluşumu modeli	7
Şekil 2.3. Aşındırıcı ile talaş kaldırılması ve tane kopması	9
Şekil 2.4. Taş tanesinin aşınma çeşitleri.....	10
Şekil 2.5. Hassas taşlamada takım aşınmasının kaldırılan talaş miktarı ile ilişkisi	11
Şekil 2.6. Taş hızı ve talaş derinliğinin, taşlama kuvvetleri üzerine etkisi	17
Şekil 2.7. Eşit kollu manivela terazisi.....	25
Şekil 2.8. Kuvvet dengeleme metodu	26
Şekil 2.9. Kuvvetin yay vasıtasıyla yer değiştirme olarak çevrimi.....	28
Şekil 2.10. Ankastre kirişin statik ve dinamik yüklenmesi.....	29
Şekil 2.11. Elastik elemanlar (a) Basit elastik eleman, (b) Ankastre elastik eleman, (c) Elastik halka	34
Şekil 2.12. a)Çubuk tipi yük hücresi, b) Wheatstone köprü bağlantıları.....	35
Şekil 2.13. Kiriş tipi yük hücresi (a) kiriş tipi yük hücresinin fotoğrafı (b) gerinim ölçerdeki elastik eleman (c) Wheatstone köprüsündeki gerinim ölçerlerin konumları	38
Şekil 2.14. Halka tipi yük hücresi.....	39
Şekil 2.15 Eksenel ve enine gerinim ilişkileri.....	40
Şekil 2.16. Yapıştırma tipi gerinim ölçer konstrüksiyonu	42
Şekil 2.17. Dirençli gerinim ölçer tipleri.....	43
Şekil 3.1. Knoop sertlik deneyinde kullanılan elmas uç	50
Şekil 3.2. Taşın geometrisi ve kuvvetler.....	56
Şekil 3.3. Taşın tezgah miline flanş yardımı ile bağlanması.....	57

Şekil 3.4. Statik dengeleme sehpası.....	58
Şekil 4.1. Deney düzeneği.....	60
Şekil 4.2. Deneylerde kullanılan yük hücresi köprü devresi	63
Şekil 4.3. Strateji tasarımcısında yer alan programın genel çerçevesi.....	66
Şekil 4.4. Strateji tasarımcısında yer alan bazı blokların diyalog kutuları a) Analog giriş bloğu, b) Ortalama bloğu diyalog kutusu.....	67
Şekil 4.5. Bilgisayar programının akış şeması.....	68
Şekil 4.6. Kalibrasyonda uygulanan yükler ve gerilimin değişmesi.....	78
Şekil 4.7. Kalibrasyonda uygulanan yükler ve gerilimin değişmesi.....	79
Şekil 4.8. Pürüzlülük ölçme aralıkları	81
Şekil 4.9. İzleyici uç prensibi	81
Şekil 4.9. İzleyici uçtan kaynaklanan ölçme hatası	82
Şekil 5.1. Farklı taş tane büyüklüklerine göre kesme derinliği ile ortalama pürüzlülük arasındaki ilişki.....	85
Şekil 5.2. Farklı taş tane büyüklüklerine göre kesme derinliği ve Rz ilişkisi.....	86
Şekil 5.3. Farklı taş tane büyüklüklerine göre kesme derinliği ve Ry ilişkisi.....	86
Şekil 5.4. Taş tane büyüklüğü (ttb) ile ortalama Ra ilişkisi.....	87
Şekil 5.5. Taş tane büyüklüğü (ttb) ile ortalama Ry ilişkisi.....	87
Şekil 5.6. Farklı taş tane büyüklüklerine göre kesme derinliği ile ortalama pürüzlülük arasındaki ilişki	91
Şekil 5.7. Farklı taş tane büyüklüklerine göre kesme derinliği ile taşlama kuvveti arasındaki ilişki (tabla hızı: 390 mm/s).....	92
Şekil 5.8. Farklı taş tane büyüklüklerine göre kesme derinliği ile taşlama kuvveti arasındaki ilişki (tabla hızı: 510 mm/s).....	93
Şekil 5.9. Farklı taş tane büyüklüklerine göre kesme derinliği ile taşlama kuvveti arasındaki ilişki (tabla hızı: 460 mm/s).....	95

Şekil 5.10. Farklı taş dokusuna göre kesme derinliği ile taşlama kuvveti arasındaki ilişki (tabla hızı: 460 mm/s).....	97
Şekil 5.11. Farklı taş dokusuna göre kesme derinliği ile yüzey pürüzlülüğüne arasındaki ilişki	98
Şekil 5.12. Farklı taş dokusuna göre kesme derinliği ile ortalama yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişki (tabla hızı: 460 mm/s)	99
Şekil 5.13. Farklı taş dokusuna göre kesme derinliği ile taşlama kuvveti arasındaki ilişki (tabla hızı: 390 mm/s).....	100
Şekil 5.14. Farklı taş dokusuna göre kesme derinliği ile taşlama kuvveti arasındaki ilişki (tabla hızı: 390 mm/s, malzeme AISI 1050).....	101
Şekil 5.15. Farklı taş dokusuna göre kesme derinliği ile taşlama kuvveti arasındaki ilişki (tabla hızı: 510 mm/s, Malzeme AISI 1050).....	102
Şekil 5.16. Farklı taş dokusuna göre kesme derinliği ile taşlama kuvveti arasındaki ilişki (tabla hızı: 460 mm/s, Malzeme AISI 4140).....	103
Şekil 5.17. Farklı taş sertliğine göre kesme derinliği ile ortalama yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişki (tabla hızı: 460 mm/s, malzeme AISI 1050).....	105
Şekil 5.18. Farklı taş sertliğine göre kesme derinliği ile ortalama yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişki (tabla hızı: 460 mm/s, Malzeme AISI 4140).....	107
Şekil 5.19. Farklı taş sertliğine göre kesme derinliği ile taşlama kuvveti arasındaki ilişki (tabla hızı: 390 mm/s, malzeme AISI 1050)	108
Şekil 5.20. Farklı taş sertliğine göre kesme derinliği ile taşlama kuvveti arasındaki ilişki (tabla hızı: 460 mm/s, malzeme AISI 1050).....	109
Şekil 5.21. Farklı taş sertliğine göre kesme derinliği ile taşlama kuvveti arasındaki ilişki (tabla hızı: 510 mm/s, malzeme AISI 1050)	110
Şekil 5.22. Farklı taş sertliğine göre kesme derinliği ile taşlama kuvveti arasındaki ilişki (tabla hızı: 460 mm/s, malzeme AISI 4140).....	111

Şekil 5.23. Farklı tabla hızlarında ve taş sertliklerinde kesme derinliği ile taşlama kuvveti arasındaki ilişki (malzeme AISI 4140).....	112
Şekil 5.24. Kaba taneli taşta (46M5) değişik kesme derinliklerinde, iş malzemesi ve ortalama yüzey pürüzlülüğü ilişkisi.....	114
Şekil 5.25. Orta taneli taşta (60M5) değişik kesme derinliklerinde, iş malzemesi ve ortalama yüzey pürüzlülüğü ilişkisi.....	114
Şekil 5.26. İnce taneli taşta (80M5), değişik kesme derinliklerinde, iş malzemesi ve ortalama yüzey pürüzlülüğü ilişkisi.....	115
Şekil 5.27. Değişik kesme derinliklerinde, ttb-Ra ve malzeme cinsi ilişkisi a) AISI 1050 b) AISI 4140, (tabla hızı: 460 mm/s).....	116
Şekil 5.28. Kaba taneli taşta, değişik iş malzemelerinde kesme derinliği ve taşlama kuvveti arasındaki ilişki (tabla hızı 510 mm/s).....	118
Şekil 5.29. Orta taneli taşta (60M5), değişik iş malzemelerinde, kesme derinliği ve taşlama kuvveti arasındaki ilişki (tabla hızı 510 mm/s).....	119
Şekil 5.30. İnce taneli taşta (80M5), değişik iş malzemelerinde, kesme derinliği ve taşlama kuvveti arasındaki ilişki (tabla hızı 510 mm/s).....	120
Şekil 5.31. Değişik kesme derinliklerinde, ttb-taşlama kuvveti ve malzeme cinsi ilişkisi a) AISI 1050 malzemesi, b) AISI 4140 malzemesi, (tabla hızı: 510 mm/s).....	121
Şekil 5.32. Kaba taneli taşta (46M5) Ft ve Fn arasındaki ilişki (tabla hızı 390 mm/s, malzeme AISI 1050).....	125
Şekil 5.33. Orta taneli taşta (60M5) Ft ve Fn arasındaki ilişki (tabla hızı 390 mm/s, malzeme AISI 1050).....	125
Şekil 5.34. İnce taneli taşta (80M5) Ft ve Fn arasındaki ilişki (tabla hızı 390 mm/s, malzeme AISI 1050).....	126
Şekil 5.35. Kaba taneli taşta (46M5) Ft ve Fn arasındaki ilişki (tabla hızı 390 mm/s, malzeme AISI 4140).....	127
Şekil 5.36. Orta taneli taşta (60M5) Ft ve Fn arasındaki ilişki (tabla hızı 390 mm/s, malzeme AISI 4140).....	127

Şekil 5.37. İnce taneli taşa (80M5) F_t ve F_n arasındaki ilişki tabla hızı 390 mm/s, malzeme AISI 4140).....	128
Şekil 5.38. Değişik kesme derinliklerinde, deneysel ve teorik taşlama kuvvetlerinin ilişkisi a) AISI 1050 malzemesinde, b) AISI 4140 malzemesinde.....	134
Şekil 5.39. Paso sayısı ve yüzey pürüzlülüğü ilişkisi (Kesme derinliği 0,03 mm).....	135
Şekil 5.40. Değişik kesme derinliklerinde, soğutma sıvısı ve yüzey pürüzlülüğü ilişkisi.....	136



RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Yüzey pürüzlülüğü profili	22
Resim 2.1. Transdüserler	25
Resim 4.1. Deneylerde kullanılan yük hücresi.....	62
Resim 4.2. Strateji tasarımcısında yer alan bazı blokların diyalog kutuları.....	66
Resim 4.3. Deney düzeneğinin taşlama tezgahındaki konumu.....	69
Resim 4.4. Deney numuneleri.....	71
Resim 4.5. Dengeleme sehpası ve dengelemek için takılmış bir taş.....	76
Resim 4.7. a) Tabla hızının kontrolü, b) Tezgah talaş kadranı.....	76
Resim 4.8. Taşlama tezgahında taşlanan bir numune	77
Resim 4.9. Taşlama parametrelerini belirten dosya adının verilmesi.....	79
Resim 4.10. Taşlama kuvvetlerini ölçülme işleminin takibi ve kayıt edilmesi.....	79
Resim 4.11. Yüzey pürüzlülüğü ölçme işlemi.....	81
Resim 5.1. Taş tane büyüklüğüne göre yüzey görüntüleri (Talaş derinliği: 0,02 mm).....	88
Resim 5.1. Taş tane büyüklüğüne göre yüzey görüntüleri (Kesme derinliği: 0,02 mm).....	88
Resim 5.2. 80 taneli taşa fazla kesme derinliğinin malzemedeki olumsuz görüntüleri (Kesme derinliği: 0,04 mm).....	89
Resim 5.3. 80 taneli taşa fazla kesme derinliğinin taşlama diskindeki olumsuz görüntüleri (Kesme derinliği: 0,04 mm).....	89
Resim 5.4. Kesme derinliğinin yüzey yapısına etkisi (60M5).....	90
Resim 5.5. Taş tane sayısına göre taş yüzeylerinin görünümü.....	94
Resim 5.6. Taş dokusunun yüzey yapısına etkileri (Kesme derinliği: 0,02 mm)...	96
Resim 5.7. Taş sertliğinin yüzey yapısına etkileri (Kesme derinliği: 0,03 mm)....	104

Resim 5.8. Malzemelerin mikro yapısı a) AISI 1050, b) AISI 4140..... 123

Resim 5.9. Taş tanesi ve taş gözenəğinin durumu a) Bilenmiş,
b) Soğutma sıvısı ile, c) Kuru taşlanmış 138



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
F	Taşıma kuvveti, (N)
F_t	Teğetsel kuvvet, (N)
F_n	Normal kuvvet, (N)
td	Taş dokusu
ts	Taş serliği
M_z	Malzeme
N	Newton
R_a	Ortalama yüzey pürüzlülüğü, (μm)
k	Yay sabiti
E	Elastiklik Modülü
GB	Gerçek büyüklük
V	volt
ε_a	Elemandaki eksenel uzama, (mm)
ε_L	Enine değişim, (mm)
(ΔR)	Direnç değişimi
A	Kesit alanı, (mm ²)

1. GİRİŞ

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

Taşıma işlemi, iş parçalarının istenilen şekil, ölçü ve ölçü toleranslarında elde edilmesini sağlayan önemli bir imalat yöntemidir. Bu yöntem iş parçalarının özellikle diğer işleme yöntemleriyle (tornalama, frezeleme vb.) yeterli tamlıkta ve yüzey kalitesinde üretilemediği durumlarda kullanılır (1). Gerek geleneksel, gerekse modern yöntemlerle yapılan üretim işlemlerinde taşıma işleminin önemi çok büyüktür. Özellikle; ölçü tamlığı, dairesellik, yüzey kalitesi ve görünümün önem kazandığı ürünlerde çoğunlukla taşıma işlemi zorunlu olmaktadır. Ölçme aletleri, kızak ve kayıtlar, miller, dişli çarklar, merdane ve yatak bilezikleri gibi bir çok makine parçasının yüzey özelliklerinin iyi olması zorunludur. Bu yüzeylerin korozyona karşı dayanıklı olabilmesi için taşıma işlemi gerekli şartlardan biridir (2).

Taşıma işlemlerinde de üretim maliyetini düşürmek ve üretilen iş parçası kalitesini artırmak için, kullanılan taş ve işleme parametrelerinin iyi seçilmesi gerekmektedir. Taşıma işlemi esnasında bu parametrelerin ayrı ayrı etkilerinin yanı sıra birbirleriyle de etkileşimi söz konusudur. Bu parametrelerin birbirleri arasındaki etkileşimi iyi bilinmez ve etkileri tam olarak tespit edilemezse taşın hızlı aşınması, yanması ve ayrıca taşlanan iş parçasının bozulması veya yeni bir işlem gerektirecek derecede iş parçası yüzey kalitesinin bozuk olması gibi maliyeti artıracak ve zaman israfına neden olacak problemler ortaya çıkabilir (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 tezgahlarının, 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 değerlerle 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 karmaşık olduğu için taşlama işlemlerinde kesme kuvvetlerinin deneysel olarak ölçülmesi daha da önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada, düzlem taşlama tezgahında taşlama işlemi esnasında taşlama parametrelerinin taşlama kuvvetlerine etkilerini araştırmak amacıyla bir dinamometre tasarlanarak imal edilmiştir. Dinamometre tasarımında iki adet gerinim ölçer esaslı yük hücresi kullanılmıştır. Taşlama işlemi esnasında oluşan kuvvetlere ait analog verilerin sayısal olarak bilgisayara aktarılması için gerekli donanım ve yazılım kullanılmıştır. Gerekli kalibre işlemlerinden sonra AISI 1050 ve AISI 4140 çelik malzemeler üzerinde dört farklı taş tane büyüklüğü, üç farklı taş dokusu, üç farklı taş sertliği ve altı farklı talaş derinliğinde deneyler yapılmıştır. Deneyler esnasında taş devri, taş bileme oranı ve soğutma sıvısının debisi sabit tutularak oluşan taşlama kuvvetleri ölçülmüştür. Ayrıca her bir deneyden sonra yüzey pürüzlülükleri de ölçülmüştür. Deneysel olarak elde edilen taşlama kuvvetleri değerleri ile karşılaştırmak amacıyla iş parçası malzemesi özelliği ve talaş derinliği dikkate alınarak taşlama kuvvetleri teorik olarak da hesaplanmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

İnsanların kendi araç ve gereçlerini yapmaya başlamasından itibaren yüzey işleme tekniklerinden belki de ilk olarak “taşlama” kullanılmaya başlanmıştır. Bazı doğal malzemelerin diğer malzemeleri belli şekilde çizdiği ve aşındırdığı gözlenmiştir. Doğrudan mekanik etki ile kullanılan bu sert cisimler “aşındırıcılar” olarak anılagelmiş ve teknolojinin gelişimine paralel olarak aşındırıcılar ve aşındırma işlemi de gelişme kaydetmiştir. Aşındırıcılar, kullanılış amaçları ve özelliklerine göre değişik isimler almışlardır (6).

Aşındırıcı taşların başarılı uygulamaları taşlama sisteminin bütün yönlerine dikkat etmeyi gerektirmektedir. Taşlama işlemine başlamak için dört anahtar faktör olarak, takım tezgahı, taş seçimi, iş malzemesinin özellikleri ve operasyon faktörleri dikkate alınmaktadır (6).

Bir işleme metodunda, operasyon parametrelerinin belirlenmesinde, ya en az üretim maliyeti veya en büyük üretim miktarı ya da mümkün olan en iyi yüzey kalitesini elde etmek esas alınmaktadır. İşlemin fonksiyonu, bir yaklaşıma göre bu üç alt hedefin önemli bir kombinasyonudur. Sayısız işlem değişkeni içeren aşındırma işleminde bir parametrenin dahi değişmesi parçaların son yüzey performansında çok etkili olmaktadır (7).

Yüzey bütünlüğünün önemi; kırılma dayanımı, korozyon hızı, gerilme-korozyon çatlaması, aşınma, manyetik özellikler ve boyutsal kararlılık gibi ürün performansı üzerindeki etkilere bağlıdır (8). Yüzey bütünlüğü; bitirme yüzeyi, metalürjik hasar ve kalıcı gerilmeler gibi yüzeylerin kalitesiyle ilgili bütün yönleri kapsamaktadır. Bitirme yüzeyi işlenen yüzeyin kalitesiyle ilgilidir. İşlenen yüzey Avrupa ve Japonya’da tepe-çukur pürüzlülüğüne göre ölçülür, İngiltere ve Amerika’da ortalama Ra’ya göre ölçülmektedir (7). Bitirme yüzeyi örnek olarak bazı uygulamalarda önemli olabilir. Bu uygulamalar yüzeye gelen yüke göre taşlama çizgilerinin konumu, taşlanan yüzeyin kırılma dayanımında önemli bir rol oynamaktadır. Yükleme yönüne dik bir çekme gerilmesi, yükleme yönüne paralel bir çekme

gerilmesinden daha düşük kırılma dayanımı göstermektedir. Yüzey bütünlüğünün ikinci yönü olarak metalürjik hasar; mikro yapının değişimi veya yüzey sertliğindeki değişim, çok kırılğan malzemelerdeki mikro çatlaklar veya yorulma dayanımındaki değişim, kırılma dayanımı, gerilme, korozyon kırılması veya aşınma hızı ile karakterize edilmektedir. Yüzey sertliğindeki değişimin bir sebebi taşlama esnasında oluşan kritik sıcaklıktaki faz dönüşümleridir. Mesela faz dönüşümü çeliklerde, taşlanmış parçaların östenitlenmesi ve su verilmesiyle oluşmaktadır. Yüzey bütünlüğünün üçüncü yönü olan kalıcı gerilmeler; kırılma dayanımı, yorulma dayanımı, aşınma direnci, boyutsal kararlılık ve iş parçası malzemesinin metalurjik özellikleri ile ilgilidir (7). Bu yüzden taşlanmış parçalardaki kalıcı gerilmelerin oluşumunu sağlayan taşlama kuvvetlerinin tamamen anlaşılması gerekmektedir.

2.1. Taşlama İşleminde Talaş Kaldırma Mekanizması

Taşlamayla talaş kaldırma işlemi, kesici dişlerin yerine çok sayıda aşındırıcı taneciklerin bulunduğu, frezeleme işlemine benzetilebilir. Bir aşındırıcının kaldıracığı talaş kalınlığı, freze çakısı dişlerinde olduğu gibi sıfırdan maksimum talaş değerine kadar değişmektedir. Bu şekilde kaldırılan talaşın boyutu her aşındırıcı tane için birkaç mikron civarında olmaktadır. Ancak aynı anda çok sayıda aşındırıcının talaş kaldırdığı düşünülürse talaş hacmi oldukça artmaktadır. Taşlamayı etkileyen önemli bir faktör de aşındırıcıların aşınması ve taştan koparak ayrılmasıdır. Talaşlı üretimin temel elamanı olan makine, kesici takım ve işlenecek malzeme üzerinde yıllardır devam eden araştırmalar, talaş kaldırma esnasında meydana gelen kesme kuvvetlerinin ve etkilerinin analizi ve doğru olarak ölçülmesini de gerekli hale getirmiştir. Taşlamacılıkta bu amaçla bir çok sayıda çalışma yapılmış olmasına rağmen, taşlama işlemi esnasında, taşlanan malzemede oluşan problemler tamamıyla çözülememiştir (5).

Genelde, bir yüzeyin taşlanması için, ideal kesme, yanıl yer değiştirmeye oluşan kazıma, iş parçasının hareketi, aşındırıcı taş, iş parçasının elastikliği, titreşim gibi bir

çok işlem kombinasyonu gerekmektedir. Kontrol edilebilen ve edilemeyen çok sayıda değişik parametre taşlama işleminde etkili olmaktadır (9).

Talaşlı imalatla, taşlama metoduyla daha fazla talaş kaldırma işlemi, üzerinde fazlaca durulan bir konu haline gelmiştir. Taşlama işlemi genel olarak, küçük derinlikte talaşların kaldırılmasında kullanılır. Fakat, kesme derinliği ve ilerlemenin artmasıyla daha yüksek değerlerde talaş kaldırma çalışmaları da artmıştır.

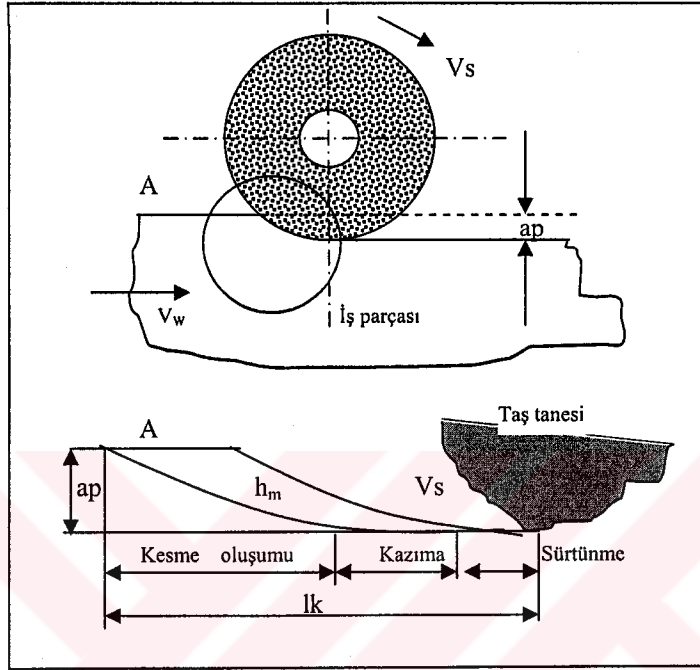
Lidsay tarafından yapılan doktora çalışmasında, taş ve iş aşınma parametrelerinin fiziksel anlamı verilerek, taşlamacılar için yarı deneysel bir eşitlik çıkartılmıştır. Taş aşınma parametresi eşitliği, deneysel olarak tayin edilerek, iki parametrenin ilişkisi olarak bilinen G oranı ve özgül enerji belirlenmiştir (10).

Hassas taşlama işlemlerinde, seramik birleştirmeli süper aşındırıcı taşların kullanımı için bir sistem yaklaşımı yoluyla, daha düşük toplam maliyet, özdeş geometrik parçalar, daha iyi yüzey kalitesi ve daha dar tolerans elde etmek amacıyla yönelik gereklilikler üzerinde de çalışmalar yapılmıştır (11).

Bir taşın taşlama performansı; taş taneleri ile iş parçasının etkileşimine bağlıdır. Bu etkileşimin belirleyicileri ise; tane dağılımı, bileme ve taşlamanın kinematığıdır. Bu etkileşimin tanımı simülasyon için bir temel oluşturmak amacıyla kullanılmaktadır. Bilgisayar simülasyonu ile taşlamadaki çeşitli aşamalar görsel olarak temsil edilebilmekte ve sonuçların daha iyi anlaşılmasına imkan sağlamaktadır. İş parçası ile taş arasındaki etkileşim değeri aktif kesici tanelerin şekline, aralığına ve kesit alanına bağlıdır. Taşlamanın mekaniği, iş parçasının bir kısmını taşıyan, her taş tanesinin harcadığı enerji miktarıyla analiz edilmektedir (12).

Taşlama işleminde, taş ve iş parçası hareketi arasındaki kinematik ilişki her bir kesici taneye uygulanmaktadır. Bu konu ile ilgili önceki çalışmalar taş yüzeyindeki ortalama tek tanenin mekaniğine dayanmaktadır. Tanelerin taşlama esnasındaki bazı yönleri, bir tane ve iş parçası arasındaki geometrik ilişki ile gösterilebilir. Deforme

olmamış talaş şekli, kesen tanenin takım yolu uzunluğu (l_k), ve maksimum deforme olmamış talaş kalınlığı (h_m) ve talaşın geometrisi Şekil 2.1’de gösterilmektedir.

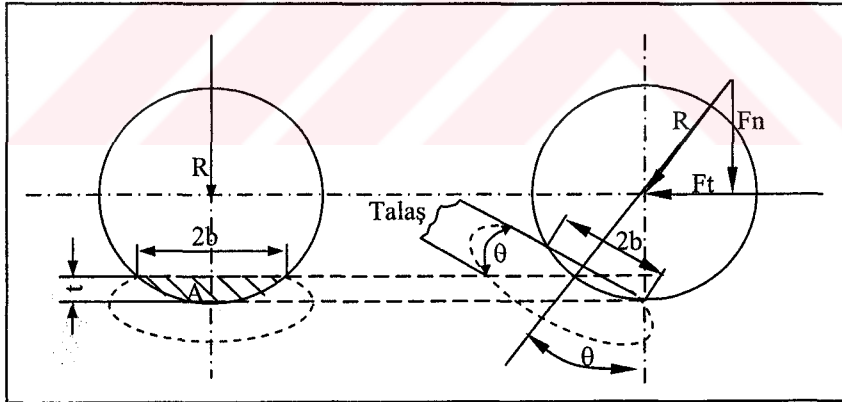


Şekil 2.1. Taşlamada talaş oluşumunun üç aşaması (12,16).

Taşlamanın oluşumu; sürtünme, kazıma ve kesme olmak üzere üç ardışık kısma ayrılabilir. Zıt yönlü (Up-cut) taşlamada, taş tanesi ile iş parçası temasında, sistemdeki elastik deformasyondan dolayı kesici tane, kesme işlemi yapmadan iş parçası yüzeyinde kaymaktadır. Bu aşama, sürtünme aşamasıdır. Kesici tane ve iş parçası arasındaki gerilme elastik sınırı geçtiği için, plastik deformasyon olmaktadır. Bu aşama kazıma aşaması olarak tanımlanır. İş malzemesi kesici taş tanesinin önüne ve yanlarına doğru bir oluk oluşturarak yığılmaktadır. İş malzemesi, kayma gerilmesine dayanamadığı zaman talaş oluşmaktadır. Talaş oluşumu, kesme aşamasıdır. Enerjinin en etkili kullanıldığı aşama, talaş kaldırma aşamasıdır. Sürtünme ve kazıma kullanılan enerjinin verimini düşürmektedir. Çünkü, enerjinin bir kısmı deformasyon ve sürtünmeyle harcanmakta, talaş kaldırmak için ise, bu aşamalarda kullanılan enerji açığa çıkarıldıktan sonrası kalmaktadır. Bunun da ötesinde, iş parçası yüzeyinde büyük sıcaklık oluşarak, yüksek oranda takım aşınması

meydana gelmekte ve iş parçasının yüzeyinden belirli bir derinlikte metalurjik hasarlar oluşmaktadır (12-15).

Aşındırıcı taş taneleri; düzensiz şekilli bir kesici takım kabul edilmektedir. Bununla birlikte Shaw'ın taş yüzeyindeki bir taneyle küre olarak modellediği rapor edilmiştir (12). Tanenin büyük negatif kesme açılarına sahip olduğu düşünüldüğünde bu modelleme doğru kabul edilebilir. Taneye uygulanan normal kuvvetin Brinell sertlik testlerindeki kuvvete benzer olduğu farz edilmektedir. Deformasyon işlemi bir elastik-plastik değer ile sınırlandırılmıştır. Küre yatay olarak hareket ettikçe, iş parçası yüzeyi altında deformasyona uğramış bölge yüzeye açılı hale gelmektedir. İş parçası malzemesi yukarı doğru sıkıştırılmakta deformasyonun devamında yüzeyden ayrılacak bir talaş oluşmaktadır. Model, Şekil 2.2'de gösterilmiştir. Burada kesme derinliği, t ile bir kürenin yatay hareketi aynı derinlikte, yüzeye batan bir küreye eşit kabul edilmektedir.



Şekil 2.2. Talaş oluşumu modeli (12)

Küre (taş tanesi) ve iş parçası yüzeyi arasında sürtünme olmadığı zaman, iş parçasına batmak için gerekli olan kuvvetin büyüklüğü sabit ve yüklenme yönünden bağımsızdır.

Taşlamada, kaldırılacak olan talaşın bir kısmı, taşın aktif yüzeyinde bulunan ilk tane tarafından, diğer kısım, takip eden taş taneleri tarafından kaldırılmaktadır.

Toplam taşlama kuvveti; taşlama bölgesinde her bir taneye gelen kuvvetleri toplayarak elde edilmektedir. Taştaki tanelerin rasgele dağılımından dolayı, taşlama bölgesinde tanelerin sayısını ve pozisyonunu bilmek zor olmaktadır. Bu zorluğu aşmak için, taşlama işleminde tüketilen enerji ile taşlama kuvveti için bir eşitlik elde edilmiştir.

Bu ifadeden yararlanılarak yapılan simülasyon sonuçları önceki deneylerle uyumlu çıkmıştır. Sonuçlar, daha önceki kabullerin doğruluğuna bir delil olmamasına rağmen, yapılan kabullerin, incelemenin devam ettiği yere kadar gerçeklerle tutarlı olduğunu açıklamaktadır (13, 17-19).

Taşlama kuvvetleri sadece talaş kaldırma mekanizmasını, taş aşınmasını ve sıcaklık dağılımını etkilemekle kalmamakta, aynı zamanda taşlama işleminin etkinliğini ve verimliliğini de etkilemektedir. Bu yüzden, taşlama kuvveti işleme kalitesini etkileyen önemli faktörlerden biridir. Son yıllarda önemli sayıda taşlama kuvvet modeli geliştirmek için çalışmalar yapılmıştır. Taşlama kuvvetinin üç ayrı (sürtünme, kazıma ve kesme) işlemi üzerindeki etkisini anlamak için tek bir taş tanesinin üzerine gelen taşlama kuvvetlerine dayalı bir model geliştirmiştir. Taşlamanın üç aşamasına göre toplam, normal ve teğet kuvvet elamanlarını ifade etmişlerdir (20). Diğer kuvvet modelleri aşağıdaki iki modele dayanmaktadır.

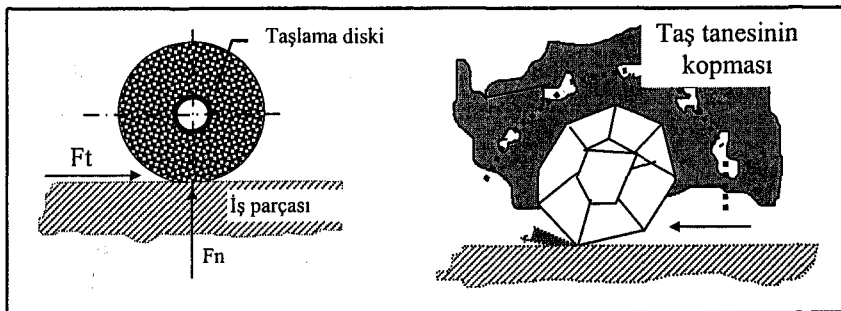
1. *Model:* Taş yüzeyindeki aktif tanelerin rasgele dağılımını dikkate alır ve taş yüzeyinin belirli bir alanı için taşlama işlemi yapan tanelerin sayısını verir.
2. *Model:* Taşlama işleminin kinematiğine bağlıdır ve taş-iş temas alanındaki talaşın kesitinin dağılım ve büyüklüğünü fonksiyonel olarak ifade etmektedir.

Ciddi olarak bir çok kuvvet modeli oluşturulmasına rağmen, bu modeller genellikle bazı kabullere dayanmaktadır ve bu kabuller gerçeklerle çelişebilmektedir. Bunun

ötesinde, bu modelleri uygulamak, çok karmaşık olmasının yanında teorik modelde kullanılan her bir tane için temas alanı, temas basıncı gibi değerleri gerçek taşlama işleminde bulmak da çok zor olmaktadır. Gerçekte, belirlenmiş konfigürasyonlarda deneysel olarak elde edilen katsayıların güvenilirliği, şartların değişmesi durumunda azalabilir (20).

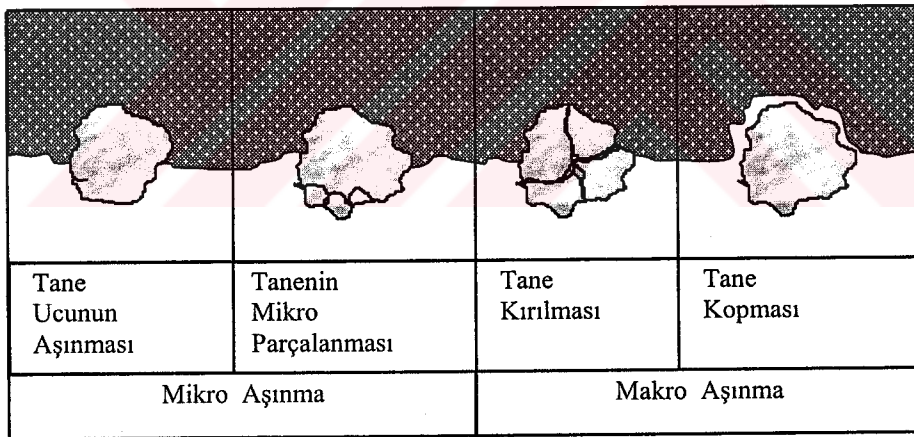
2.2. Taşlama İşleminde Bilemenin Etkisi

Çelik veya diğer sert malzemelerden talaş kaldırmak, kullanma süresine bağlı olarak kesme takımlarının (aşındırıcıların) ömrünü kısaltmaktadır. Kullanılan kesicilerin kesici uçları, her talaş kaldırılmasında aşınarak kesme kabiliyetini biraz daha kaybetmekte ve buna bağlı olarak talaş kesiti küçülmektedir. Kesme gücü ve kesiciler arasında uygun bir denge sağlanırsa, kesicinin kesme ömrü uzar ve sık sık bilemeye ihtiyaç kalmaz. Kesme ağzının bozulması ile kesme ağzına etki eden kuvvetler artar ve diğer faktörler (talaş derinliği, taş hızı, v_b) sabit kalır. Aşındırıcılardan birisi test edilirken bu etkileşim görülebilmektedir. Kesme kuvvetinin artırılmasında, yüzeyden talaş kaldırma işlemi devam eder (21). Özel kurulmuş deney seti şartlarında yapılan araştırma sonuçlarında; taşlamada, taneye etki eden kuvvetler, yeni bilenmiş taşlama takımlarda $F_t = 22,25$ N (teğetsesel kuvvet), $F_n = 45,5$ N (Normal kuvvet), belirli miktar talaş kaldırmış takımlarda $F_t=44,5$ N, $F_n=155,75$ N civarında olmaktadır. F_t ve F_n kuvvetleri Şekil 2.3'de gösterilmiştir (21).



Şekil 2.3. Aşındırıcı ile talaş kaldırılması ve tane kopması (21)

Her çeşit kesiciyle yapılan talaş kaldırma işlemlerinde, körelen kesicilere gelen kesme kuvvetleri artmaktadır. Taşlama işleminde aşındırıcı tanelere gelen kuvvetler belirli bir sınırı aşarsa, aşındırıcı taneler bağlantı malzemelerindeki gözeneklerden kırılarak koparlar. Kopan aşındırıcı tanelerin yerine yeni, keskin ağızlı taneler ortaya çıkarak kesme işleminin devamını sağlarlar. Bu işlemin sürekli olması taş diski çapının kademeli olarak küçülmesine neden olmaktadır. Taş diski çapının küçülmesi iş parçasına boyut (çap) büyümesi olarak yansımaktadır. Bu işlem; genel olarak kendi kendine bileme işlemi olarak adlandırılmaktadır (21, 22). Kesme kuvveti vasıtasıyla tanelerin fazla yüklenmesi halinde genel olarak taşlama taşlarında makro aşınma oluşmaktadır. Küçük kesme kuvvetlerinde, ilk önce artan sürtünme aşınması ile, taneyi parçalanıp dağıtacak kadar veya kırılıp yerinden sökecek kadar yüksek mertebede tane yüklenmesi Şekil 2.4'de görülmektedir (kendi kendine bileme etkisi) (8).



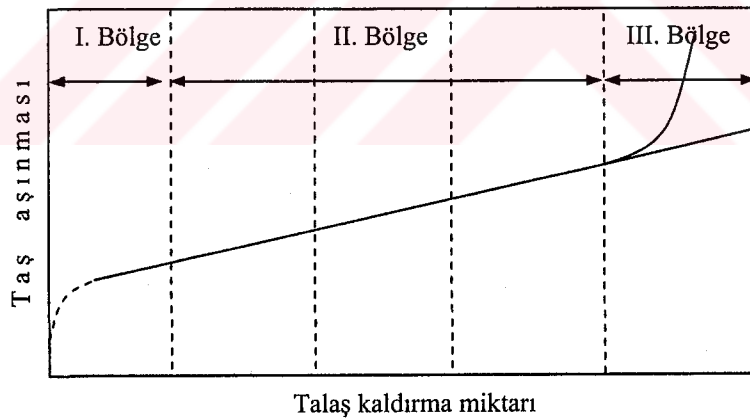
Şekil 2.4. Taş tanesinin aşınma çeşitleri (8)

Yüzeylerde aşınma oluşumu, yüksek sıcaklıkta sürtünme ve kimyasal reaksiyon nedeni ile meydana gelmektedir. Mikro parçalanma, özellikle çok kristalli tanelerde ve küçük tane yüklemelerinde meydana gelir. Tane kırılması, gevrek tek kristalli bir tane ve orta veya yüksek bir tane yüklemesinden kaynaklanmaktadır. Tane kopması ise sık dokularda, yüksek tane yüklemesinden veya daha az tane tutma kuvveti halinde meydana gelmektedir. Tane cinsleri, tane şekillerine göre sivri taneler ve blok taneler olarak gruplara ayrılmaktadır. Sivri taneler, uzun talaş kaldırılan

malzemeler için çok uygundur. Tek kristalli taneler, bir blok biçimindeki şekle ve büyük tane mukavemetine sahiptir. Bundan dolayı, camın ve seramiğin taşlanması için ideal sayılmaktadır (8).

Hassas taşlamada, taş aşınmasının kaldırılan talaş miktarı ile ilişkisi Şekil 2.5'te görülmektedir. Başlangıçta hızlı bir aşınma olmakta, daha sonra bu aşınma hızı yavaşlamaktadır. 3. Bölgede de hızlı bir aşınma olmakta ve kuvvet, sıcaklık ve titreşim artmaktadır. Bu yüzden, taşdaki aşınma son aşamaya gelmeden taş bilenmelidir (9, 23).

McFarland ve Bailey tarafından yapılan bir çalışmada düzenli taş bileme aralığı ve derinliğinin kararlaştırılmasına sistematik bir yaklaşım getirilmiştir. Taş yüzeyine gelen kuvvetleri ve bilenmiş yüzeyin topografisini ölçmek için sensörler kullanılmıştır (24).



Şekil 2.5. Hassas taşlamada işleminde takım aşınmasının kaldırılan talaş miktarı ile ilişkisi (25)

Bir taşlama işleminde, taşın körelmesinden dolayı bitirme yüzeyi kalitesi istenen sınırı aşmadan taş bilenmelidir. Burada dikkat edilmesi gereken husus, taşın performansını iyi durumda tutabilmek için, ne kadar süre kullandıktan sonra ve ne kadar ilerlemeye taş yüzeyinin bilenmesinin belirlenmesidir. Günümüzde kimi işletmelerde bileme işlemleri, yetişmiş teknik elemanın tecrübesine ve kabiliyetine dayanarak yapılmaktadır. Tecrübeye bağımlı bileme işleminin zorluğunu gidermek

için taşın yüzey durumunu ölçen ve tayin eden sistematik bir metot gereklidir. Taş yüzeyi durumunu inceleyen birçok araştırma yapılmıştır. Bu araştırmalarda çeşitli yöntemler kullanılmıştır.

McFarland ve Bailey'in yaptıkları çalışmanın sensöre, dayalı doğru bileme aralığı seçen bileme stratejisinin geliştirilmesine dayalı olduğu belirtilmiştir. Kim ve Ahn (26) kendi çalışmalarında bilemenin ne zaman gerekli olduğu ve taş yüzeyinin ölçülüp analiz edilerek optimum bileme derinliğini bulmaya çalışmışlardır.

Yapılan çalışmalarda, bileme derinliğinin taşlama gücü üzerindeki etkisinin, bileme adımının etkisinden daha fazla olduğu gösterilmiştir. Bununla birlikte, bileme derinliğinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi bileme adımından daha zayıftır. Deneysel çalışmalar taş aşınması arttıkça bileme etkisinin taşlamanın davranışı üzerinde değiştiğini göstermiştir. Kesme gücünün, talaş kaldırma miktarı ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin bileşimi, bilemeden hemen sonra bilemenin etkisinin fazla olduğunu, artan aşınma ile bu etkinin zayıfladığını belirlemiştir. Bununla birlikte bu araştırmada bileme şartlarının, taşın yeniden bileme zamanını önemli derecede etkilediği görülmüştür (12).

Taş aşınma parametresi, taşın bileme detayı ile doğrudan ilgilidir. Zımpara taşının aşınması, genellikle taşın hacimsel kaybı olarak açıklanır. Taş ömrü boyunca, taş hacmindeki aşınmanın yaklaşık, % 10-25'i taşlamadan, % 75-90'ı bilemeden dolayı olduğu görülmüştür (9,15, 27, 28).

2.3. Taşlamada Isı Oluşumu ve Etkileri

İşlenmiş yüzeylerde meydana gelen kalıcı gerilmeler, yüzey kalitesini belirleyen en önemli faktörlerden biridir. Kalıcı gerilmeler, bütün dış yükler kaldırıldıktan sonra elastik gövdede kalan gerilme olarak tanımlanır. Talaş kaldırma işlemi genel olarak, aşırı yüksek deformasyon ve deformasyon hızı ile birlikte çok miktarda plastik deformasyon içermektedir. Kalıcı gerilme mekanizması üzerinde araştırmacılar

tarafından analitik ve deneysel çalışmalar yapılmıştır. Kalıcı gerilmeler, genellikle talaş oluşum süreci ile ilgili mekanik ve ısı olaylardan kaynaklanmaktadır (29-31).

İş parçası üzerinde, taş tanesinin temas ettiği her yerde, taş tanesi ve malzeme arasındaki sürtünme kaymasından dolayı bir ısı oluşmaktadır. Ayrıca plastik deformasyon olurken malzemelerde de ısı meydana gelir. Talaş kaldırılırken tanenin önündeki bölgede, şiddetli bir plastik deformasyon oluşmaktadır. Böylece kesici tanenin uçlarında önemli büyüklükte ısı oluşmaktadır. Zımpara taşları üzerindeki taneler eşit aralıklı olmadıkları için bazıları diğerinden daha büyük hacimde talaş kaldırmaktadır. Bu yüzden, kesme düzleminde farklı değerlerde ($1000\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 1500\text{ }^{\circ}\text{C}$) sıcaklık oluşmaktadır. Oluşan bu yüksek sıcaklık, taşlanan iş parçası yüzeyinde ısı hasarlarına sebep olmaktadır. Yapılan çalışmalardan iş parçası kalitesine göre kesme düzleminde ortaya çıkan ısının malzeme veya yüzey toleransı üzerinde etkili olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle taşlamada, soğutma özelliği yüksek olan bol miktarda kesme sıvısı kullanılmalıdır. Kesme sıvısı, soğutmanın yanı sıra, tanecikler arasındaki boşlukları temizleyerek taşın kesme kabiliyetini artırmaktadır. Soğutma sıvısı yüzey kalitesini iyileştirmesinin yanında, taşlama sırasında oluşan toz, talaş gibi küçük parçacıkları alıp götürerek taşlama çevresini temizlemekte ve daha iyi bir çalışma ortamı meydana gelmesine katkı sağlamaktadır (8,32-33).

Verilen taşlama şartları için uygun bir taş seçiminde, büyük bilgi birikimi ve tecrübe gerekir. Buna rağmen, optimum zımpara taşının seçimi ve taşlama şartlarının oluşturulmasından sonra, taşlama kuvvetleri, özel enerji ve yanma başlangıcını tayin eden sıcaklığın belirlenmesinde zorluklar vardır (34).

Talaş kaldırılarak üretilen bir malzemenin kullanım ömrü işlenen yüzeyin fiziksel özelliklerine ve özellikle de iş parçasında oluşan kalıcı gerilmelerin dağılımına bağlıdır. İşleme sonucu iş parçalarında oluşan kalıcı gerilmelerin iş parçası ömrü üzerindeki etkisi ile ilgili çalışmalar bazı araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir. İş parçalarındaki kalıcı çekme gerilmeleri iş parçasının ömrünü önemli derecede etkilemektedir. Taşlama işleminden kaynaklanan kalıcı gerilmeler genelde basma

gerilmeleridir. Fakat gerilmeler bazen kalıcı çekme gerilmesine de sebebiyet vermektedir. Taşlama işleminde oluşan ısı oldukça yüksek olduğu için, oluşan kalıcı gerilmeler de genellikle “çekme tipi” kalıcı gerilmeleridir. Yüzey hatalarını ve kalıcı çekme gerilmelerini gidermek için taşın daha sık bilenmesi ve taşlanmış malzemeye de ısıl işlem gibi metotlar önerilmiştir (35).

Araştırmacılar taşlama sıcaklığının tahmini için çeşitli matematiksel modeller kullanmışlardır. Sabit durum taşlama sıcaklığını hesaplamak için taşın iş parçası yüzeyi ve taşlama sıvısı arasında bir ısı transferi analizi yapılması gerektiğini vurgulamışlardır. Okuyama ve arkadaşları (36), iş parçasındaki sıcaklık dağılımını sonlu elamanlar yöntemi kullanarak hesaplamışlardır. Fuh ve Huang (37) taş, iş parçası yüzeyi ve taşlama sıvısı arasındaki ısı transferinin bir analitik modelini elde etmiş ve doğrulamışlardır. Bu model taşlama sıvılarının kullanıldığı şartlarda oluşan en yüksek yüzey sıcaklığını tahmin etmekte, taş-iş parçası ve taşlama sıvısı arasındaki termal enerji farkını göstermektedir. Çalışmada taş, iş parçası yüzeyi ve taşlama sıvısı arasındaki ısı transferinin basit bir analitik modeli tanımlanmıştır. Bu model, iş parçası yüzeyindeki ısı transfer katsayısını, iş parçasına giren enerjinin yüzde miktarını ve iş parçası yüzey sıcaklığını tahmin etmektedir. Lavine ve Jen (38) taşlama işleminde bir ısı transfer modeli geliştirmişlerdir. Geliştirilen bu model taşlama bölgesinden iş parçası, aşındırıcı taneler ve taşlama sıvısıyla uzaklaştırılan ısıyı dikkate almaktadır. Bu model iş parçasına giren güç miktarını veya taşlama sıvısından dolayı iletim katsayısının belirlenmesinin gerekliliğini ihmal etmektedir. Lavine ve Jen (39), taşlama sıvısının oluşturduğu filmin, kaynama oluşumunu tahmin etmek için ve bunun sonucu iş parçasında yanmanın olup olmadığını belirlemek için Lavine ve arkadaşlarının (38) matematik modelini kullanmışlardır. Jen ve Lavine (40) taşlamada soğutma sıvısının oluşturduğu filmin, kaynama oluşumunu tahmin eden ısı transferinin iyileştirilmiş bir modelini kullanarak taşlama bölgesinden kaynama başlangıcının ve kaynama filmini incelemişlerdir. Chang ve Szeri (41) taşlama bölgesindeki şartları incelemişlerdir. Soğutma sıvısı ve tane için ayrı sıcaklık oluşturan ısıl işlemin kendinden sınırlamalı bir modelini oluşturmuşlardır. Bunlar taşlama bölgesindeki en yüksek sıcaklığı, iş parçasındaki sıcaklık dağılımını, iş

parçasına giren enerji miktarını ve iş parçasını yakmak için ulaşılması gereken taşlama enerjisini hesaplamışlardır.

Zheng ve Gao (42) iki farklı taş modeli oluşturmuşlardır. Bu modellerden bir tanesi parçalı taşlarla çevresel taşlama diğeri de parçalı taşlarla düşey milli yüzey taşlama işlemleri içindir. Burada amaç taşlar arasındaki mesafelerin daha iyi seçilmesi ve taşlama sıcaklığının tahmin edilmesidir. Geliştirilen ısı model sadece yukarıdaki teorik modelleri birleştirmekle kalmayıp, Jareger (43) ve Des Ruisseaux'un (44) ısı modellerini de kapsamaktadır. Chiu ve Malkin (45) silindirik taşlama için bir bilgisayarlı simülasyon tanımlamışlardır. Bu simülasyon, işlem esnasında taşlama davranışını ve son işlem kalitesini yaklaşık olarak tahmin etmektedir. Bu işlem esnasında taşlama kuvvetleri, güç, kaldırılan talaş, sıcaklık, ısıl hasar, ısıl genleşme, taş aşınması, yüzey pürüzlülüğü ve dairesellik gibi faktörlerin dikkate alındığını vurgulamışlardır.

Talaş kaldırmada meydana gelen ısı, kaldırılacak talaş tabakasının şekil değiştirme ve ayrılması sırasında, takım-talaş ve takım-iş arasındaki sürtünme enerjisinden kaynaklanır. Oluşan ısıнын büyük bir kısmı (% 80'den fazlası) talaş ile tahliye edilmekte, diğer bir kısmı parçaya geçmekte, geri kalanı takımın ısınmasına neden olmaktadır. Gerek işlenen parça, gerekse kesici takımlar üzerindeki ısı düzensiz olarak dağılmaktadır. Bu sıcaklık dağılımında, en yüksek sıcaklık takımın uç kısmına yakın talaş yüzeylerinde meydana gelmektedir. Talaş kaldırma sırasında meydana gelen sürtünmeden dolayı, sıcaklık artışı, takımın aşınmaya karşı direncinin azalmasına ve işlenen parçanın ısıl olarak zarar görmesine sebep olmaktadır. Taşlanan malzemedeki ısıl zararı azaltmak için; iş hızının artırılması, kuvvetin azaltılması ve taşın sürekli keskin kalmasının sağlanması önerilmektedir (10,32,46-48).

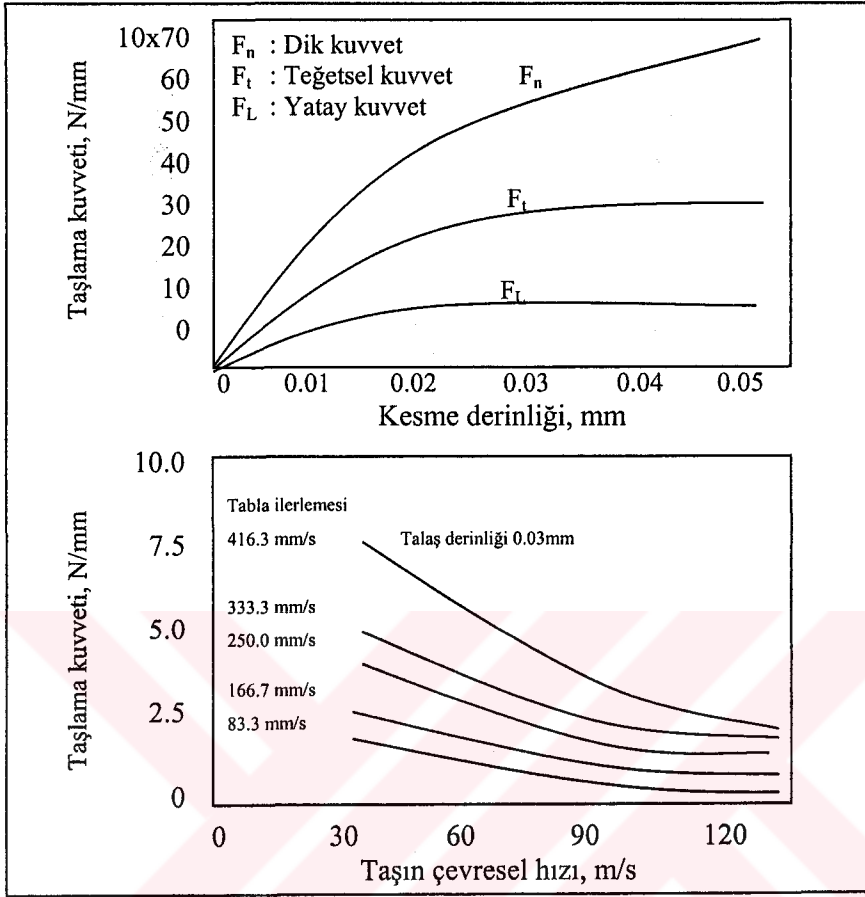
2.4. Taşlama Kuvvetleri ve İşleme Parametrelerinin Taşlama İşlemindeki Etkileri

Araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda, çeliklerin taşlanması, yüksek yüzey kalitesi ve ölçü tamliğini temin edecek olan taşlama parametrelerinin seçilebileceği üzerinde durulmuştur. Taşlama parametrelerinin önceden belirlenerek ayarlanması, genellikle düşük miktarlarda talaş kaldırmayla ve bundan dolayı düşük verimlilikle sonuçlanmaktadır (47,48).

Srihari (25) tarafından yapılan yüksek hızda kullanılan CBN (Kübik Bor Nitrit) taş ile yüzey taşlama tezgahının etkinliği ve problemleri deneysel olarak araştırılmıştır. CBN taşın çapı, taş hızına bağlı olarak büyümektedir. Taşın çapının büyümesi hesaplamalarla giderilebilmekte ve yüksek kesme hızlı taş ile taşlanan malzemelerde, düşük taşlama kuvvetleri görülmektedir. Bu eğilim talaş kaldırma oranı arttıkça daha da belirginleşmektedir. Yüksek hızda CBN kullanan taşlama tezgahlarında optimum şartlar oluşmaktadır.

Taşlama kuvvetleri ile taş hızı ve talaş derinliği arasındaki ilişki Şekil 2.6'da gösterilmektedir. Sabit tabla hızında, taşın yüksek hızlarında düşük taşlama kuvveti elde edilmiştir. Bu olayın yüksek talaş kaldırma miktarlarında daha belirgin olduğu görülmüştür. Yani talaş miktarı ile taşlama kuvveti doğrusal olarak artmamaktadır (Deney malzemesi olarak SKD-11 58 HRC ve 85x40x20 boyutlarında iş parçası kullanılmıştır) (32).

Özgül taşlama enerjisi tane kesme derinliğinin azalması ile üstel olarak artmaktadır. Bu eğilim talaş derinliği 0,02 μm 'nin altında olduğu zaman daha da belirginleşmektedir. Buradan etkin taşlama için tane kesme derinliğinin 0,02 μm 'den daha yüksek olması gerektiği sonucu çıkmaktadır. Talaş derinliğinin artırılması daha yüksek kesme kuvvetlerinin oluşmasına sebep olmaktadır (25,49-51).



Şekil 2.6. Taş hızı ve talaş derinliğinin taşlama kuvvetleri üzerine etkisi (25,32)

Taşlama sırasında oluşan titreşim; kötü yüzey kalitesine, ölçülerin bozulmasına, daha fazla taş aşınmasına, düşük üretim miktarına ve maliyet artmasına sebep olabilir. McFarland araştırmasında özel bir tip titreşimi elimine etme yöntemini incelemiştir. Bu incelemede, AISI 52100 rulman çeliği, CBN süper aşındırıcı ile taşlanmıştır. Taşta oluşan titreşimin tekrarlamalı (sönümsüz) olduğu belirlenmiştir. Yapılan çalışmadaki teori ve çözümlerin sadece silindirik taşlamaya değil, diğer taşlama işlemlerine de uygulanabileceği ifade edilmiştir (24).

Yapılan bir dalma taşlama çalışmasında deneysel sonuçlar, kırılğan malzemelerin (metal dışı) taşlanması taş karakteristiğinin performansını önemli derecede etkilediğini göstermiştir (52). Araştırmada bir taneyi esas alarak, kesme kalınlığı modeli taşlama işleminin kinematik simülasyonuna dayalı olarak gerçekleştirilmiştir. Bu model, taş parametreleri (tane boyutu, doku, birleştirme maddesi) ile talaş

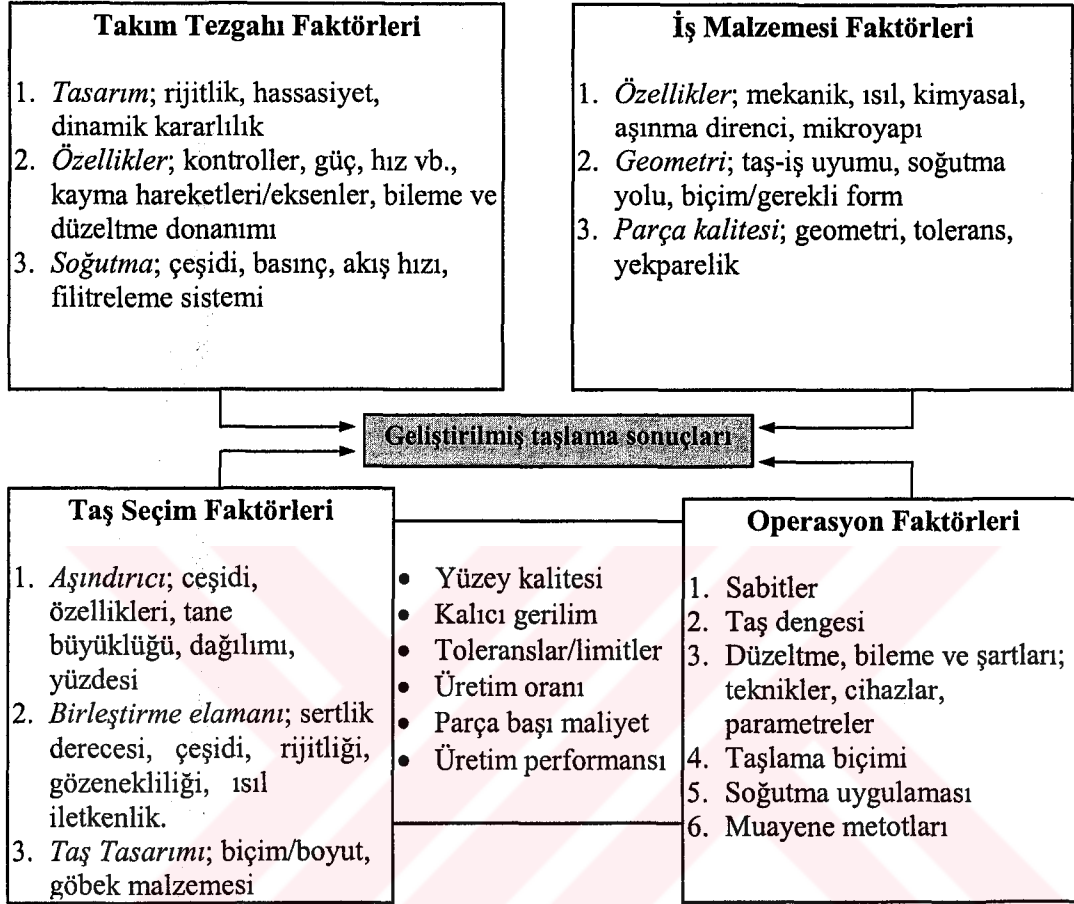
arasındaki ilişkiyi tanımlamaktadır. Yapılan model ve deneyler seçilen üç parametreden tane boyutunun taşlama performansı üzerinde en büyük etkiye sahip olduğunu göstermiştir (52,53).

Jiang tarafından, sıcak izostatik preslenmiş (HIP) östenitik (PM 316L), duplex (PM 2205), süper dubleks (PM 2507) ve ham döküm (AC 304) paslanmaz çeliklerin taşlama oranı, taşlama kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü alüminyum oksit zımpara taşlarıyla taşlanması esnasında ölçülmüştür. Taşlama miktarının, AC 304, PM 316L, PM 2205 ve PM 2507 çeliklerinde yazıldığı sıraya göre azaldığı görülmüştür (54).

Silindirik taşlama tezgahında yapılan farklı çalışmalarda, alüminyum oksit zımpara taşları kullanılarak taşlanan, çeliklerin aşınma oranı ile yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişki incelenmiştir. Çeşitli fiziksel özellikler ihtiva eden değişik zımpara taşlarının, taşlama miktarı ve yüzey pürüzlülüğüne etkileri karşılaştırılmıştır. Yapılan deneylerde, taş tane büyüklüğü, taş dokusu ve taş sertliğinin, taşlama miktarı ve yüzey pürüzlülüğünü önemli derecede etkilediği görülmüştür. Aynı çalışmalarda çeşitli malzemeler kimyasal bileşim ve fiziksel özelliklerine göre farklı etkiler göstermiştir (27,55).

Subramanian ve Lindsay "hassas taşlama işlemlerinde, seramik birleştirmeli süper aşındırıcı taşların kullanımı için bir sistem yaklaşımı" yoluyla, daha düşük toplam maliyet, özdeş geometrik parçalar, daha iyi yüzey kalitesi ve daha sıkı tolerans elde etmek amacına yönelik gereklilikler üzerinde çalışmışlardır. Bu amaçla, geliştirilmiş taşlama sonuçlarını sağlayacak faktörler gruplanmıştır. Yapılan bu gruplama Çizelge 2.1'de görülmektedir (11).

Çizelge 2.1. Taşlama sonuçlarını etkileyen faktörlerin gruplanması (11)



2.5. Yüzey Pürüzlülüğü ve Ölçme Yöntemleri

Talaş kaldırarak şekillendirme sırasında; seçilen yönteme, kesici cinsine ve işleme şartlarına bağlı olarak fiziksel, kimyasal, ısı faktörlerin ve kesici-işparçası arasındaki mekanik hareketlerin etkisi ile işlenen yüzeylerde genellikle istenmediği halde işleme izleri oluşmaktadır. Nominal yüzey çizgisinin altında ve üstünde düzensiz sapmalar meydana getiren bu duruma yüzey pürüzlülüğü denmektedir (27).

Ölçme işlemine genel olarak bakıldığında, ölçülen boyut ve ölçme yöntemi ne olursa olsun, ölçme işleminden beklenen en önemli sonuçlar, ölçme yönteminin ve sonuçlarının doğruluğu, gerçekliği ve kesinliği olmuştur (56). Seçilen ölçme yönteminden elde edilen sonuçların tekrarlanabilir ve yeniden elde edilebilir olması, ölçme sonuçlarının doğruluğunu etkilemektedir (57). Sürekli akan bir üretim

hattında yapılacak Ra ölçümlerinin doğruluğu, gerçekliği ve kesinliği, elde edilen deney sonuçlarının kabul edilebilirliğinin bir göstergesidir (58). Ölçme yönteminin gerçekliliğinin ve kesinliğinin, uluslararası bir kritere dayalı, pratikte uygulanabilir ve bütün ölçme yöntemlerini ve sonuçlarını kapsayan yöntemlerin ortak özelliği olması gerekmektedir (59-61). Yüzey pürüzlülüğünü ölçmeyi esas alan yöntemlerin incelenmesinde ve tanıtılmasında uluslararası benimsenen kriterlere uygunluk dikkate alınmıştır (62).

Değişik parçaların biraraya gelmesiyle oluşan ürün kalitesini ve endüstriyel makinaların performansını arttırmak, yeterli seviyede hassas işlenmiş yüzeyleri gerektirmektedir. Aynı malzemenin farklı cins metotlarla aynı yüzey pürüzlülük değerinde işlendiği, bazen bunların korozyon, sürtünme, aşınma ve yorulma dayanımı olarak farklı davranışlar gösterdikleri bilinmektedir. Yüzeylerin pürüzlülüğünden başka yüzeydeki işleme izlerinin yönü ve dağılımları da malzemenin performansını önemli derecede etkilemektedir (63-65).

İşleme sırasında, kesici takımlardaki hatalar, titreşimler, kesici kenarındaki malzeme sıvanması gibi faktörlerin olumsuz etkisi en aza indirilerek kullanılan kesici türüne, geometrisine ve ilerlemeye bağlı olarak en iyi bitirme değeri elde edilmesi amaçlanmaktadır.

2.5.1. Yüzey pürüzlülüğünü etkileyen faktörler

Yüzey pürüzlülüğüne birden fazla faktörün etkisi bulunmaktadır. En önemlileri aşağıda listelenmiştir:

- İşlenen malzemede bağlamadan dolayı oluşan deformasyon,
- İlerleme mekanizmasındaki düzensizlikler,
- İşlenen malzemedeki yapı bozuklukları,
- Kırılgan malzemelerin işlenmesi sırasında düzensiz talaş akışı,

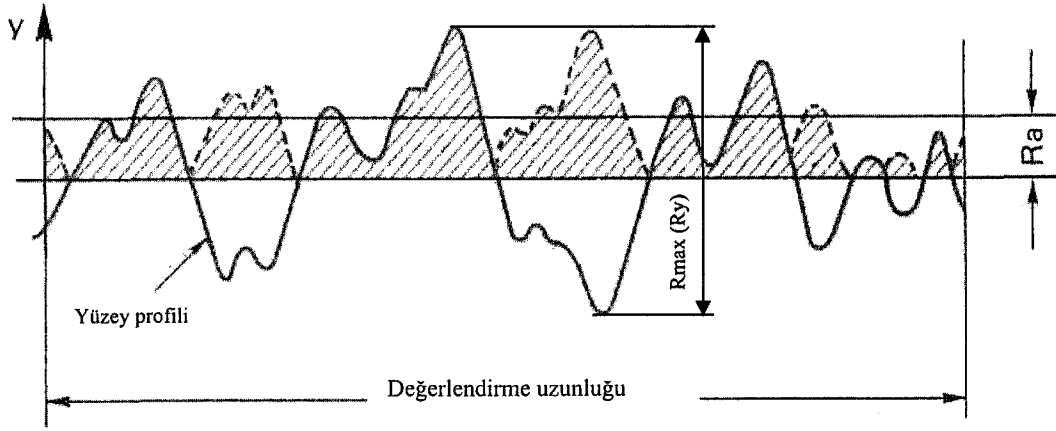
- Kolay şekillendirilebilir malzemeler düşük kesme hızlarında işlendiği zaman, işlenen malzeme yüzeyindeki yırtılmalar,
- Talaş akışının sebep olduğu bozukluk,
- Kesme hızında meydana gelen düzensizlikler,
- İlerleme hızında meydana gelen düzensizlikler,
- Kesme esnasındaki kesme derinliği,
- Kesici takımın soğutulma ve yağlanma koşulları,
- İşlenen malzemenin kimyasal bileşimi ve metalurjik (atomik) yapısı,
- Kesicinin tasarımı, geometrisi ve kesme kapasitesi,
- Takım tezgahının tipi, rijitliği ve çalışma şartları,
- Kalıp ve bağlama aparatları,
- İşlenen malzemeden talaş kaldırma şekli,
- Yatak ve takımlarda oluşacak geometrik bozukluklar, vb. (62).

2.5.2. Yüzey pürüzlülük parametreleri

Yüzey kalitesinin sayısal değerlerinin belirlenebileceği “ortalama çizgi” (M) ve “zarf sistemi” olarak adlandırılan iki yöntem kullanılmaktadır. Gelişmiş ülkelerin büyük bir çoğunluğu M yöntemini benimsemekte, bu ülkelerin bir kısmı ortalama pürüzlülüğü (Ra) bir kısmı da en büyük pürüzlülüğü (Rmax), yüzey pürüzlülük ölçme kriteri olarak kullanılmaktadır. Yüzey pürüzlülüğü, pürüzlülük değerine bağlı olarak değişen ve “değerlendirme uzunluğu” olarak tanımlanan (Resim 2.1) standard bir aralıkta ölçülmektedir (66).

Yüzeyde oluşan girinti ve çıkıntıların alan bakımından eşitlendiği orta eksenin üstünde ve altında kalan alanların aritmetik ortalamasını veren çizgiler arası mesafe Ra olarak, orta eksenin altında ve üstünde meydana gelen sapmaların geometrik ortalama değeri Rq (RMS) olarak, değerlendirme aralığındaki en yüksek beş çıkıntı ile en derin beş girintinin mutlak değerlerinin ortalaması Rz, değerlendirme aralığındaki filtre edilmemiş pürüzlülüğün en yüksek çıkıntısı ile en derin girintisi arasındaki mesafe Rmax (Ry), filtre edilmiş pürüzlülüğün en yüksek tepesi ile en

derin girintisi arasındaki mesafe de R_t olarak adlandırılmaktadır. Bunların dışında pürüzlülükle ilgili daha onlarca parametre tanımlanmaktadır (67).



Resim 2.1. Yüzey pürüzlülüğü profili

2.6. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçme Yöntemleri

Litaretür taramasından elde edilen yüzey pürüzlülük ölçme yöntemleri, ölçme hızı dikkate alınarak, (a) uygulama şekli bakımından tahribatlı veya tahribatsız, temaslı veya temassız (b) ölçme hassasiyeti bakımından ise kaba, orta veya hassas olarak gruplandırılmıştır (62).

Çizelge 2.2. Yüzey pürüzlülük ölçme yöntemleri ve özellikleri

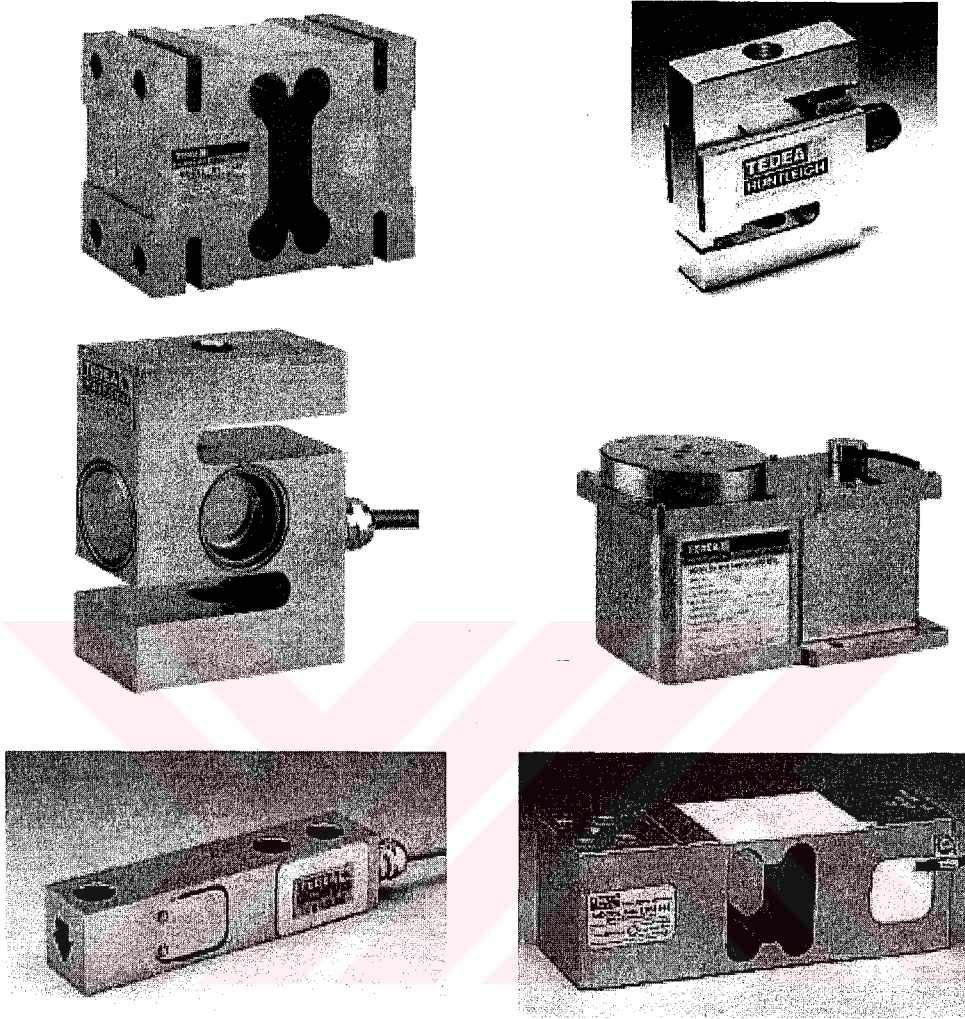
Ölçme Yöntemi		Uygulama Şekli				Ölçme Hassasiyeti		
		Tahribatlı	Tahribatsız	Temaslı	Temassız	Kaba	Orta	Hassas
1.	Dokunma Yöntemi		•	•		•		
2.	Mekanik Çalışma Yöntemi	•		•		•		
3.	Hidrolik Yöntem		•	•		•		
4.	Pnömatik Yöntem		•		•			•
5.	Yüzey Dinamometresi	•		•		•		
6.	Kapasitans Yöntemi		•		•		•	
7.	X Işını Yöntemi		•		•			•
8.	Elektron Mikroskobu Yöntemi		•		•			•
9.	Optik Mikroskop Yöntemi		•		•	•		
10.	Kesit Alma Yöntemi	•		•		•		
11.	Karşılaştırma Mikroskobu Yöntemi		•		•	•		
12.	Optik Yansıtma Yöntemi		•		•			•
13.	Optik Parazit Aletleri Yöntemi		•	•			•	
14.	Işık Yansıması (İnterferometri) Yöntemi		•		•			•
15.	Replika (Mask) Yöntemi		•	•		•		
16.	Standart Örnek Yüzeyler Yöntemi		•		•	•		
17.	Işık Bantlı Mikroskop Yöntemi		•		•			•
18.	Elektro-Fiber Optik Sistem Yöntemi		•		•			•
19.	İnterferans Mikroskop Yöntemi		•		•			•
20.	Kisilev Profilometresi Yöntemi		•	•				•
21.	Yaylı Tip Profilometreler Yöntemi		•	•				•
22.	Elektrikle Çalışan Profilometreler Yöntemi		•	•				•
23.	Levin Profilografi Yöntemi		•		•		•	
24.	Linnik İkili Mikroskobu Yöntemi		•		•	•		
25.	Hava Mastarı Yöntemi		•		•	•		
26.	Fotoğraf Yöntemi		•		•		•	
27.	Görsel Komperatörler Yöntemi		•		•	•		
28.	Çok Sayıda yüksekliğin Masterla Okunması Yöntemi		•	•		•		
29.	Kaydedici İndikatör Yöntemi		•	•			•	
30.	İzleyici Uçlu (Stylus) Cihazlar Yöntemi		•	•				•

2.7. Kesme Kuvveti Ölçme Metotları

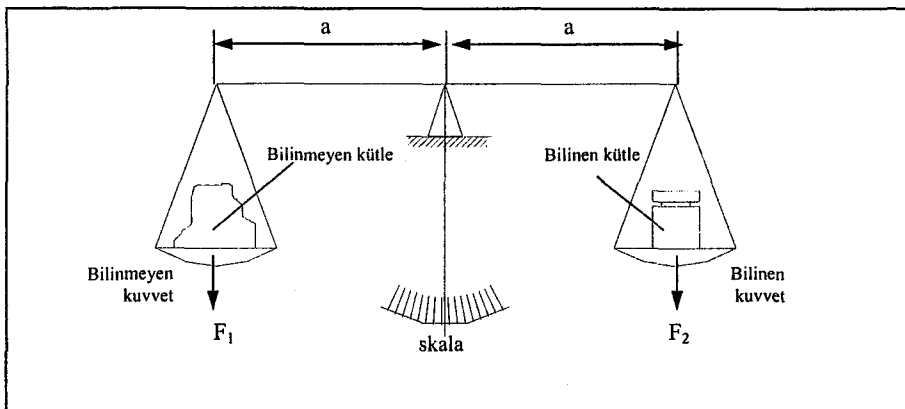
Statik ve dinamik kuvvetlerin ölçülmesinde, kuvveti elastik bir makina elamanına uygulayarak bu elastik elemanda oluşan deformasyon miktarının ölçülmesinde dinamometreler veya transdüserler yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak deformasyonların küçük olması durumunda gerinim ölçerlerin kullanılması zorunlu olmaktadır. Normal kesme kuvvetleri sadece katı cisimler mekaniğinde karşılaşılan büyüklükler değildir. Örneğin talaş kaldırma işlemi ve talaş oluşumu esnasında meydana gelen kuvvetler hesaba katılır ve kesici takımın bir ankastre çubuk gibi davrandığı dikkate alınırsa takımda oluşan yatay ve düşey düzlemde eğilme-burulma ve basma-burkulma kesme kuvvetleri hesaplanabilir (68). Kuvvet ölçme metotları üç kategoriye ayrılarak aşağıda açıklanmıştır.

2.7.1. Bilinen bir yükle dengelenerek kuvvet ölçme

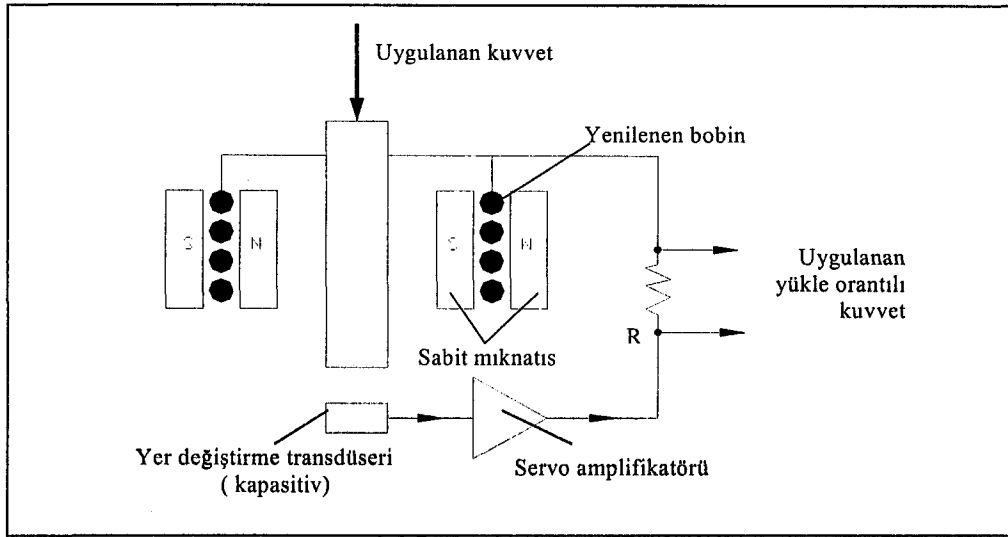
Bu yöntemde, ölçülecek olan kuvvet, kütlesi bilinen bir karşı ağırlık ile dengelenir. Bu dengelemeye göre kuvvet, karşı ağırlığın kütlesinin yerçekimi ivmesiyle çarpılması sonucu hesaplanır. (Kuvvet = Karşı Ağırlığın Kütlesi x Yer Çekimi İvmesi). Bu metot yüksek bir hassasiyet sağlamasıyla birlikte karmaşık bir yapıya sahiptir. Kullanım alanı sınırlı olup, orta büyüklükteki kuvvetlerin ölçümünde kullanılmaktadır (4,69). Kuvvet ölçme metodunun ikinci kategorisinde yer alan bu metot, dolaylı kuvvet ölçme metodu olarak da isimlendirilmektedir. Bu metotta ise kalibre edilmiş kütleler veya transdüserler (Resim 2.2) kullanılmakta olup, diğer ölçme metotları ise manivela terazi (Şekil 2.7) ve kuvvet dengeleme metodudur (Şekil 2.8).



Resim 2.2. Transdüserler (69)



Şekil 2.7. Eşit kollu manivela terazi (70)



Şekil 2.8. Kuvvet dengeleme metodu (69)

Yüksek bir hassasiyet elde etmek için, kaliteli bir elastik cisim seçilir ve bu cisme uygun sınırlar içinde kuvvet uygulanırsa, elastik cismin deformasyonundan kuvvet ölçülebilmektedir. Elastik cisime yük uygulandığında, cisim elastik bölgede iken ölçüm yapılabilmesi için çevre şartlarına göre, uygun boyut ölçme metodlarından birisi kullanılabilir. Kuvvetin doğru ölçülebilmesi için elastik cisimde ortaya çıkan deformasyonun çok hassas olarak ölçülmesi gerekir. Bu metot, genellikle yüksek hassasiyet sağlar ve tüm yük dönüştürücülerde kullanılabilir (70).

2.7.2. Fiziksel özelliklerin değişimi ile kuvvet ölçme

Malzemelerin fiziksel özelliklerindeki değişiminden yararlanma esasına dayanan bu metodun güvenilirliği diğer iki metoda göre daha azdır. Çünkü fiziksel özelliklerdeki değişim her zaman doğrusal olmamaktadır. Ancak elektriksel olarak değerlendirme yapıldığı için, bilimde ve endüstrideki ölçme işlemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, deformasyonla elektriksel direnç değiştiğinden deformasyon özelliği ile fiziksel özelliklerin birlikte kullanılması da mümkündür (70).

2.8. Ölçme Sistemleri

Ölçme aletleri; verilerin toplanması ile kayıt aletleri ve verilerin işlenmesi şeklinde iki sınıfa ayrılabilir. Ölçme sistemleri sıcaklık, basınç, kuvvet, strain (gerinim, uzama), hız, yer değiştirme gibi farklı büyüklüklerin değişimi hakkında bilgi toplamak amacıyla; bir ya da daha fazla aletin kombinasyonundan oluşmaktadır. Bu yolla bilgi toplamada çıktı (output); elde edilen bir ölçüm olarak bilinirken, girdi (input) de büyüklük miktarındaki değişimdir. Ölçme sistemlerinin karmaşıklığı ise, ölçme yapan aletin tipine ve istenilen hassasiyete bağlıdır.

Ölçme sistemleri; temel olarak birincil, ikincil ve üçüncül ölçme sistemleri olarak üç grupta incelenebilmektedir (70).

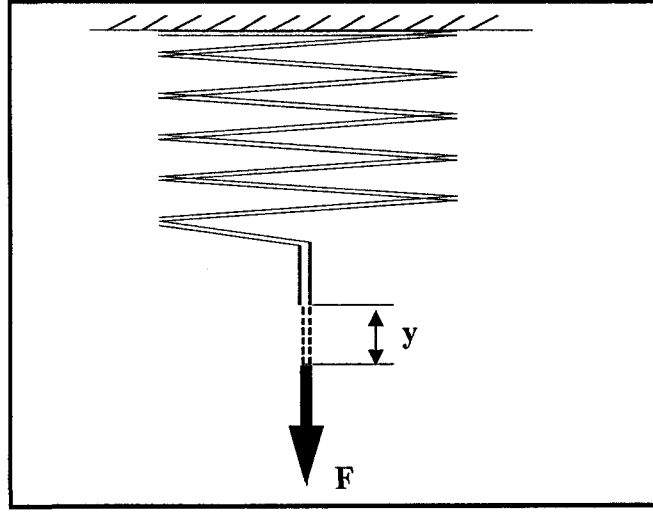
Birincil sistemler, istenilen bilgi incelenir ve herhangi bir ekipman olmaksızın bakma ya da dokunma gibi temel duyuyla yapılır. Farklı iki uzunluğun birbirleriyle karşılaştırılması şeklinde gerçekleşir.

İkincil sistemler, birincil sinyalin (değişim miktarı) başka sinyal şekilleri (ikincil sinyal) değişimini içermektedir. Böyle bir değişimi yapan aletler de transdüser olarak bilinmektedir. Transdüserler birer sensör olmakla beraber, en büyük özelliği enerjiyi bir şekilden başka bir şekle değiştirmesidir.

Üçüncül sistemler, iki çevrimi içermektedir. Birincisi, ikincil sistemlerde olduğu gibi birincil sinyalin ikincil sinyale çevrilmesi ve ikincisi de, başka bir üçüncül sinyale dönüştürülmesidir. Örneğin, kuvvetin bir yay ile yer değiştirme olarak, değişimi Şekil 2.9'da görülmektedir. Burada yay sabiti K, yer değiştirme miktarı y ve uygulanan kuvvet de F ise,

$$F = K \times y \quad (N) \quad [2.1]$$

olurken yaydaki değişim de $y = F/K$ olarak bulunabilir.

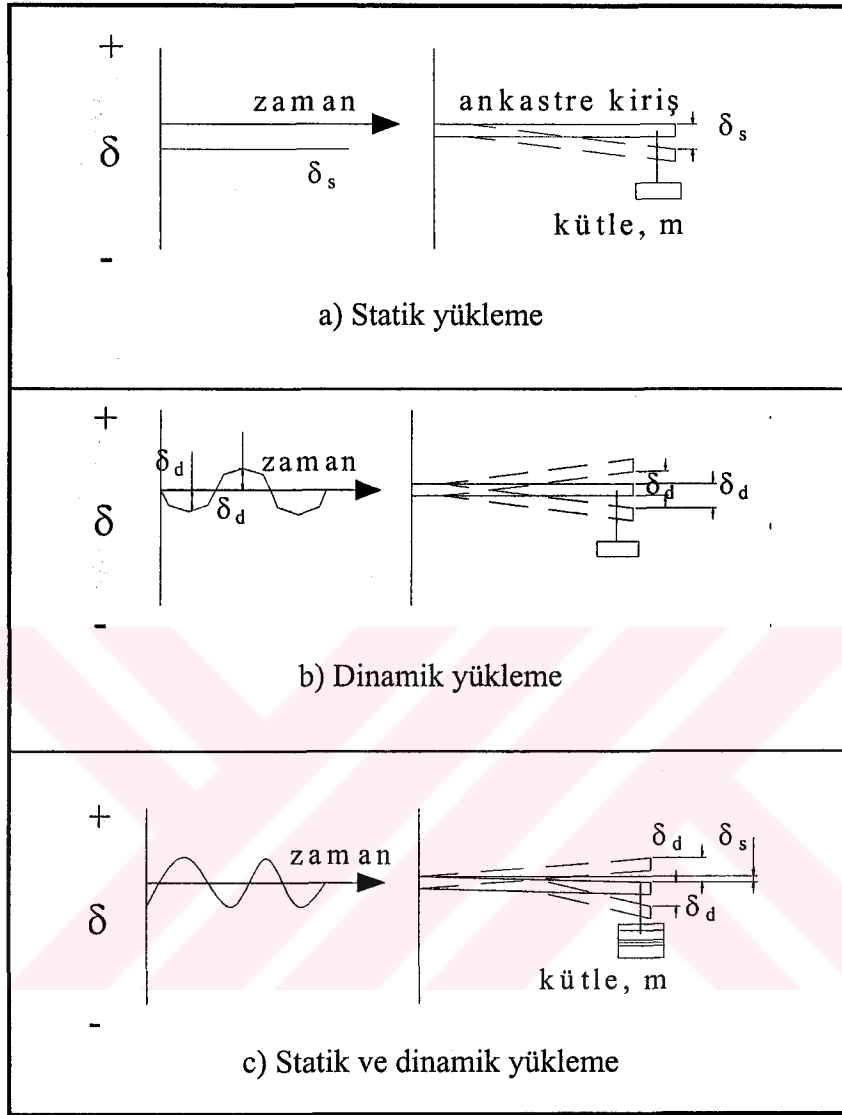


Şekil 2.9. Kuvvetin yay vasıtasıyla yer değiştirme olarak çevrimi

2.8.1. Sinyal Sınıflandırma Özelliği

Ölçme aleti statik ve dinamik büyüklükleri ölçmek amacıyla kullanılır. Birçok pratik uygulamalarda statik ve dinamik elemanları aynı anda ölçmek gereklidir.

Şekil 2.10a'da gösterilen ankastre kirişteki statik yükleme sonucu bir miktar yer değiştirme (δ_s) olurken, Şekil 2.10b'deki dinamik yüklemenden oluşan yer değiştirmeler (δ_d) nedeniyle titreşimler meydana gelmektedir. Şekil 2.10c'deki statik ve dinamik yer değiştirmelerin ölçüldüğü ankastre kirişte ise yükün statik uygulanması ile (δ_s) sapması ve kirişin titreşime maruz kalması halinde de (δ_d) sapmaları oluşacak ve toplam sapma; statik ve dinamik sapmaların bir fonksiyonu olarak oluşacaktır (70).



Şekil 2.10. Ankastre kirişin statik ve dinamik yüklenmesi (4,71)

2.9. Ölçme Aletinin Seçimi

Özel uygulamalar için alet seçimi, ölçülen büyüklüğün özelliğine bağlıdır. Alet seçimi için kullanılabilecek parametreler; yapılan ölçümün statik olması, dinamik olması (frekansının bulunması) ya da her ikisinin bir kombinasyonundan oluşması hali ile ölçümün yaklaşık büyüklüğü gibidir. Buna ilave olarak ölçme aleti sinyallerine tepkisi de ayrıca düşünülmelidir.

Buna göre, belli başlı ölçme karakteristiklerini şöyle sıralayabiliriz (71):

- *Doğrusallık*, girdi ve çıktı arasındaki ilişkiyi ifade etmekte olup aletin ölçme kapasitesini belirtir. İdeal bir ölçme aletinde çıkış, girişle doğrusal olmalıdır.
- *Doğruluk*, ölçülen değerin gerçek ölçü değerine yakınlığıdır.
- *Tolerans*, ölçmede izin verilen hata limitidir.
- *Tekrar edilebilirlik*, bir dizi ölçme içinde aletin aynı değeri tekrar ölçebilmesidir.
- *Ölçme limiti*, aletin maksimum ölçebilme kapasitesidir.
- *Duyarlılık*, aletin girdisindeki değişim oranına göre çıktısındaki değişimin oranı olup olabildiğince yüksek olması istenir.
- *Çapraz duyarlılık*, aletin normal ölçme eksenini doğrultusunda girdinin uygulanmamasını ifade eder. Genellikle transdüserlerde etkin olup olabildiğince düşük olması istenir.
- *Çözünürlük*, aletin ölçümdeki en küçük değişimi ölçebilmesidir.
- *Gecikme*, aletin ölçümdeki değişiklikleri erteleme ya da geciktirmesidir.
- *Dinamik hata*, dinamik bir ölçmede girdinin gerçek değeri ile alet tarafından ölçülen değer arasındaki farklılıktır.
- *Çevrim doğruluğu*, dinamik hata dışında ölçümde tespit edilen değişimlerin derecesidir (inceliktir).
- *Sıfır dengesi*, aletin ölçüm değerinden sıfıra geri dönebilme kabiliyetidir.
- *Frekans tepkisi*, aletin ölçmedeki maksimum frekansa cevap verebilme yeteneği olup genellikle dinamik ölçmelerde geçerlidir (4).

2.10. Transdüserler ve Transdüser Parametreleri

Transdüserler enerjiyi bir halden başka bir hale çevirdiğinden temel karakteristiği sezme işlemi olmakla beraber çeşitli şekillerdeki enerji dönüşümünü de sağlarlar. Bu enerji tipleri; ışık, mekanik, termal, elektriksel, manyetik, kimyasal vb. şeklindedir.

Bir transdüserin iki önemli parametresi vardır. Bunlar; verilen bir girdi sinyali sonucu üretilen çıktı sinyali ve çıktı parazit düzeyidir (71).

2.11. Transdüserlerin Kalibrasyonu

Bütün transdüserler değişmeyen bir kalibrasyon sabiti sağlanması amacıyla kalibre edilmelidirler. Yük hücresi ve tork hücrelerinin kalibrasyonu genellikle, belirgin sınırlar dahilinde doğruluğu onaylanmış bir test makinası tarafından yapılmaktadır (84). Transdüser test makinasına bağlandıktan sonra, yükler; transdüser aralığının tamamına kadar belirli artışlarla uygulanır. Transdüserden çıkan veri ile her bir yük düzeyinde test makinasının gösterdiği yük karşılaştırılır ve farklar (hatalar) kaydedilir. Hatalar küçük ise transdüserin kalibrasyon sabiti yeterlidir ve transdüser güveniliridir. Eğer hatalar oldukça büyük olmasına karşın tutarlı (transdüser tepkisi doğrusal ama eğim yanlış) ise, kalibrasyon sabiti hata düzeltmek amacıyla ayarlanır. Kalibrasyon sabitinin düzeltilmesi gereken durumlarda, yeni kalibrasyon sabitinin doğru ve tatmin edici bir biçimde olması amacıyla, kalibrasyon deneyi tekrarlanmalıdır. Bazı hallerde hatalar tutarlı bir davranış göstermeyecek ve transdüser çıktıları düzensiz olacaktır. Eğer ölçme sistemi kontrol edilir ve işlem düzenli bulunursa, transdüser o zaman kusurludur ve kalibre edilemez.

İkinci bir kalibrasyon metodu da, genellikle test makinasının istenilen doğruluğu sağlaması ancak yeterli olmaması durumlarında kullanılır. Bu metot iki transdüser seri olarak bağlandığında kullanışlıdır. Transdüserlerden biri standart bir transdüser olup yalnızca kalibrasyon amacıyla kullanılırken diğeri de çalışan transdüserdir. Bu metotla, kalibrasyon yükleri bir test makinası yerine standart transdüser tarafından verilir.

Düşük kapasiteli yük ve tork hücreleri için, ölü ağırlık yükleri çoğunlukla kalibrasyon işlemi için kullanılır. Standart ağırlıklar doğrudan transdüserlere uygulanarak bilinen bir girdi elde edilir. Transdüser çıktısı ile girdisi arasındaki ilişki karşılaştırılır. Kalibrasyonda ölü ağırlık yükü kullanmanın birçok avantajı bulunması ve genellikle tercih edilen bir metot olmasına karşın, yük hücresi kapasitesi ya da aralığının yaklaşık 1 kN olduğu durumlarda pratik bir uygulama değildir.

2.12. Transdüserlerde Minimize Edilen Hatalar

Çoğu transdüserler sensör olarak; ucuz olmaları, kolay kurulabilmeleri ve çıkış geriliminin bir köprü devresiyle sağlanabilmesi gibi özelliklerinden dolayı, elektrik dirençli gerinim ölçerlerden yararlanılarak, kuvvet, tork ya da basınç ölçmek amacıyla tasarlanmışlardır. Gerilme analizlerinin yapıldığı gerinim ölçer uygulamalarında kabul edilen doğruluk, $\pm \% 2$ 'dir (72). Transdüserlerde sensör olarak gerinim ölçerlerin kullanılmasıyla doğruluk ihtiyaçları ya da gereksinimlerinin büyük olmasının nedeni, köprü devresinin tasarımında ve gerinim ölçerlerin seçim ve kurulumunda dikkatli olunması gereğidir. Genel amaçlı; düzeltilmiş doğruluk ve yüksek doğruluğun tipik performans özellikleri Çizelge 2.3'de verilmektedir.

Çizelge 2.3. Yük hücresi doğrulukları için özellikler (72)

Karakteristik	Genel amaçlı yük hücresi	Düzeltilmiş doğruluk yük hücresi	Yüksek doğruluk yük hücresi
Kalibrasyon hatası	$\% 0,5 \text{ GB}^a$	$\% 0,25 \text{ GB}$	$\% 0,1 \text{ GB}$
Sıfır sıcaklık etkisi	$\pm \% 0,005/^{\circ}\text{F GB}$	$\pm \% 0,0025/^{\circ}\text{F GB}$	$\pm \% 0,0015/^{\circ}\text{F GB}$
Sıfır dengeleme hatası	$\pm \% 5 \text{ GB}$	$\pm \% 2,5 \text{ GB}$	$\pm \% 1 \text{ GB}$
Ölçme aralığındaki sıcaklık etkisi	$\pm \% 0,01/^{\circ}\text{F Y}^b$	$\pm \% 0,005/^{\circ}\text{F Y}$	$\pm \% 0,008/^{\circ}\text{F Y}$
Doğrusal olmama	$\% 0,25 \text{ GB}$	$\% 0,1 \text{ GB}$	$\% 0,05 \text{ GB}$
Histerilik	$\% 0,1 \text{ GB}$	$\% 0,05 \text{ GB}$	$\% 0,02 \text{ GB}$
Tekrar edilemezlik	$\% 0,1 \text{ GB}$	$\% 0,05 \text{ GB}$	$\% 0,02 \text{ GB}$
Sistem hatası ^c	$\% 1 \text{ GB}$	$\% 0,5 \text{ GB}$	$\% 0,15 \text{ GB}$
^a Gerçek büyüklük ^b Yük ^c Sıcaklık içermeyen birleşik etkiler			

Bir transdüserin doğruluk derecesindeki hatalar; çift duyarlılık, sıcaklık değişmesiyle sıfır noktasının yer değişmesi ve ölçmenin değişmesi, köprü dengesi, ölçme sınırının düzeltilmesi gibi nedenlerden kaynaklanmaktadır (72).

2.13. Elastik Elemanlar

Dolaylı kuvvet ölçme metodunda yer alan elastik elemanlarla kuvvet ölçme sistemi temel olarak transdüserler; sinyal işleme, gösterme ve kaydetme olmak üzere üç elemandan oluşmaktadır (69).

Daha önce de değinildiği gibi, transdüserler ve özellikle de yük transdüserleri (load cell), sisteme uygulanan kuvveti elektriksel bir çıkışa çeviren aletlerdir. Transdüserler harici bir gerilime (volt) gerek duyan *pasif* ve elektriksel girdiye ihtiyaç duymayan *aktif* transdüserler olmak üzere iki sınıfa ayrılırlar.

Genel olarak transdüserler uygulanan yükü yer değiştirmeye çeviren elastik eleman ve bu sinyalleri elektriksel bir çıkışa çeviren sezme elemanı olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır.

Elastik elemanların davranışı, yer değiştirme ile uygulanan kuvvet arasında doğrusal bir ilişkinin bulunduğunu ifade eden Hook Kanunu tarafından kontrol edilir ve malzemenin elastik sınırının geçilmemesine dikkat edilir. Elastik elemanlarda uygulanan yüke bağlı olarak yer değiştirme, $F=K \times y$ eşitliği ile ifade edilir. Buna ilave olarak Şekil 2.11a'da gösterilen basit bir elastik eleman için kuvvet,

$$F = \frac{A \times E}{L} \times \delta \quad (\text{N}) \quad [2.2]$$

şeklindedir. Burada ; A, enine kesit alanı; L, boy ve E, elastikiyet modülüdür.

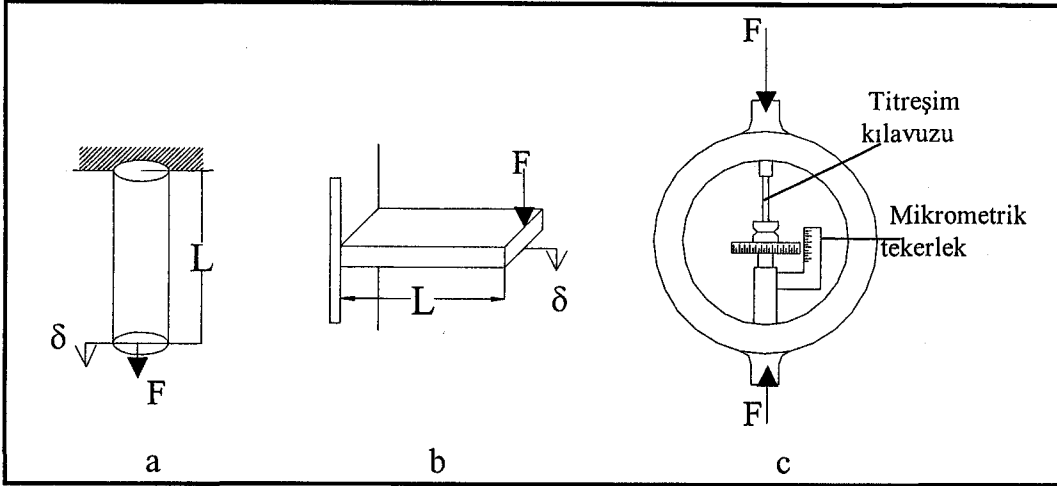
Ankastre bir kiriş (Şekil 2.11b) için kuvvet,

$$F = \frac{3 \times E \times I}{L^3} \times \delta \quad (\text{N}) \quad [2.3]$$

Diğer bir elastik eleman olan elastik halka (Şekil 2.11c) için kuvvet,

$$F = \frac{16}{\frac{\pi}{2} - \frac{4}{\pi}} \times \frac{E \times I}{d^3} \times \delta \quad (\text{N}) \quad [2.4]$$

şeklindedir.



Şekil 2.11. Elastik elemanlar (a) Basit elastik eleman, (b) Ankastre elastik eleman, (c) Elastik halka (4)

2.14. Yük Hücreleri ve Yük Hücreleri ile Kuvvet Ölçümü

Kuvvet ölçümünde kullanılan transdüserlerin tasarımında farklı elastik elemanlar geliştirilmiş olup bunlar; çubuk, kiriş, halka, silindir, kolon, tüp, rondela, diyafram, makaslama göbeği ve özel uygulamalar için çok değişik şekillerde kullanılan elemanlardır.

2.14.1. Çubuk tipi yük hücresi

Sensör olarak gerinim ölçerlerin kullanıldığı basit bir çubuk tipi yük hücresi Şekil 2.12a'da görülmektedir. Yük (F) çekme yada basma yükü olabilmektedir. Eleman üzerindeki 4 gerinim ölçerin ikisi eksenel ve diğer ikisi de enine yönde yapıştırılmıştır. 1 ve 4 kollarındaki gerinim ölçerler eksenel, 2 ve 3 kollarındaki gerinim ölçerler de enine yönlerde olmak üzere bir wheatstone köprü bağlantıları yapılmıştır (Şekil 2.12b).

Yük (F) uygulandığında çubuktaki eksenel ve enine gerinimler ϵ_a ve ϵ_L olup;

$$\epsilon_a = \frac{F}{A \times E} \quad (V) \quad [2.5a]$$

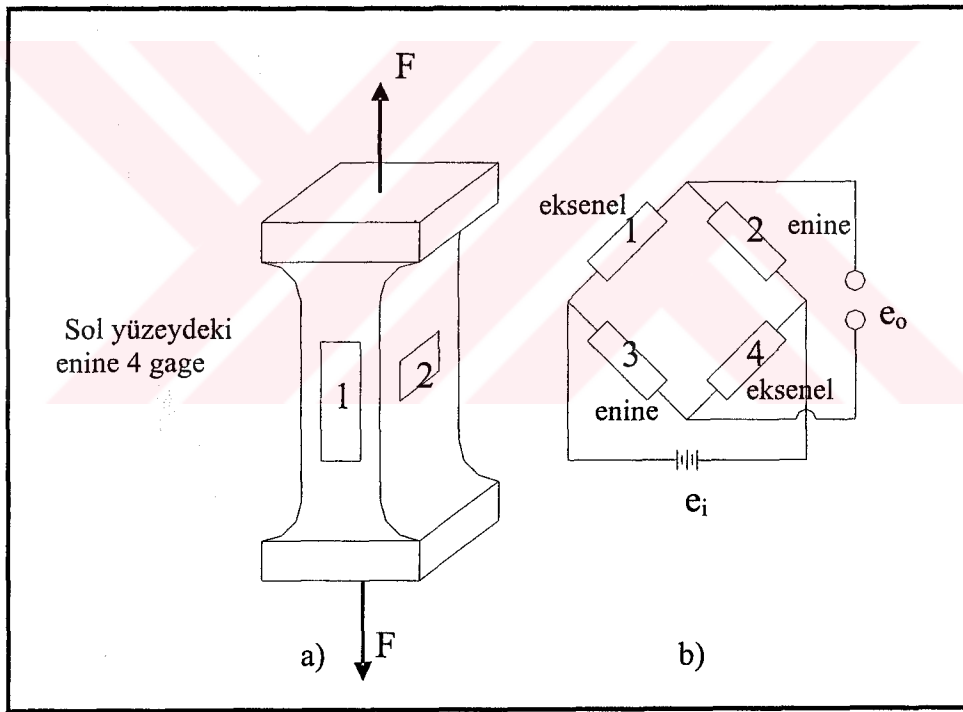
$$\varepsilon_L = -\frac{\nu \times F}{A \times E} \quad (V) \quad [2.5b]$$

Uygulanan yük ile direnç değişimi (ΔR) arasında,

$$\frac{\Delta R_1}{R_1} = \frac{\Delta R_3}{R_3} = K\varepsilon_a = \frac{K \times F}{A \times E} \quad [2.6a]$$

$$\frac{\Delta R_2}{R_2} = \frac{\Delta R_4}{R_4} = K\varepsilon_L = -\frac{\nu \times K \times F}{A \times E} \quad [2.6b]$$

ilişkisi kurulabilir (71).



Şekil 2.12. a) Çubuk tipi yük hücresi, b) Wheatstone köprü bağlantıları (4,72)

Köprü çıkış gerilimi (e_o) ve köprüdeki 4 gerinim ölçerin aynı olduğu düşünülürse,

$$e_o = \frac{KF(1+\nu)e_i}{2AE} \quad [2.7]$$

$$F = \frac{2AE}{K(1+\nu)e_i} \quad [2.8]$$

elde edilir. Eş: 2.8 uygulanan yük ile köprü çıkış geriliminin bir ilişki içerisinde olduğunu göstermektedir. Kalibrasyon ya da oransal sabit ise;

$$C = \frac{2AE}{K(1+\nu)e_i} \quad [2.9]$$

Yük hücresi ve Wheatstone köprüsü kombinasyonunun duyarlılığı (S),

$$S = \frac{e_o}{F} = \frac{1}{C} = \frac{K(1+\nu)e_i}{2AE} \quad [2.10]$$

Eş: 2.10, çubuk tipi yük hücresi duyarlılığının; çubuğun enine kesit alanına (A), çubuk malzemesi özelliklerine (E ve ν), kullanılan gerinim ölçerlere (K) ve wheatstone köprüsü giriş gerilimine (e_i) bağlı olduğunu göstermektedir.

Çubuk tipi yük hücresinin yük sınırı, çubuğun enine kesit alanının ve çubuk malzemesinin yorulma dayanımına (S_f) bağlı olarak,

$$F_{\max} = S_f \times A \quad [2.11]$$

olur. Duyarlılık ve aralığın her ikisinin de çubuğun enine kesit alanı ile ilişkili olduğu düşünülürse; yük duyarlılığı, düşük yük hücresi kapasitesini ve düşük duyarlılık da yüksek yük hücresi kapasitesini işaret etmektedir. Birçok çubuk tipi yük hücresinin çubuk elemanı AISI 4340 çeliğinden ($E=206850$ MPa ve $\nu=0,3$) yapılmakta olup bu malzemenin yorulma dayanımı ise $S_f \approx 550$ MPa'dır.

Yük hücrelerinde kullanılan gerinim ölçerlerin gage faktörünün $K \approx 2$ olduğu düşünülürse; maksimum yükteki gerilim oranı $(e_o/e_i)_{\max}$,

$$\left(\frac{e_o}{e_i} \right)_{\max} = \frac{KS_f(1+\nu)}{2E} \quad [2.12]$$

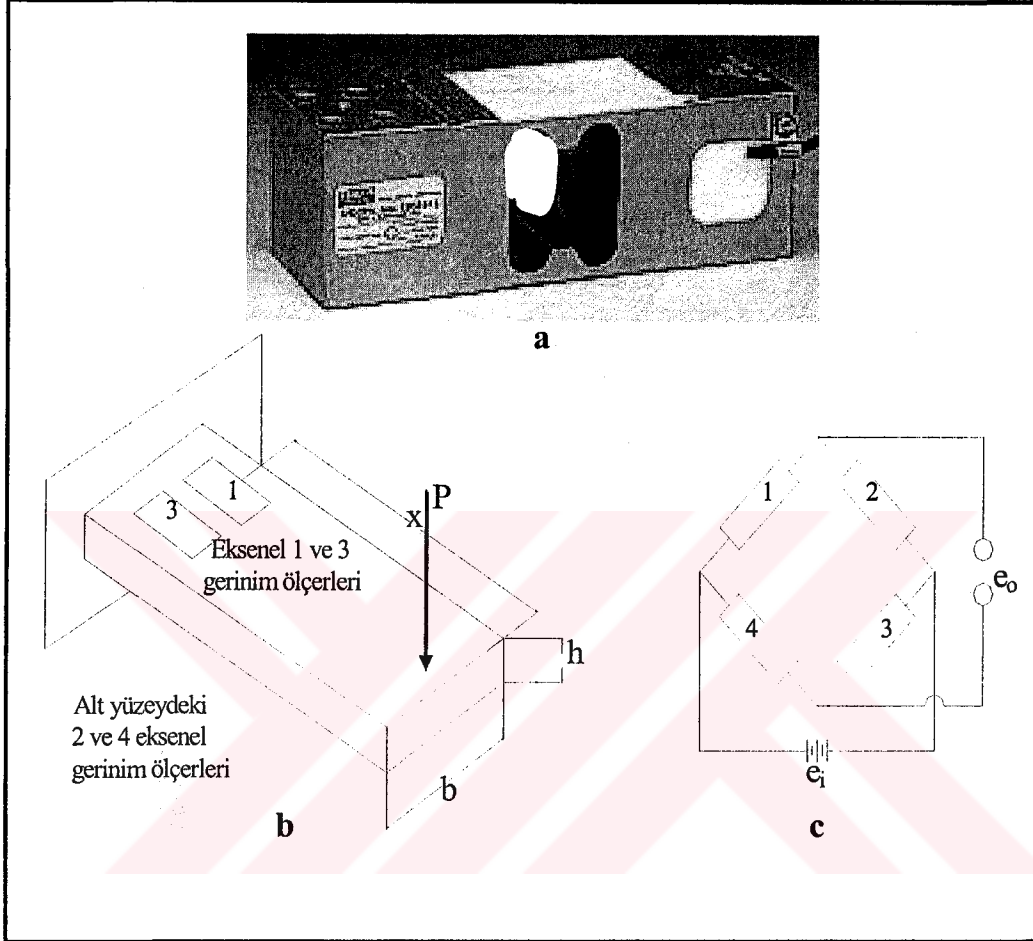
olur. Bu eşitliğe ve çubuk malzemesi değerlerine göre yükün gerçek değeri ($F=F_{\max}$) için $(e_o/e_i)_{\max}=3$ mV/V olur. Buna göre yük hücresindeki yük (F),

$$F = \frac{(e_o/e_i)}{(e_o/e_i)} \times F_{\max} \quad [2.13]$$

Köprü giriş gerilimi (e_i) 10 V ise maksimum yük oranında köprü çıkış gerilimi $e_o \approx 30$ mV olur. Bu çıkış değeri dijital bir voltmetre ya da sinyalin dinamik olması halinde bir osiloskop veya osilografik kaydedici tarafından okunabilmektedir.

2.14.2. Kiriş tipi yük hücresi

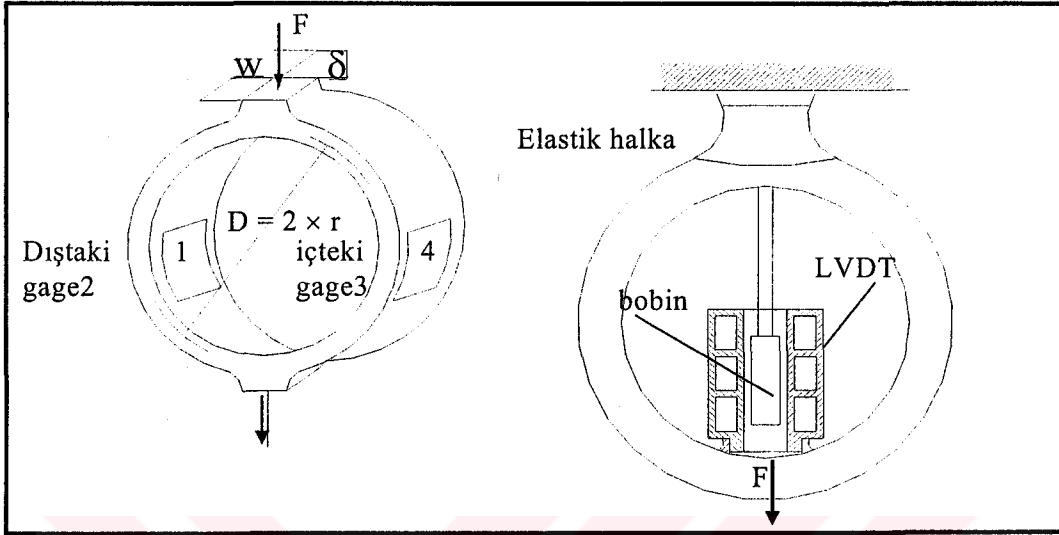
Çubuk tipi yük hücresinin etkin olmadığı, düşük düzeydeki yüklerin ölçümünde genellikle kiriş tipi yük hücreleri kullanılmaktadır (Şekil 2.13a). Bu tip yük hücresinin sensör ve elastik elemanı Şekil 2.13b’de gösterilmekte olup kiriş elemanının alt ve üst yüzeylerinde ikişer adet gerinim ölçer bulunmaktadır. Şekil 2.13c’de bu yük hücresinin Wheatstone köprüsündeki gerinim ölçer pozisyonları görülmektedir.



Şekil 2.13. Kiriş tipi yük hücresi (70) (a) kiriş tipi yük hücresinin fotoğrafı (b) gerinim ölçerdeki elastik eleman (c) Wheatstone köprüsündeki gerinim ölçerlerin konumları

2.14.3. Halka tipi yük hücresi

Halka tipi yük hücresi (Şekil 2.14), elastik eleman olarak bir yük hücresinden oluşmaktadır. Halka elemanının D çapının (ya da r yarıçapının), t kalınlığının ya da w genişliğinin değişimi ile, halka tipi yük hücreleri çok geniş bir aralıktaki yükleri okuyabilecek şekilde tasarlanabilirler. Halka tipi yük hücresinde sensör olarak gerinim ölçerler kullanılabilir.



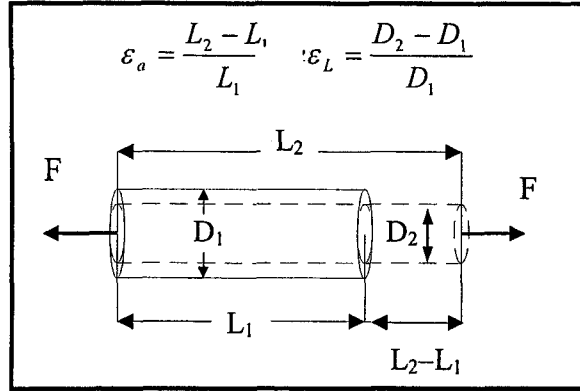
Şekil 2.14. Halka tipi yük hücresi (4, 72)

2.15. Gerilme-Gerinim İlişkisi

Elastik elemanlarla kuvvet ölçmenin mantığını Eş: 2.18, 2.19 ve 2.20’de bulunan (δ) yer değiştirmesinin (uzama, strain, gerinim) ölçülmesi oluşturmaktadır. Gerilme analizleri, değişik şekillerdeki malzemeler üzerindeki farklı yükleme durumlarında oluşan gerilme dağılımını içermektedir. Deneysel gerilme analizlerinde ise yük altında oluşan deformasyon incelenmektedir. Bu nedenle deformasyon ölçümü için Şekil 2.15’de gösterilen bir elemanın F kuvveti ile çekildiği düşünülürse;

Elemandaki aksenal uzama (ϵ_a),

$$\epsilon_a = \frac{dL}{L} = \frac{(L_2 - L_1)}{L} = \frac{\Delta L}{L} \quad [2.14]$$



Şekil 2.15 Eksenel ve enine gerinim ilişkileri

Hook Kanuna göre gerinim ise;

$$\epsilon_a = \frac{\sigma_a}{E} = \frac{(F/A)}{E} = \frac{F}{A \times E} \quad [2.5]$$

olacaktır.

Ancak elemanın boyundaki uzamaya bağlı olarak enine kesit küçülür ve boyuna değişimin (ϵ_a) enine değişime (ϵ_L) oranı olarak bilinen poisson oranı (ν)

$$\nu = -\frac{\epsilon_a}{\epsilon_L} = -\frac{dD/d}{dL/L} \quad [2.16]$$

olur.

2.16. Gerinim Ölçümü

Gerinim doğrudan ya da dolaylı bir biçimde ölçülebilmektedir. Modern gerinim ölçerler, doğal olarak gerinime duyarlı olduklarından; birim çıkışları doğrusal olarak birim boyutsal değişme-gerinim (strain) ile orantılıdır. Bu gerinimi ölçmek amacıyla yaklaşık 1930'lu yıllarda uzama ölçer kullanılmış ve daha sonraları bunların mekanik ve optik tipleri geliştirilmiştir (72).

Elektriksel dirençli gerinim ölçerler ise gerinim ölçümünde tercih edilen en önemli aletler olmuşlardır. Bu aletler gerinim ölçmenin yanında, transdüser formu (load cell-yük hücresi) kullanılarak, birçok kuvvet ölçümünde de kullanılmaktadır.

Elektriksel dirençli ölçmenin temeli, mekanik bir deformasyona uğrayan iletken bir telin elektriksel direncinde de bir değişimin olmasıdır. Tipik olarak bir elektrik iletkeni Şekil 2.16'de gösterildiği gibi, ince kağıtlar arasına yerleştirilerek, herhangi bir yükleme olmaksızın bir eleman üzerine yapıştırılır. Başlangıçta iletkenin öz direnci (ρ), uzunluğu (L), enine kesit alanı (A) ve direnci (R),

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad [2.17]$$

olurken herhangi bir yük uygulanması halinde doğal olarak çok ince iletken deformasyona uğrayacak ve direncinde de dR kadar bir değişim olacaktır.

Eş: 2.24'nin diferansiyeli alınırsa,

$$\frac{dR}{R} = \frac{d\rho}{\rho} + \frac{dL}{L} - \frac{dA}{A} \quad [2.18]$$

Alan, iletken tel çapının (D) karesi şeklinde olursa,

$$\frac{dA}{A} = 2 \frac{dD}{D} \quad [2.19]$$

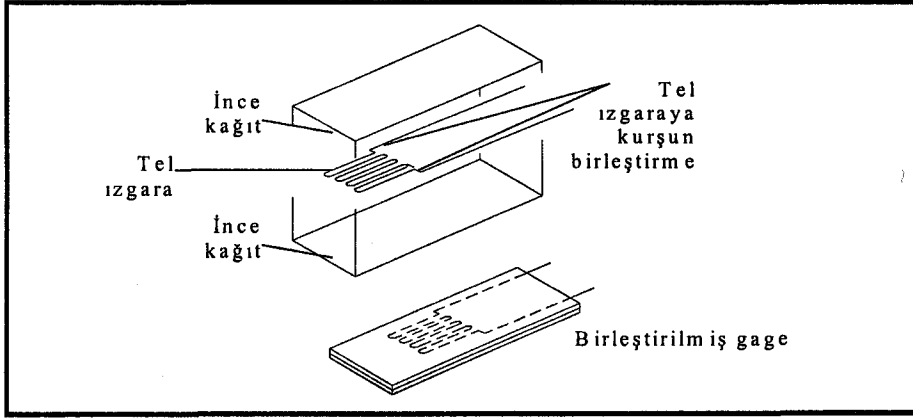
ve Eş: 2.18'de yerine konularak, eşitliğin her iki yanı dL/L ile bölünürse;

$$\frac{(dR/R)}{(dL/L)} = \frac{(d\rho/\rho)}{(dL/L)} + \frac{(dL/L)}{(dL/L)} - 2 \frac{(dD/D)}{(dL/L)} \quad [2.20]$$

Burada $[(dR/R)/(dL/L)]$ ifadesi gage faktörü (K) olarak tanımlanır. Buna göre gage faktörünün son hali;

$$K = \frac{dR/R}{\epsilon_a} = \frac{(d\rho/\rho)}{\epsilon_a} + 1 + 2\nu \quad [2.21]$$

şeklinde tanımlanır.



Şekil 2.16. Yapıştırma tipi gerinim ölçer konstrüksiyonu (72)

Gage faktörü ve direnç, genellikle üretici firma tarafından belirtilerek, gerinim tespitinde yalnızca dR 'nin ölçülmesi yeterli olmaktadır. Malzemenin direncinin gerinim ile değişmediği hallerde $\nu=0,3$ olur ve gage faktörü de $E_s: 2.28$ 'ya göre $K=1,6$ olur. Bu durumda, malzemenin direncindeki değişme fiziksel boyutlardaki değişimden kaynaklanır. Eğer öz direnç gerinim ile birlikte azalırsa, gage faktörü de 1,6'dan daha küçük olacak ve malzemenin direnci plastik bölgeye kadar uzarsa $\nu=0,5$ olacak ($K=2$) ve öz direnç sabit kalacaktır. Gage faktörünün büyük olması, gerinim girişi için verilen dR direncindeki değişimin büyük olması nedeniyle istenilen bir durumdur.

Direncin gerinim ile değişimi de,

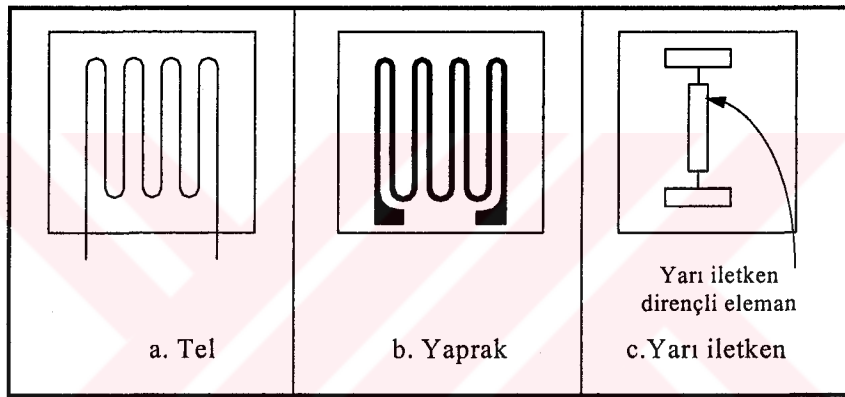
$$\epsilon = \frac{dR/R}{K} \quad [2.22]$$

2.17. Gerinim Ölçer Çeşitleri ve Seçim Kriterleri

Üç tip dirençli gerinim ölçer vardır (Şekil 2.17). Bunlar; yapıştırılan gerinim ölçer (boyutları 15-25 μm) , yaprak gerinim ölçer (25 μm 'den daha ince) ve yarı iletken gerinim ölçer (73). Yaprak tipi gerinim ölçer diğerlerine göre çok daha esnek olduğundan çeşitli gerilmelerin ölçülmesinde kullanılır. Yarı iletken gerinim

ölçerlerin gerinim duyarlılığı olan silikon bir gövdesi olup, gage faktörünün büyük olmasının ($K \approx 100$) yanı sıra, çok yüksek bir sıcaklık direnç katsayısı vardır.

Gerinim ölçer karakteristikleri ve parametrelerinin dikkatli ve rasyonel bir şekilde seçilmesi için; özel çevre şartlarında gerinim ölçer performansını ve işleme şartlarının optimize edilmesi, hassasiyetin elde edilmesi ve güvenli bir biçimde kullanılması, kurulumun kolaylaştırılması ve toplam maliyetin minimize edilmesi gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır (71).



Şekil 2.17. Dirençli gerinim ölçer tipleri (73)

Bir gerinim ölçerin kurulum ve işleme karakteristikleri ise; gerinim duyarlılığı, alaşım, gerinim ölçeri taşıyıcı malzeme, gerinim ölçer uzunluğu, gerinim ölçer dizilişi, kendi kendine sıcaklık dengeleme miktarı ve ızgara direncidir (71).

Temel olarak gerinim ölçer seçimi, çevre ve diğer işleme şartlarının çok uygun olması ve aynı zamanda kurulum ve işleme sınırlamaları, hassasiyet, sıcaklık, uzama, deney sürekliliği, kararlılık, kolay kurulum ve kullanım limiti gibi parametrelerin kombinasyonundan ibarettir.

2.18. Kesme Kuvvetlerinin Ölçülmesi Üzerine Yapılan Çalışmalar

Cook, Loewen ve Shaw, “Takım Tezgahları Dinamometreleri” ismini verdikleri çalışmalarında torna, freze ve taşlama tezgahlarında oluşan kesme kuvvetlerini

ölçebilecek, “gerinim ölçer tipi” dinamometre tasarımı ve imalatını yapmışlardır. Bu çalışmada, dört adet sekiz köşeli ring kullanmışlardır (68). Kim ve Kim, birçok ticari CNC işleme merkezlerine bağlanabilen bir adaptif kesme kuvveti kontrol elemanının frezeleme operasyonlarındaki kullanımı üzerinde durmuşlar; x, y ve z eksenlerindeki kesme kuvvetlerini alternatif akımlı ilerleme, tahrik servo motorlarından elde edilen akımların kullanılmasıyla dolaylı olarak ölçmüşlerdir (74). Strafford, tornalama esnasında oluşan üç eksendeki kesme kuvvetlerini ölçebilecek gerinim ölçer esaslı sekizgen halka dinamometresi (75) ve Dönertaş benzer metodu kullanarak bir çalışma yapmıştır (76). Korkut, tornalamada oluşan kesme kuvvetlerini ölçmek amacıyla gerinim ölçer esaslı bir dinamometrede, üç adet Wheatson köprüsü ve dört adet gerinim ölçer kullanarak kesme kuvvetleri ölçülmüştür. Dinamometrenin hassasiyeti için elektrik devrelerinden yararlanılmış ve dinamometreden alınan kuvvet sinyalleri, işlem amplifikatörü ile işlenerek bilgisayara aktarılmıştır (68).

Kurt, doğrusal hareketle talaş kaldıran vargel tezgahında oluşan kesme kuvvetlerinin bilgisayar yardımıyla ölçülebilmesi için bir dinamometrenin tasarım ve imalatını yapmıştır. Dinamometre tasarımında üç adet gerinim ölçer esaslı analog yük hücreleri kullanılmıştır. Gerinim ölçerdeki boyutsal değişimden elde edilen sinyallerin sayısal bir dönüşümü yapılmış ve daha sonra bilgisayar yardımıyla kesme kuvvetlerinin ölçülmesi amaçlanmıştır (71). Günay, tornalama sırasında oluşan kesme kuvvetlerini iki adet gerinim ölçer esaslı analog yük hücreleri kullanarak aynı metotla ölçmüştür (4).

2.19. Yapılan Literatür Çalışmalarının Değerlendirilmesi

Literatür araştırmasının değerlendirilmesinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Talaşlama işleminde kesici olarak kullanılan taş tanelerinin geometrik şekillerinin düzenli olmamasından dolayı, kesici tanelerin kesme açılarını ve her taneye ne kadar talaş geleceğini tam olarak belirleyip hesaplamak mümkün olmadığından talaşlama işleminin modellenmesinin zor olduğu,

- Taşlama işleminde taşlama oranı ve yüzey pürüzlülüğüne etki eden en önemli parametrelerden birinin taş tane büyüklüğü olduğu,
- Taşlama işleminde taş tanelerinin körelmesinden dolayı bitirme yüzeyi kalitesinin verilen tolerans sınırını aşmadan taşların zamanında bilenmesinin gerektiği,
- Taşlama işleminde oluşan sıcaklığın (1000 °C -1500 °C), yeterli soğutma, taş tanelerinin keskin kalması ve taşlama kuvvetlerinin düşük tutulması ile minimize edilebileceği,
- Etkin bir taşlama için tane kesme derinliğinin 0.02 μm 'den daha büyük olması gerektiği,
- Taşlama işlemi esnasında oluşan taşlama kuvvetlerinin ölçülmesi ve bu kuvvetlerin taşın özelliklerinden (taş tane büyüklüğü, taş dokusu ve taş sertliği) nasıl etkilendiğinin araştırılması gerektiği,
- Aynı taşlama şartlarında oluşan taşlama kuvvetleriyle yüzey pürüzlülüğünün ilişkisinin incelenmesi gerektiği belirlenmiştir.
- Kesme kuvvetlerinin ölçülmesi üzerine yapılan çalışmalarda ise; gerinim ölçer esaslı ve ring teorisine göre çalışan dinamometreler, üç eksenli mekanik kuvvet ölçer, komparatörlü dinamometreler, üç parçalı Kistler piezoelektrik dinamometre, döner takım klemensleri içerisine entegre edilen sensör ve gerinim ölçer esaslı yük hücrelerinden oluşmuş dinamometre gibi yöntemlerden yararlanılmıştır.
- Literatürdeki çalışmaların bir çoğunun, torna tezgahlarında kullanılan kesici takımlar üzerine yapıldığı görülmektedir. Yapılan çalışmaların bir kısmı freze tezgahlarında kesici takımlarda meydana gelen kesme kuvvetleri, gerilme,

aşınma ve sıcaklık değerlerinin tespitini amaçlamaktadır. Freze tezgahı için, tasarlanan ve imalatı gerçekleştirilen dinamometrelerin taşlama tezgahında da kullanılabileceği belirtilmektedir. Ancak taşlama tezgahında oluşan kuvvetler diğer takım tezgahlarında oluşan kesme kuvvetlerine oranla daha küçük boyutlarda oluşmaktadır. Bu nedenle taşlama tezgahları için imal edilebilecek dinamometrenin hassas ölçüm yapması gerekmektedir.

- Yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesinde, pürüzlülük aralığı, pürüz tepelerinin ve yanaklarının yaptığı açılar, pürüzlülük dağılım eğrisi gibi önemli kriterler etkili olmaktadır. Bu kriterlerin gözle tespitine ve değerlendirilmesine imkan veren pürüzlülük grafiklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Grafik alma özelliği olan cihazlar pürüzlerin kaydedilmesi yönüyle daha somut ve kapsamlı bilgilenme ve karar vermeye yardımcı olması bakımından tercih edilmektedir. Bu nedenle, hassas ölçüm yapan, ölçülen yüzeye hasar vermeyen pürüzlülük ölçme cihazları seçilmelidir.

3. TAŞLAMA

Taşlama, aşındırıcı bir malzemedan yapılan ve kesme kısımlarının geometrisi belli olmayan bir takım ile talaş kaldırma işlemidir. Taşlamada kesme, taş denilen takımın dönme hareketi ile gerçekleşir: ilerleme ise parça veya takım tarafından yapılabilir. Taşlama işlemi; genellikle tornalama, frezeleme, planyalama veya vargelleme işleminden sonra ölçü tamlığı ve yüzey kalitesini iyileştirmek için uygulanan nihai bir işlemdir. Hassas taşlama şartlarında 0.002 mm ölçü tamlığı elde etmek mümkündür (27) Taşlama işlemleri, işin biçimine ve taşla işin bağıl hareketine göre adlandırılır. Bunlar;

1. Silindirik taşlama
 - a. Dış yüzey
 - b. İç yüzey
2. Konik taşlama
3. Krank taşlama
4. Puntasız taşlama
 - a. İç yüzey
 - b. Dış yüzey
5. Düzlem taşlama
 - a) Yatay milli
 - b) Düşey milli
6. Dalma taşlama
 - a. İç yüzey
 - b. Dış yüzey
7. Profil taşlama
 - a. Özel profiller
 - b. Vida
 - c. Dişli çark
8. Elektrokimyasal taşlamadır.

3.1. Düzlem Yüzey Taşlama

Şekil ve biçime bağlı olmaksızın her hangi bir parçanın yüzeyinin taşlanması yüzey taşlama olarak adlandırılır. Aşındırıcı ile işlemede, yüzey taşlama işlemi ifadesi, genelde dönen taşlama diski altındaki yatay düzlemde iş parçasının ilerlemesiyle, düz, açısal ve değişik geometriye sahip yüzeylerin elde edilmesi işleminin adıdır. Taşlama taşı üzerindeki bir profil veya şekil elmasla taşın bilmesiyle elde edilir. Profil aynı zamanda taşın çevresine mekanik kopya tipi tertibatla tek noktalı elmas uç monte edilerek de oluşturulabilir. Taş yüzeyine çok hassas bir profil vermek için tek noktalı elmas uç veya elmas emdirilmiş dönen disklerle CNC'li taşlama tezgahlarında çok hassas yüzeler elde edilebilir. Düzlem profil haricinde, taş başka bir profile sahip olduğunda yapılan taşlama işlemi profil veya form taşlama işlemi olarak adlandırılır (77).

3.2. Taşlama Takımları

Taş adını alan, taşlama takımları geometrisi tam olarak belli olmayan çok ağızlı bir takımdır. Başka bir ifadeyle taşlama takımı birbirleri ile bir bağlayıcı madde ile bağlanan binlerce aşındırıcı parçalarından meydana gelmektedir. Her hangi bir taşın; aşındırıcı tanecikleri, bağlama maddesi ve boşluklar olmak üzere üç elamanı vardır. Aşındırıcı tanecikler esas takımı, bağlama maddesi takımı tutturmayı, boşluk ise, talaş kırma ve aynı zamanda talaşın uzaklaştırılması görevini yapan hacmi meydana getirmektedir (55).

3.2.1. Aşındırıcılar

Aşındırıcılar, tanecik ve toz halinde bulunan ve çok hassas işlemlerde kullanılan sert malzemelerdir. Bunlar doğal ve sentetik olmak üzere iki gruba ayrılır. Doğal aşındırıcıların en önemlisi doğal korund, kuvars ve elmadır. Doğal kornd ve zımpara doğal alüminyum oksidinin en önemli bileşenidir. Ancak bunlar olmadıkları için

günümüzde çok az bulunurlar. Sentetik aşındırıcı malzemeleri alüminyum oksit, silisyum karbür ve sentetik elmas olmak üzere üç gruba ayrılır (55).

Alüminyum oksit veya sentetik korindon: Boksidin ergimesi ile elde edilen alüminyum oksit (Al_2O_3)'in kristal şeklidir. Boksidin ergimesi ($1900^{\circ}C$ - $2000^{\circ}C$ arasında) ile cevherde bulunan yabancı maddeler ayrılır ve alüminyum oksit blok halinde kristal şeklini alır. Daha sonra bu bloklar parçalanır, öğütülerek istenilen parça boyutuna getirilir. Bu şekilde çok sert, tok, sıcaklığa dayanıklı (yaklaşık $2050^{\circ}C$ 'ye kadar) ve çok keskin uçlara sahip olan bir malzeme elde edilir. Malzemenin sertliği ve tokluğu ihtiva ettiği alüminyum oksit miktarına bağlıdır. Alüminyum oksit miktarı arttıkça malzemenin sertliği artar fakat tokluğu azalır (36).

Silisyum karbür : Silisyum (Si) ve karbonun (C) kimyasal bileşimi (SiC) olan bu malzeme, kum halinde kuvarsin faz şeklinde bulunan kok kömürü ile birlikte ergimesi ile elde edilir. Alüminyum oksitten daha sert ve $2050^{\circ}C$ sıcaklığa kadar dayanan olan bu malzeme, çok iyi kesme özelliklerine sahip tanecikler oluşturur. Silisyum karbürün ticari isimleri “karborondum” veya “krystolon”dur.

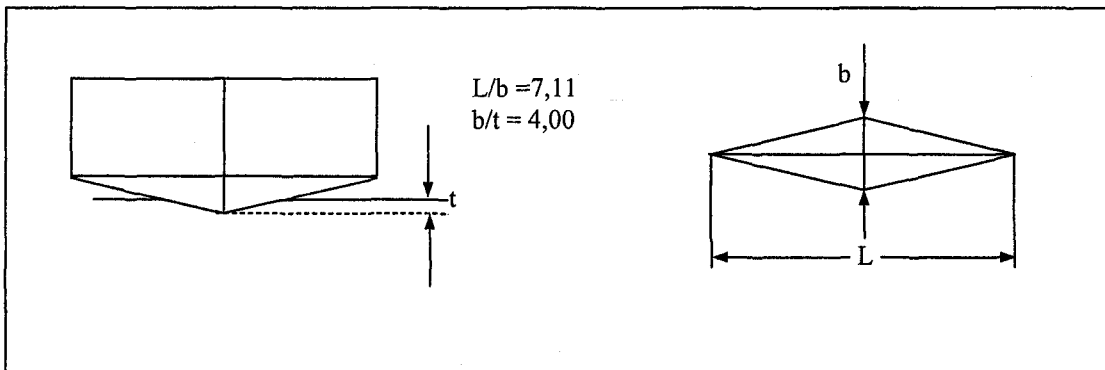
Kübik bor nitrür : “Boroson” “Elbor” veya “Amber” olarak tanınan bu malzeme suni bir aşındırıcıdır. İmalat süreci suni elmasinkine benzeyen bu aşındırıcı sertliği 60 HRC'nin üzerindeki çelikleri taşıyabilir.

Elmas : Aşındırıcılar arasında en sert malzeme olan elmas, sıcaklığa ve aşınmaya karşı çok dayanıklı fakat çok kırılğan ve pahalı bir malzemedir. Kırılğan olduğu için ince veya çok ince talaş kaldırma işlemlerinde kullanılır. Elmas ile işlenerek elde edilen yüzeylerin pürüzlülüğü $0.1\mu m$ civarındadır. Normal işlemlerde 100 ila 500 m/dak arasında olan kesme hızı, özel hallerde 300 m/dak'ya çıkabilir. İşleme sıcaklığı $1500^{\circ}C$ kadardır.

3.3. Aşındırıcıların Mekanik Özellikleri

Aşındırıcı malzemelerin mekanik özellikleri olarak sertliği, tokluğu aşınmaya (yenmeye) karşı mukavemeti ve kırılabilirliği sayılabilir. Sertlik, bir malzemenin başka bir malzemeye nüfuz etme özelliğidir. Aşındırıcı ile işlenecek malzeme arasında sertlik farkı ne kadar büyükse aşındırıcı o kadar etkilidir. Tokluk, malzemenin darbelere karşı mukavemetidir. Aşınma, talaş kaldırma sırasında aşındırıcı taneciğin keskin uçlarının körelmesine neden olan, çok ince toz şeklinde parçacıkların ayrılmasıdır. Yenme özelliğine karşın kırılma, kristal yapının parçalanmasıdır. Knoop sertlik sıkalasına göre aşındırıcı malzemelerin sertlikleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Knoop sertlik deneyinde Şekil 3.1’de görülen elmas uç kullanılmaktadır. Uygulanan yükler genelde 25 gr ila 5 kg arasında değişmektedir. Knoop sertlik değeri HK ile gösterilir ve $HK = 14,2 P/L^2$ eşitliği ile hesap edilmektedir. Kullanılan yükler küçük olduğundan dolayı bu bir mikro sertlik ölçme yöntemidir. Çok küçük veya ince numuneler ve karbürler ve cam gibi kırılkan malzemelerin sertliğinin belirlenmesinde kullanılır. Bu yöntem aynı zamanda metallerin münferit tanelerinin sertliklerinin belirlenmesinde de kullanılmaktadır. Elma ucun boyutu genelde 0,01 ila 0,1 mm arasında değiştiğinden dolayı ölçülecek yüzeyin hazırlanması önemlidir (1).



Şekil 3.1. Knoop sertlik deneyinde kullanılan elmas uç (1)

Çizelge 3.1. Knoop sertlik skalasına göre aşındırıcı malzemelerin sertlikleri (55)

Aşındırıcı	Alüminyum oksit	Silisyum-karbür	Kübik bor nitrür	Elmas
Knoop Sertlik Değeri	2000	2500	4700	7000

Diğer taraftan pratikte kullanılan malzemelerin sertlikleri aynı skalaya göre Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Pratikte kullanılan malzemelerin Knoop sertlik skalasına göre aşındırıcı malzemelerin sertlikleri (55)

Aşındırıcı	Yumuşak Çelik	Hız Çeliği	Tungsten Karbür	Bor Karbür	Titanyum Karbür
Knoop Sertlik Değeri	200	1000	2000	3000	3500

3.4. Taş tane büyüklükleri

Aşındırıcı malzemelerinin önemli özelliklerinden biri de, taneciklerin boyutlarıdır. Taneciklerin boyutları sayı ile ifade edilir. Bu sayı, taneciklerin geçebilecekleri standart bir eleğin delik sayısını temsil etmektedir. Örneğin boyut sayısı 24 olan tanecikler, bir inç (25.4 mm) boyunca 24 deliğin bulunduğu elekten geçebildikleri anlamına gelir. Bu tanecikler inç başına 30 delik bulunan elekten geçemezler. DIN standardına göre tanecikler Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Çizelge 3.3. DIN standardına göre tanecikler

Çok Kaba	Kaba	Orta	İnce	Çok İnce	Çok Çok İnce
8	14	30	70	150	280
10	16	36	80	180	320
12	20	40	90	220	400
	24	46	100	240	500
		54	120		600
		60			800
					1000
					1200

Amerikan Standartlarına göre aşındırıcı tane büyüklüğü sınıflandırılması Çizelge 3.4' de verilmektedir.

Çizelge 3.4. Amerikan standartlarına göre aşındırıcılar

Kaba	Orta	İnce	Çok Çok İnce
6-24	30-60	70-220	240-600

Alüminyum oksit 4 ila 240 boyutlarında imal edilir. Aşırı incelikteki tanecikler flotasyon ile, diğerleri bilyalı değirmenlerde elde edilir.

3.5. Birleştirme Malzemeleri

Birleştirme malzemeleri, aşındırıcı tanecikleri taş üzerinde bir arada tutan malzemelerdir. Bu malzemelerin taş üzerine etkileri, taşın rijitliğini veya esnekliğini tayin etmek ve taneciğin taştan ayrılma mukavemetlerini belirlemektir.

Pratikte kullanılan birleştirme malzemeleri organik ve inorganik olmak üzere iki gruba ayrılır.

3.5.1. Organik birleştirme malzemeleri

Esnek birleştirme malzemeleri olarak bilinen organik malzemelerin esaslarını şunlar oluşturur:

Lastik Birleştirme : Benzin veya kükürt ile yumuşatılmış lastik karışımıdır. Bu malzemelerden yapılan taşlar esnek mukavim ve neme karşı dayanıklıdır. Çapları büyük (150 mm kadar) fakat çok ince (0.5 mm) taşların imalatında elverişlidir. Lastik birleştirmeli taşların, müsaade edilen dönme hızları oldukça büyük (75 m/s' ye kadar) ve ayrıca iyi bir parlatma kabiliyetine de sahiptir.

Reçine Birleştirme : Bakalite dayanan sentetik bir birleştirme malzemesidir. Bu malzeme ile imal edilen taşlar mukavim, esnek, yüksek dönme hızına sahip olmakla beraber, alkalın soğutma sıvılarına dayanıksızdır. Bu sakınca bir ölçüde taşları parafin ile kaplayarak giderilmektedir.

Şelak Birleştirme : Şelak birleştirme ile imal edilen taşlar, kam milleri gibi değişken profillere sahip elemanlarda çok iyi yüzey kalitesi oluşturlar.

3.5.2. İnorganik birleştirme malzemeleri

Vitrifiye (camlaştırılmış) adını da taşıyan inorganik birleştirme malzemeleri, grubunu seramik, magnezyum ve silikat gibi malzemeler oluşturur.

Seramik Birleştirme : Seramik birleştirme (porselen esaslı), ana malzemeleri kil, feldspat, kuvars olan refraktör (ısıya dayanıklı) malzemelerdir. Yüksek sıcaklığa, su, asit, yağ ve diğer malzemelere dayanıklı olmakla beraber verimlilikleri yüksek ve uzun süre kesme kabiliyetini muhafaza ederler. Bu nedenle taş imalatında çok kullanılırlar. Sakıncaları, çok kırılğan ve dolayısı ile darbelere karşı az mukavim olmalarıdır.

Silikat Birleştirme : Silikat birleştirme, pişirilerek sertleştirilmiş cam suyudur (55).

3.6. Taşların Sertliği

Taşlar bir süre kullanıldıktan sonra kesme kuvvetlerinin etkisi altında aktif tanecikler taştan ayrılır. Taş gittikçe ufalanır ve belirli bir boyutta kullanılmaz duruma gelir. Taşın, birleştirme malzemesine bağlı olarak, taneciklerin belirli bir kuvvete kadar taş bünyesinde tutulma kabiliyetine taşın sertliği denir. Bu bakımdan sert, orta, yumuşak gibi taşlar vardır. Taştaki birleştirme maddesi yüzdesi ne kadar çoksa taş da o kadar serttir. Sert bir taşın tanecikleri, yumuşak bir taşa göre daha uzun bir süre taş bünyesinde muhafaza edilir. Böylece taneciklerin ayrılma sürelerine bağlı, taşın

belirli bir ufalanma hızı vardır. Taşın sertliği artıkça ufalanma hızı azalır. Ancak, şu husus unutulmamalıdır. Başlangıçta belirli bir kesme kabiliyetine sahip olan tanecik, belirli bir süre çalıştıktan sonra körlenir ve kesme kabiliyetini kaybeder. İşe göre uygun seçilmiş bir taşta, tanecik hemen köreldikten sonra ayrılmalı ve yerini onun altında bulunan ve keskin uçlara sahip olan taneciğe bırakmalıdır. Tane köreldikten sonra hala taşta daha muhafaza ediliyorsa, taş işlem yapamaz duruma gelir. Yumuşak ve sert taşlarla ilgili aşağıdaki kurallar bilinmelidir (55).

Yumuşak Taşlar : Yumuşak taşlar, aşındırıcı tanecikler kısa sürede taştan ayrılıp yerlerini yeni ve keskin taneciklere bıraktıkları için, kesme etkileri iyidir. Ancak çabuk aşındıkları için şekillerini ve dengelerini uzun süre muhafaza edemezler.

Sert Taşlar : Sert taşlar, aşındırıcı parçacıkları uzun süre muhafaza ettikleri için kesme bakımından o kadar etkili değildirler; ancak şekillerini uzun süre muhafaza edebilirler. Bu bakımdan taş sertliğinin işe göre seçilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu seçimi yaparken; sertliğin taşın bir özelliği, körlenmenin ise iş malzemesine bağlı olduğu göz önünde tutulmalıdır. Belirli bir sertliğe sahip olan taş, sert bir malzemenin taşlanması daha çabuk, yumuşak bir malzemenin taşlanması daha uzun bir sürede körlenecektir. Bu bakımdan taneciğin körelme ile ayrılma zamanlarını denk getirmek için, taşların seçiminde “Yumuşak malzemeler için sert taşlar” ve “Sert malzemeler için yumuşak taşlar” kuralı uygulanır.

Taşların sertliği, aşındırıcı taneciklerin sertliği ile karıştırılmamalıdır. Taşların sertlikleri büyük harflerle simgelenir. Çizelge 3.5 de simgeleme tarzına göre taşların sertlik bakımından sınıflandırılması verilmiştir (55).

Çizelge 3.5. Taşların sertlikleri

Sertlik	Çok Yumuşak	Yumuşak	Orta	Sert	Çok Sert	Aşırı Sert
Simge	A, B, C, D, E, F, G	H, I, J, K	L, M, N, O	P, Q, R, S	T, U, V, W	X, Y, Z

3.7. Taşların Yapısı

Aşındırıcı tanelerin birleştirme maddesi ile birlikte preslenerek şekillendirilmesi sırasında, tanelerin birbirine olan uzaklığı preslenme kuvvetine bağlı olarak farklı farklı oluşur. Bu uzaklıkla ilişkili olarak, taşın yapısından gözenekler meydana gelir. En sık doku 1 ile tanımlanırken en seyrek doku 20 rakamı ile tanımlanır (78)

Çizelge 3.6. Taşlarda kullanılan etiket renklerinin anlamı

Etiketlerin Rengi	Kahverengi	Sarı	Kırmızı	Yeşil
Taşın Cinsi	Normal Korindon	Yarı Zengin Korindon	Zengin Korindon	Silisyum Karbür
Simgesi	NK	HK	EK	SC

Çizelge 3.7. Taşlarda kullanılan renkli köşegenlerin anlamı

Köşegenin Rengi	Beyaz	Mavi	Sarı	Kırmızı	Yeşil
Müsaade Edilen Hız (m/s)	15-25	45	60	80	100

3.8. Taşlama Kuvveti

Diğer talaş kaldırma işlemlerinde olduğu gibi, taşlama işleminde de;

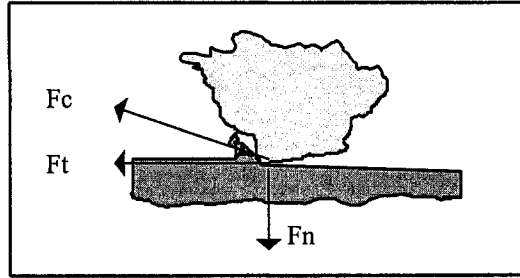
F_c : Kesme kuvveti, (N)

F_n : Normal kuvvet, (N)

F_t : Teğetsel kuvvet, (N)

olmak üzere üç temel kuvvet bulunur. Ancak bu işlemde kullanılan takım (zımpara taşı) incelendiğinde, kesme işlemi yapan taş tanelerinin sayılamayacak kadar çok ve düzgün olmayan bir geometriye sahip oldukları görülmektedir (Şekil 3.2). Bu sebeple esas kesme kuvvetinin (F_c) hesaplanması, son derece karmaşık bir durum arz eder. Kuvvet hesabının bir başka zorluğu, kuvveti etkileyen parametrelerin çok sayıda olması ile ilgilidir. Bu parametrelerden bazıları; taşın birleştirme maddesi,

sertliği, tane büyüklüğü, dokusu, talaş derinliği, ilerleme, işlenen malzemenin çekme dayanımı, rijitlik vb. şeklinde sıralanabilir (77).



Şekil 3.2. Taşın geometrisi ve kuvvetler

Bununla beraber, deneysel yöntemlerle bulunmuş ortalama kesme kuvveti;

$$F_c = 60 \cdot \delta_{\phi} \cdot a \cdot s \cdot V_p / V_c \text{ (N)} \quad [3.1]$$

şeklinde yazılabilir. Burada;

δ_{ϕ} : İşlenen parça gerecinin kopma dayanımı, (N/mm²)

a : Kesme derinliği, (mm)

s : İlerleme, (mm/devir)

V_p : İş parçasının hızı, (mm/sn)

V_c : Taşın çevresel hızı, (mm/sn)

Diğer işleme yöntemlerinin aksine, taşlamada normal kuvveti (F_n) teğetsel kuvvetinden (F_t) daha büyüktür. Deneysel çalışmaların ortaya koyduğu sonuçlara göre, bu kuvvet;

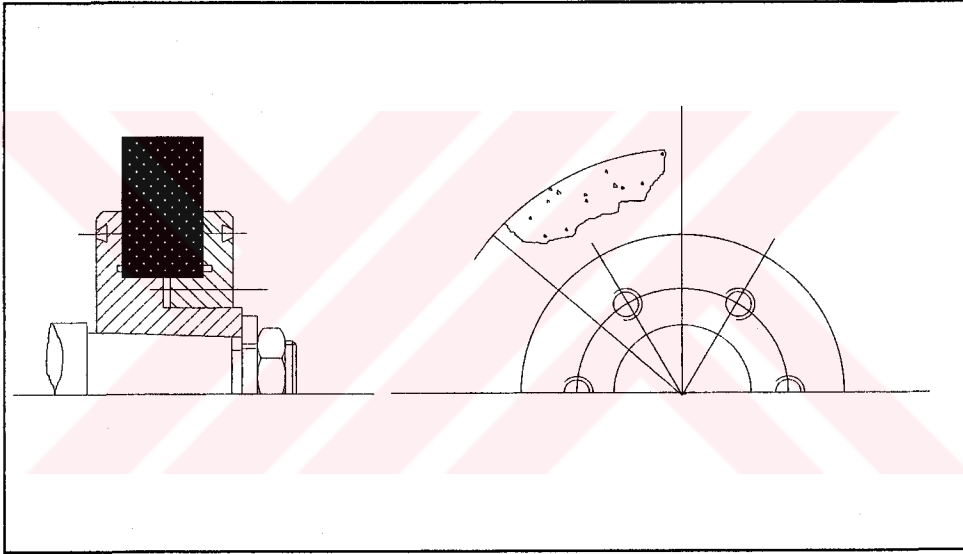
$$F_n = (1,3 - 1,45) F_t \quad [3.2]$$

şeklinde ifade edilebilir (77).

3.9. Taşın Tezgah Miline Flanş İle Bağlanması

3.9. Taşın Tezgah Miline Flanş İle Bağlanması

Zımpara taşının tezgah miline bağlanması, özel sıkma flanşları ile sağlanır (Şekil 3.3). Burada flanş sıkma kuvveti (F_s), taşın sağlıklı bağlanması yönünden önem taşır. Gereğinde fazla uygulanan bir sıkma kuvveti, zımpara taşının yanaklarında bir takım hasarlar yapmasının yanında, vida sayısının da gereksiz yere artmasına yol açar. Buna karşılık yetersiz bir sıkma kuvveti ise taşın frenlenerek aşırı yüklenmesine yol açabilir.

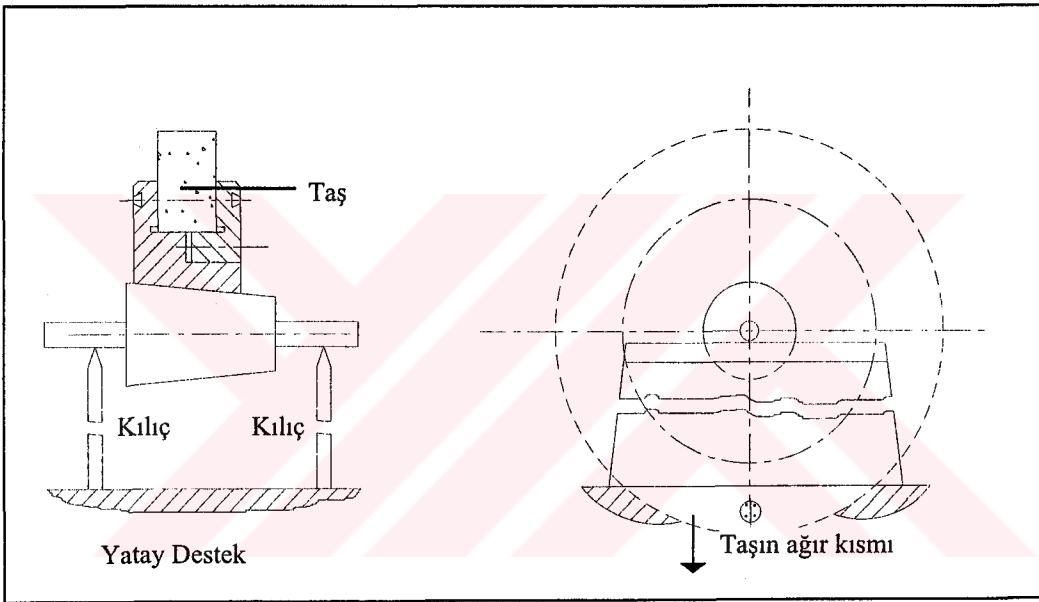


Şekil 3.3. Taşın tezgah miline flanş yardımı ile bağlanması

3.10. Taşın Dengelenmesi

Zımpara taşlarının, yapıları gereği homojen şekilde imal edilmeleri mümkün değildir. Mesela, taşın bir bölümündeki tane miktarı, aynı taşın başka bölümündeki tane miktarında farklı olabilir. Bu nedenle taşın her bölümünden eşit hacimde alınan kütlelerin ağırlıkları farklı olur. Bundan dolayı yüksek hızla dönen bir taşın çevresinde oluşan F_t teğetsel kuvvetleri birbirinden farklı olacağından, iş parçasının yüzeyini ve tezgah milini olumsuz yönde etkileyen bir dengesizlik ve bunun yol açtığı titreşimler meydana gelir. Bu zararlı etkileri ortadan kaldırmak için, zımpara taşının dengelenmesi gerekir (55, 77).

Dengeleme için değişik yöntemler olmakla beraber, en çok uygulanan statik dengeleme yöntemidir. Statik dengeleme, Şekil 3.3'de görülen dengeleme sehpası ile gerçekleştirilir. Taş, bir malafa ve bağlama flanşları ile birlikte, dengeleme sehpasına yerleştirir. Kılıç üzerinde serbest kalan taşın ağır olan kütlesi yatay eksenin altına gelir ve bu konumda durur. Taşın ağır tarafı bu şekilde tespit edildikten sonra, dengeleme işlemi yapılır.



Şekil 3.4. Statik dengeleme sehpası (55)

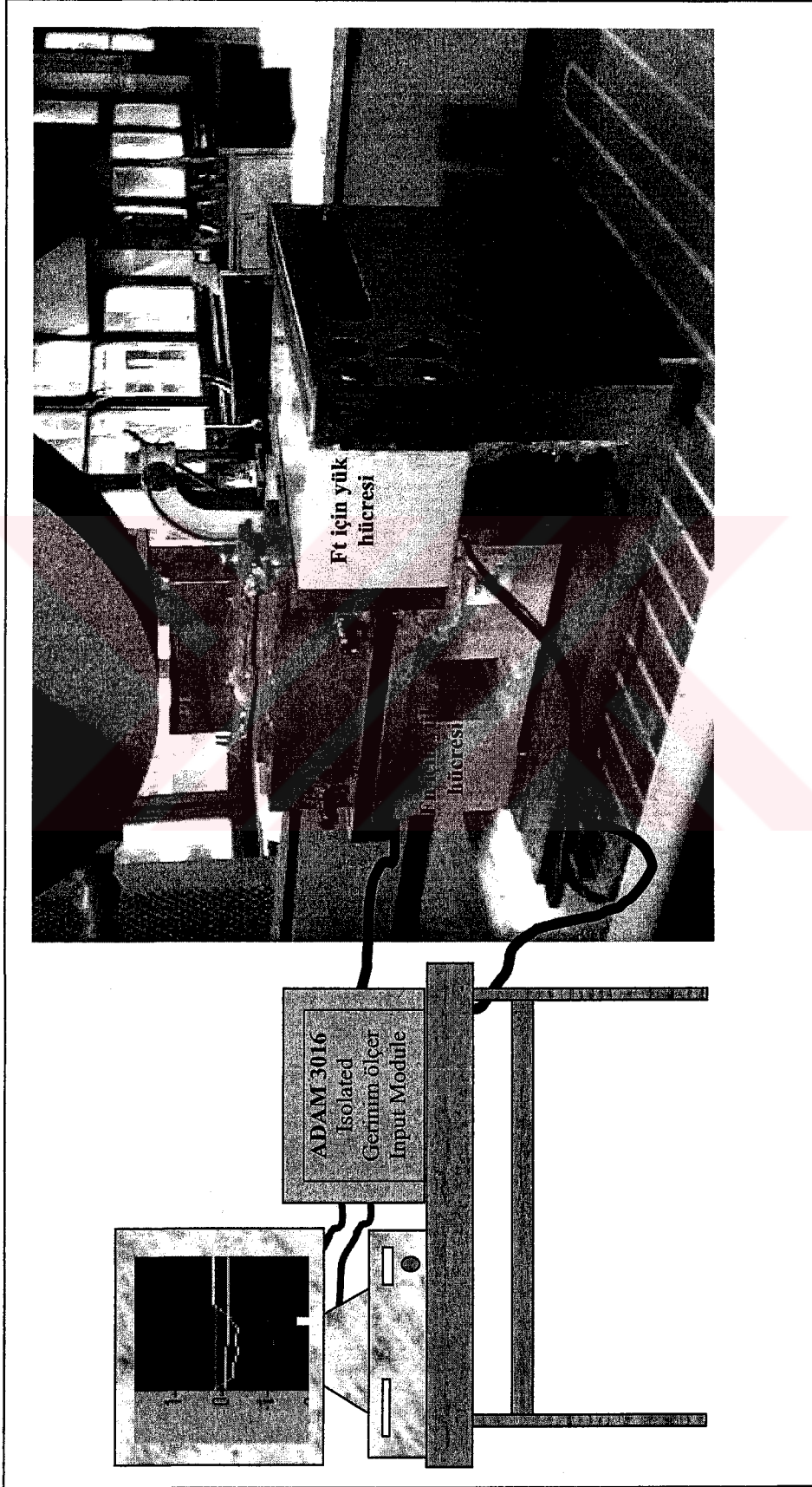
4. MALZEME VE METOT

4.1. Giriş

Bu çalışma, düzlem taşlama tezgahında düz yüzeyler taşlanırken, taşlama parametrelerinin taşlama kuvvetleri (teğetsel ve normal kuvvet) üzerindeki etkisini incelemek ve bu parametrelerin yüzey pürüzlülüğüne etkilerini belirlemek için yapılmıştır. Talaş kaldırma esnasında oluşan taşlama kuvvetlerinin belirlenebilmesi ve bilgisayar ortamında değerlendirilebilmesi için bir dinamometre tasarımı ve imalatı yapılmıştır. Dinamometre tasarımında iki adet gerinim ölçer esaslı 3000 N kapasiteli analog yük hücresi kullanılmıştır. Tasarım ve imalatı yapılan dinamometre ile bilgisayar bağlantısı kurularak, gerçek taşlama ortamında deneyler yapılmıştır. Tasarlanan deney düzeneği Şekil 4.1'de görülmektedir. Ayrıca yapılan bütün deneylerde iş parçası yüzey pürüzlülük değerleri (R_a , R_y , R_z) ölçülmüştür. Taşlama işleminde, EGESAN'ın ürettiği değişik özelliklerde alüminyum oksit taşlar kullanılmıştır.

Bu deneysel çalışmada, iş parçası olarak, Makina Kimya Endüstrisi (MKE)'nin Çelik Fabrikasında üretimi en çok yapılan iki çeşit (AISI 1050 Alaşımsız makina yapım çeliği-Karbonlu çelik, AISI 4140 Alaşımlı makina yapım çeliği-İslah çeliği) malzeme üzerinde deneyler yapılmıştır. Bu malzemelerin KOSGEB malzeme laboratuvarında spektral analizi yaptırılmış ve malzemelerin kompozisyonu belirlenmiştir. Bu malzemeler, makine imalat sektöründe çok yaygın bir kullanım alanına sahip olmaları ve malzeme özelliklerinin (fiziksel, kimyasal, mekanik vb.) iyi biliniyor olmasından dolayı tercih edilmiştir.

Çalışmada, gerinim ölçer esaslı yük hücreleri kullanılarak bir analog dinamometrenin imal edilmesi ve bunun bilgisayar bağlantısının yapılması amaçlanarak tasarlanan bu sistemin kullanılabilirliğini araştırmak ve dinamometreden alınan analog verileri sayısal olarak bilgisayar ortamında değerlendirebilmek amacıyla bir paket program kullanılmıştır.



Şekil 4.1. Deney düzeniği

4.2. Tasarım

Yapılan bu çalışmada; kullanılacak dinamometrenin tasarımı iki ayrı aşamada gerçekleştirilmiştir.

İlk aşamada; düzlem taşlama tezgahında taşlanacak iş parçasının rijit bir şekilde bağlanabilmesine imkan verebilecek ve çalışma ortamında (soğutma sıvısı, manyetik alan vb.) etkilenmeden çalışabilecek yük hücresi (Load Cell) seçimi yapılmıştır. İkinci aşamada ise; deney düzeneği düzlem taşlama tezgahına uygun olarak bağlanmıştır (taşlama tezgahının tablasına paralel ve rijit olarak). Tasarım yapılırken ilk önce taşlama kuvvetleri yönleri (F_t ve F_n) belirlenmiş ve bu yönlere dik olarak yük hücrelerinin bağlantı konumları belirlenmiştir. Yatay kuvvetin (F_t) yük hücresine paralel şekilde bağlanan iş parçasında oluşan dik kuvvetten (F_n) etkilenmeden ölçülebilmesi için, iş parçasının bağlandığı parçanın tabanı makaralı rulmanla ve diğer yönlerde de bilyeli-yaylı vidalarla yataklanarak, oluşacak sürtünme kuvvetleri en aza düşürülmeye çalışılmıştır. Tasarlanan ve imalatı yapılan dinamometre Ek 1.'de verilmiştir.

Deney düzeneğinin temel çalışma mantığı, taşlama işlemi esnasında meydana gelen taşlama kuvvetlerinden etkilenen yük hücrelerindeki yer değiştirmeler yardımıyla ölçülmesi esasına dayanmaktadır. Bu işlem, uygulanan kuvvet etkisiyle iş parçasının bağlandığı yük hücresinde oluşan yer değiştirmelerin yarattığı elektriksel gerilimin volt cinsinden bilgisayar ortamında ölçülmesi ile yapılır.

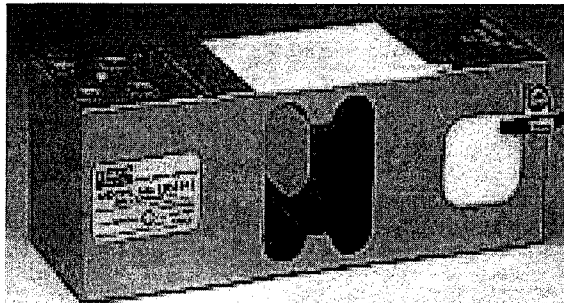
4.3. Deney düzeneğinin oluşturulması

Deney setinin kurulumuna geçilmeden önce, yük hücreleri ile ölçüm yapılırken kullanılan donanımın seçimi ve karakteristikleri belirlenmiş ve buna göre de sistem elemanları kararlaştırılmıştır.

Ölçüm İçin Kullanılacak I/O Sinyal Tipinin Belirlenmesi : Ölçüm için gerekli verilerin alınması sırasında, öncelikle kullanılan sensör ve I/O tipinin belirlenmesi gerekmektedir.

Taşıma kuvvetlerini ayrı ayrı ölçebilmek amacıyla seçilen yük hücreleri BAYKON (24) firmasına ait iki adet kiriş tipi 300 kg LOAD CELL olup yük hücrelerinin teknik özellikleri Çizelge 4.1’de verilmiştir. Deneylerde kullanılan yük hücreleri Resim 4.1’de ve bunlara ait özel köprü devresi Şekil 4.2’de verilmiştir.

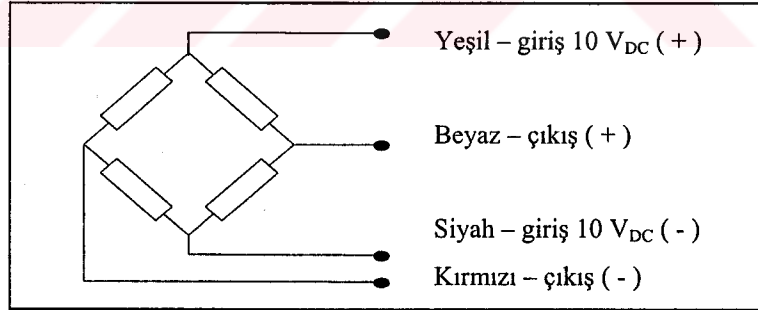
Sinyal İşleme Metodunun Seçilmesi : Sinyallerin DAQ elemanına veri göndermesinden önce bazı (yükselteçler, izolatörler vb.) işlemlerin yapılması gerekli olabilir (33). Bu amaçla kullanılacak donanım elemanları, amplifikatörler ya da yükselteçler, izolatörler ya da filtreleme elemanlarıdır. Sistemde kullanılan yük hücresinin çıkışının mV seviyesinde olması (Çizelge 4.1) ve seçilen DAQ kartının girişinin volt düzeyinde olması nedeniyle bir çeşit amplifikatör olan ADVANTECH ürünü ADAM-3016 izole edilmiş gerinim ölçer girdi modülü kullanılmıştır. Gerilim yükseltilmesi için dışarıdan uygulanacak uyarım 1-10 V (maksimum 60 mA) doğru akım olup, bu bir adaptör vasıtasıyla sağlanmaktadır. Kurulumunun kolay olması ve çevresel zararlı etkilerden yük hücresi ve işlenen sinyalin korunması temel özelliklerindendir. Kullanılan bu amplifikatörün doğruluğu ise tam ölçüm değerinin $\pm \% 0.1$ ’idir (Çizelge 4.2). Sistemin temelini oluşturan yük hücresinin analog girdisi kuvvet (N) olup analog çıktısı da gerilim (V) cinsindedir.



Resim 4.1. Deneylerde kullanılan yük hücresi (24)

Çizelge 4.1. Seçilen yük hücresinin teknik özellikleri (81)

BAYKON Model (1263) TEDEA-HUNTLEIGH		
Parametreler	Değerler	Birimler
Nominal yük	300	Kg
Uyarım gerilimi	10	V
Tam ölçü çıkışı (FS)	$2 \pm \%10$	mV/V
Doğrusal olmama	0,02	% FS
Histerize & Tekrar edilememe	0,01	% FS
Toplam hata	0,020	% FS
Sürünme (30 dakika)	0,025	% FS
Çalışma sıcaklık sınırı	-30 ... +80	°C
Dengelenmiş sıcaklık sınırı	-10 ... +40	°C
Termal denge değişimi	0,00140	% FS/°C
Termal duyarlık değişimi	0,0060	% FS/°C
Girdi direnci	415 ± 15	Ohm
Çıktı direnci	350 ± 3	Ohm
Güvenli yük	150	% FS
Kopma yükü	250	% FS
Yalıtım direnci	MegaOhms	>5000
Kablo uzunluğu	1,5	m
Ağırlık	1,6	Kg



Şekil 4.2. Deneylerde kullanılan yük hücresi köprü devresi (81)

Çizelge 4.2. Kullanılan gerinim ölçer girdi modülünün teknik özellikleri (81)

Giriş tipi	Tam köprü
Giriş sınırları	$\pm 10 \text{ mV}$, $\pm 20 \text{ mV}$, $\pm 30 \text{ mV}$, $\pm 50 \text{ mV}$, $\pm 100 \text{ mV}$
Besleme	$1 \sim 10 \text{ V}_{\text{DC}}$ 8 max. 60 mA
Çıkış gerilimi	Bipolar : $\pm 5 \text{ V}$, $\pm 10 \text{ V}$ Unipolar : $0 \sim 10 \text{ V}_{\text{DC}}$ Empedans : $< 50 \Omega$
Çıkış akımı	$0 \sim 20 \text{ mA}$
Çıkış izolasyonu	$1000 \text{ V}_{\text{DC}}$
Doğruluk	$\pm \% 0,1$
Kullanılan güç	2,15 W

Gerilim düzeyi ayarlandıktan sonra, I/O kartına gönderilecek verilerin kanal sayı sırasının düzenlenmesi, ADVANTECH ürünü olan ve I/O kartına birleşik 20 yassı kabloyla bağlanabilen uygun ve güvenilir sinyaller sağlayan PCLD-780 vidalı “terminal board” ile gerçekleştirilmiştir. Bu elemanın özellikleri ise;

- Akım-gerilim çevrimi yapılabilmesi,
- Gerilim hafifletme ve alçak frekans filtreleme gibi sinyal işleme devreleri için yedek alan bulunması,
- İki adet 20’li kablo bağlantı portu için 40 terminal noktasının olması,
- Endüstriyel uygulamalarda da kullanılabilmesi,
- Kelepçe terminal blokları kolay ve güvenilir bağlantılara izin vermesidir.

Uygun DAQ I/O Elemanının Seçilmesi : DAQ I/O elemanının belirlenmesi amacıyla kullanılan karakteristikler, doğruluk, veri alma süresi ve oranı, kanal sayısı, kullanım esnekliği, güvenilirlik, geliştirilebilirlik vb.’dir (30). Sistemde yük hücresinden alınan sinyallerin bilgisayar ortamında okunması ve analizlerinin yapılabilmesi amacıyla yine bir ADVANTECH ürünü, çoklu fonksiyon özelliği olan analog ve dijital I/O kartı PCL-812PG kullanılmıştır. Kullanılan bu kartın ölçme ve kontrol fonksiyonel özellikleri arasında analog (A)-dijital (D-sayısal) çevrimi, dijital-analog çevrimi, dijital girdi, dijital çıktı ve sayaç gibi özellikler bulunmaktadır. Kart,

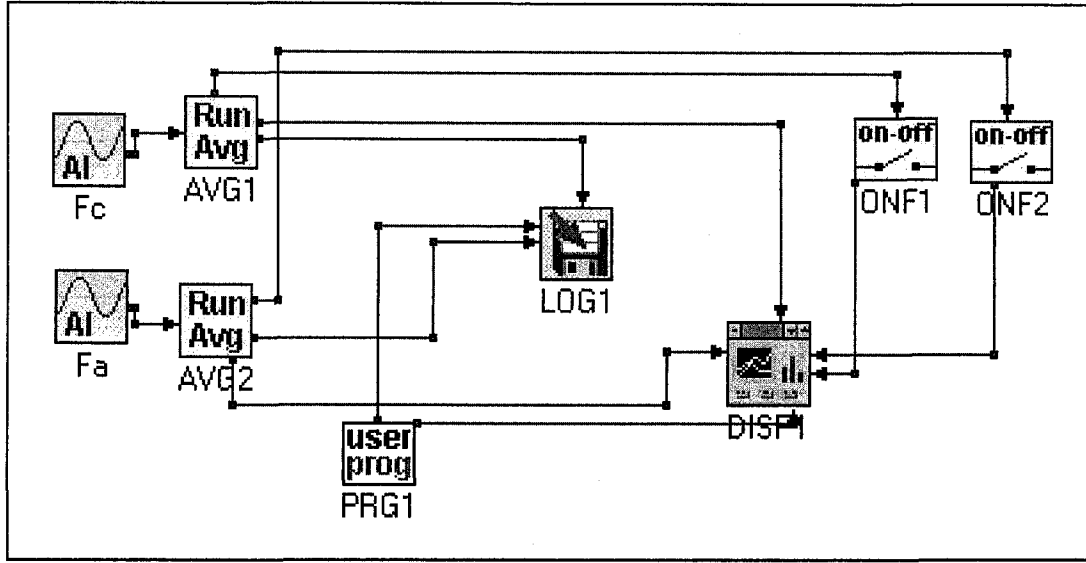
oldukça düzenli bir şekilde oluşturulmuş 16 adet 12-bit analog giriş kanalı, 2 adet 12-bit analog çıkış kanalı, 16 dijital giriş ve 16 dijital çıkış kanalları ile programlanabilir bir sayıcıdan/zamanlayıcıdan ibarettir. Ayrıca farklı proses aşamaları veya farklı kanallar için farklı kazanca ihtiyaç duyan uygulamalarda, maksimum çözünürlük ve uygunluk sağlayabilmektedir.

Kartın bazı teknik özellikleri Çizelge 4.3’de gösterilmiş olup diğer temel özellikleri aşağıdaki gibidir. Programlanabilir örnekleme sayısı 30 Mhz ve çalışma sıcaklığı 0°C ile 50°C arasındadır.

Çizelge 4.3. Kullanılan I/O kartının bazı teknik özellikleri (81)

ANALOG GİRİŞİ	
Kanal sayısı	16 tek uçlu
A/D çevrimi	12-bit, 25 μ s çevrim zamanı
Giriş sınırı (Volt, yazılımla programlanabilir)	$\pm 10, \pm 5, \pm 2.5, \pm 1.25, \pm 0.625, \pm 0.3125$
Veri transferi	Program kontrollü, aralık 2~7, 9~12, 14,15 ya da tek kanal aralığı için DMA (Kanal 1 ya da 3)
Doğruluk	Okunan ± 1 LSB için % 0.01
Giriş empedansı	> 10 M Ω
DİJİTAL ÇIKIŞ	
Kanal sayısı	16, TTL düzeyi
İşletim kapasitesi	8 mA @ 0.5 V (sink); 0.4 mA @ 2.4 V (source)

Sistem için gerekli yazılımın seçilmesi : Yük hücrelerinden gelecek verileri gerinim olarak okuyarak kesme kuvvetlerini ölçme işlemini yapmak amacıyla kurulan deney düzeneğinde, yine bir ADVANTECH ürünü olan “GENIE Data Acquisition and Software Version 2.0” isimli ticari bir paket program kullanılmıştır. Kullanılan programda hazırlanan stratejinin genel çerçevesi Şekil 4.3’de gösterilmiştir.

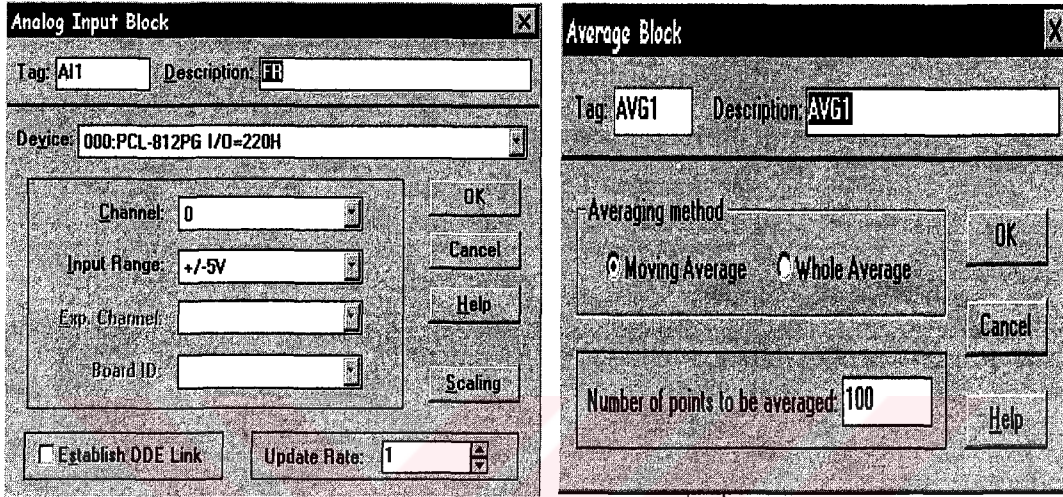


Şekil 4.3. Strateji tasarımcısında yer alan programın genel çerçevesi

Program editörünün sürükle-bırak mantığıyla çalışan bir programlama yapısı vardır. Programın “setup/devices” menüsünde, yük hücrelerinden gelen verileri alan ve gerekli düzenlemeleri yapan, I/O kartının kurulumu yapılır. Gerekli kurulum yapıldıktan yani veri alınmasının nereden gerçekleşeceğini programa tanıtılmasından sonra programın “strateji tasarımcısı” isimli editöründe (Şekil 4.3) sürükle-bırak mantığıyla programlamaya geçilir.

Programa kaç çeşit veri gelecekse bu veri sayısınca veriler kanallara ayrılır. Kanal sayısınca (kanal sayısı sırasına göre) analog girdiyi gösteren “analog girdi-AI” blokları (Şekil 4.3) konur ve her birinin üzerine iki defa basılarak kanal numarası, giriş oranı, I/O kaynağı ve tanımlayıcı diğer bilgiler girilir (Resim 4.2a). I/O kartının kapasitesinin oldukça büyük (30 Mhz) olması nedeniyle gelen veriler içerisinde istenilen sayıda (bu çalışmada 100 olarak uygulanmıştır) veri seçilerek bunların ortalamasını almak amacıyla bir “hareketli ortalama-RUN AVG” bloğu kullanılır (Şekil 4.3) ve verinin geldiği kaynakla bağlantısı yapılır. Program, gelen veriler içerisinde her 100 verinin ortalamasını (Resim 4.2b) hesaplar ve bulduğu değerleri “kaydetme-LOG” bloğunda (Şekil 4.3) ASCII formatı olarak, adı program çalıştırılmadan önce sorulan, bir dosyaya kaydeder. Daha sonra ortalaması alınan veriler için bir karşılaştırılmanın yapıldığı “açık-kapalı-ON-OFF” bloğu (Şekil 4.3)

kullanılır. Burada veriler için belirlenen alt ve üst limitler doğrultusunda açılıp kapanan bir mantık anahtarı yardımıyla bu limitler arasında olmayan sinyaller işleme alınmaz.



a)

b)

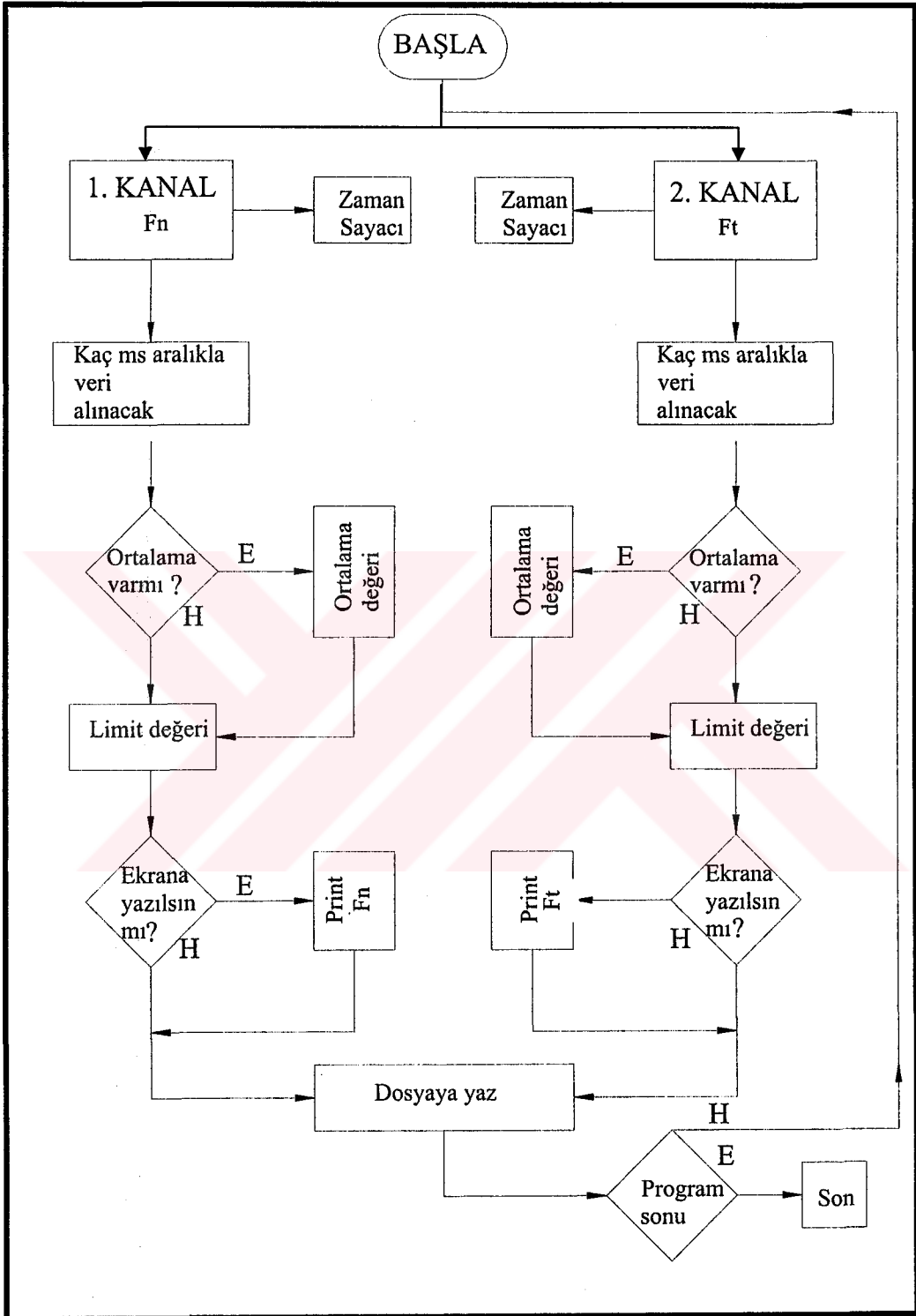
Şekil 4.4. Strateji tasarımcısında yer alan bazı blokların diyalog kutuları

a) Analog giriş bloğu, b) Ortalama bloğu diyalog kutusu

“Kaydetme-LOG” bloğunda, program çalıştırıldığında kullanıcı tarafından kaydedilmesi istenen dosyaya, zaman ve kanallardan gelen verilerin hesaplanmış ortalama değerleri kaydedilir.

Programın “gösterim-DISP” bloğunda (Şekil 4.4) ise okunan verilerin ayrı ayrı farklı renklerde gösterimi ile bu blokla açık-kapalı bloğu, hareketli ortalama bloğu ve analog girdi bloğunun bağlantıları yapılmıştır.

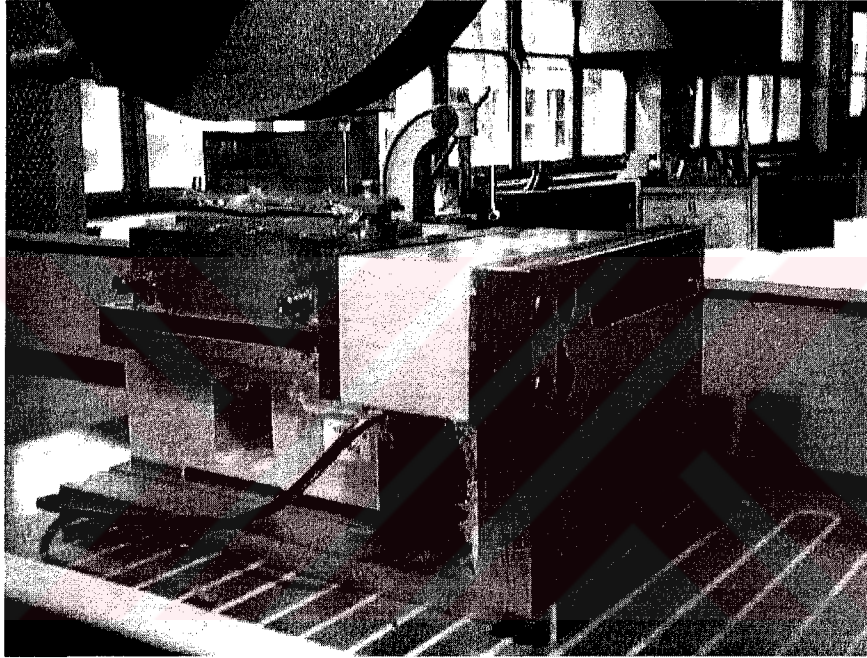
Kullanılan bu strateji ile kesme ortamında elde edilen verilerin bilgisayar ortamında kaydedilerek değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu strateji sayesinde, okutulmak istenen kanallar, birim saniyede alınması istenilen veri sayısı ve alınmak istenilen ortalama, kullanıcı tarafından belirlenebilmektedir. Kullanılan stratejinin akış diyagramı Şekil 4.5’te gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Bilgisayar programının akış şeması

4.4. Yük Hücrelerinin Deney Düzeneğine Yerleştirilmesi

Düzlem taşlama tezgahında, taşlama esnasında oluşan taşlama kuvvetlerini yatay ve dikey yönlerde ölçebilmek amacıyla geliştirilen gerinim ölçer esaslı dinamometrenin düzlem taşlama tezgahının tablası üzerindeki yerleşim konumu Resim 4.3'te gösterilmiştir.



Resim 4.3. Deney düzeneğinin taşlama tezgahındaki konumu

4.5. Takım Tezgahı ve Taş eşitleri

Deneyde düzlem taşlama tezgahı olarak TAKSAN TYT-400 kullanılmıştır. Taş eşitleri ise izelge 4.4- izelge 4.6'daki gibi gruplanmıştır. Taşlar gruplandırılarak sertlik, doku ve tane büyüklüğünün etkilerinin değerlendirilebilmesi hedeflenmiştir.

Çizelge 4.4. Taş dokusuna göre yapılan gruplandırma

Taş No	ttb	ts	td
1. Taş	60	M	3
2. Taş	60	M	5
3. Taş	60	M	7

Çizelge 4.5. Taş sertliğine gör yapılan gruplandırma

Taş No	t tb	t s	t d
4. Taş	60	I	5
5. Taş	60	M	5
6. Taş	60	Q	5

Çizelge 4.6. Taş tane büyüklüğüne göre yapılan gruplandırma

Taş No	t tb	t s	t d
7. Taş	46	M	5
8. Taş	60	M	5
9. Taş	80	M	5

Kullanılan taşlar değerlendirmede kolaylık sağlaması için Çizelge 4.7'deki gibi kodlanmıştır.

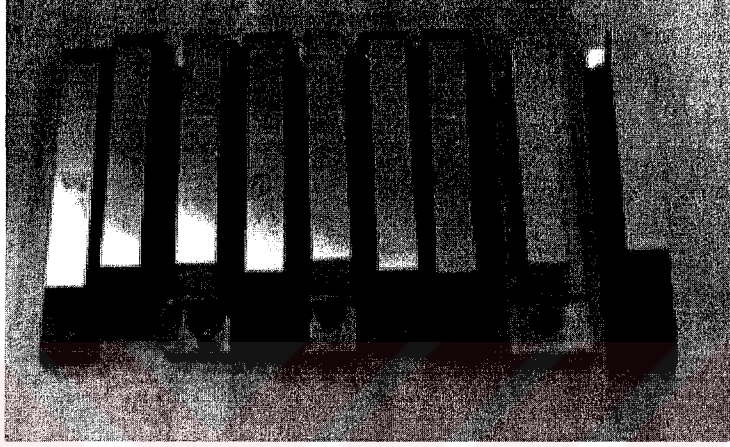
Çizelge 4.7. Kullanılan taşların kodlaması

Taş No	t tb	t s	t d	Kodu
1. Taş	60	M	3	60 M 3
2. Taş	60	M	5	60 M 5
3. Taş	60	M	7	60 M 7
4. Taş	60	I	5	60 I 5
5. Taş	60	M	5	60 M 5
6. Taş	60	Q	5	60 Q 5
7. Taş	46	M	5	46 M 5
8. Taş	60	M	5	60 M 5
9. Taş	80	M	5	80 M 5

4.6. Deney Numuneleri

AISI 1050, AISI 4140 deney numunelerinden, G.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Makine Bölümü Talaşlı Üretim Anabilim Dalı atölyelerinde bulunan, üretim tezgahlarında 10'ar adet işlenmiştir. Bütün numunelerin üzerine AISI 1050-50 HRc 1, AISI 1050-50 HRc 2 şeklinde numaralandırma yapılmıştır. Ayrıca, mikroskopta yüzey görüntüleri alınmak üzere 30 adet 15x15x100 mm boyutlarında numuneler hazırlanmış (Resim 4.4), değişik parametrelerde taşlanmış ve oksitlenmelerini önlemek için temizlenerek muhafaza edilmiştir. Daha sonra mikroskopta, çeşitli

büyütmelerde yüzey resimleri çekilerek taşlama parametrelerinin etkileri incelenmiştir. Resimler Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Malzeme Laboratuvarında, Vitec marka kamara yardımıyla x10, x20, x50, x100 olarak büyütülmüştür.



Resim 4.4. Deney numuneleri

Bütün numuneler fırınlama yoluyla yağda ve suda; Makina Kimya Endüstrisi Kurumunun (MKE) Çelik Türleri Katalogundaki değerlere uygun olarak AKDAĞ ISIL İŞLEM’de ısıtılma işlemleri yaptırılmıştır. Numunelerin ısıtılma işleminden sonra, gerginlik giderme tavına tabi tutulmuş ve tamamının sertlikleri Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Malzeme Bilimleri Laboratuvarında, INSTRON WOLPERT DIA 7571 tipi sertlik ölçme cihazında ölçülmüştür. Her numune için, numune üzerinden üç ayrı beşer adet bölgede sertlik ölçümü yapılmış ve bu değerlerin aritmetik ortalaması, o malzemeye ait sertlik değeri olarak değerlendirmeye alınmıştır. Daha sonra numunelerde oluşan çarpılmalar ile yüzeylerde oluşan oksit tabakaları giderilerek numunelerin dinamometreye sağlıklı bağlanması için geniş yüzeyleri taşlanmıştır. Bu malzemelerin kimyasal bileşimleri Çizelge 4.8 ve Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.8. AISI 1050 malzemesinin kimyasal bileşimi

ELEMENT	%	ELEMENT	%	ELEMENT	%
Alüminyum (Al)	0.000	Mangan(Mn)	0.757	Molibden (Mo)	0.042
Silisyum (Si)	0.113	Kobalt (Co)	0.020	Kalay (Sn)	0.032
Fosfor (P)	0.033	Nikel (Ni)	0.011	Kurşun (Pb)	0.064
Titanyum (Ti)	0.000	Bakır (Cu)	0.227	Wolfram (W)	0.003
Vanadyum (V)	0.020	Arsenik (As)	0.021	Karbon (C)	0.510
Krom (Cr)	0.271	Niobyum (Nb)	0.000	Kükürt (S)	0.044

Çizelge 4.9. AISI 4140 malzemesinin kimyasal bileşimi

ELEMENT	%	ELEMENT	%	ELEMENT	%
Alüminyum (Al)	0.420	Mangan(Mn)	0,932	Molibden (Mo)	0,188
Silisyum (Si)	0,241	Kobalt (Co)	0,0158	Kalay (Sn)	0,0117
Fosfor (P)	0,018	Nikel (Ni)	0,121	Kurşun (Pb)	0,001
Titanyum (Ti)	0,003	Bakır (Cu)	0,200	Wolfram (W)	0,0073
Vanadyum (V)	0,019	Arsenik (As)	0,0085	Karbon (C)	0,420
Krom (Cr)	0,960	Niobyum (Nb)	0,0027	Kükürt (S)	0,0243

4.7. Kesme Derinliği

Taşlamada kesme derinliği, taşı oluşturan aşındırıcı tane büyüklüğü ile ilgilidir. Aktif yüzeyde, tanenin en az yarısının taş gövdesinde olduğu düşünülürse, diğer yarısı kesmeye hazır uç olarak düşünülür. Bu ise normal taşlama işlemlerinde en büyük kesme derinliğini ifade eder. Bu çalışmada 46, 60 ve 80 taneli taşlar seçilmiştir. Bunların tane büyüklükleri Çizelge 3.10'da verilmiştir.

Malzeme sertliğine göre verilecek en büyük talaş miktarı değişkendir. Taşlama işlemi genellikle son işlem olarak kullanıldığı için, mümkün olduğu ölçüde kesme derinliği az seçilmeli ve üst sınır zorlanmamalıdır. Bu çalışmada 0,01 mm, 0,02 mm, 0,03 mm, 0,04 mm, 0,05 mm ve 0,06 mm kesme derinlikleri seçilmiştir.

Çizelge 4.10. Deneyde kullanılan taşların tane büyüklükleri (27)

Tane Büyüklüğü	Max. talaş kaldırma kapasitesi (Tane büyüklüğünün yarısı)
$25.4 / 46 = 0.552 \text{ mm}$	$0.552 / 2 = 0.276 \text{ mm}$
$25.4 / 60 = 0.423 \text{ mm}$	$0.423 / 2 = 0.212 \text{ mm}$
$25.4 / 80 = 0.318 \text{ mm}$	$0.318 / 2 = 0.159 \text{ mm}$

4.8. Taş bileme oranı (tbo)

Bu çalışmada $tbo = 0.25$ ve $bi/d_g = 0.5$ olarak seçilmiştir. Bileme adımı ve ilerlemesi seçilirken d_g esas alınmıştır. Deneylerde kullanılan taşlar için bileme derinlikleri ve adları Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Deney taşlarının bileme derinlikleri ve adımları

tt	d_0 (mm)	d_g (mm)	$tbo = bd / bi = 0.25$ bd (mm)	$tbo = bd / bi = 0.25$ bi (mm / dev)
46	0.552	0.359	0.045	0.180
60	0.423	0.275	0.034	0.136
80	0.318	0.206	0.026	0.103

Yapılan bütün taşlama işlemlerinden önce taşlama taşı bilerek deneylerde aynı şartlar oluşturulmuştur.

4.9. Yapılacak Deney Sayısının Belirlenmesi

Taşlama işleminde, başka işlem tekniklerinde olduğu gibi, doğrudan seçilen parametreler ve bu parametrelere bağlı olarak ortaya çıkan sonuçlar vardır.

Bu çalışmada altı bağımsız parametre (taş tane büyüklüğü, taş dokusu, taş sertliği, iş malzemesi, tabla hızı ve keme derinliği) seçilmiştir. Bu parametrelerin seçimine bağlı olarak taşlanan yüzeyin ortalama pürüzlülük değeri R_a , on nokta yükseklik ortalaması R_z ve en büyük pürüzlülük değeri R_y ölçülerek ortalamaları alınmıştır. Ayrıca aynı parametrelerin seçimine bağlı olarak, taşlama kuvvetleri (F_t ve F_n) ölçülmüştür.

Burada, seçilen parametrelerin hiç biri, çalışma ortamı içinde ihmal edilemez. Çünkü her bir parametre taşlamanın oluşmasında ayrı ayrı önemli olup, birinin olmaması taşlamanın yapılmasını engeller niteliktedir. Ayrıca her parametre çok sayıda alt seçeneği kapsamaktadır. Bu yüzden önemli parametreler en az sayıda seçilmiştir (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12. Deneyde kullanılan parametrelerin değerleri ve sayıları

Seçilen Parametreler	Değerleri	Alt Seçenek
Taş tane büyüklüğü (ttb)	46, 60, 80	3
Taş dokusu (td)	3, 5, 7	3
Taş sertliği	I, M, Q	3
İş malzemesi (im)	AISI 1050, AISI 4140	2
Tabla hızı (mm/sn)	390, 460, 510	3
Taş bileme oranı (tbo)	0.25	1
Keme derinliği	0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05, 0.06	6
Toplam deney sayısı	3x3x3x2x3x1x6	972

Her bir deney için sıra numarası verilmiş ve deney kombinasyonları oluşturulmuştur. Örneğin 46M5, 46 taş tane büyüklüğü, M taş sertliği 5ise taş dokusudur (Çizelge 4.13). Bütün deneyler sonuçların güvenilirliği bakımından üçer defa tekrar edilmiştir.

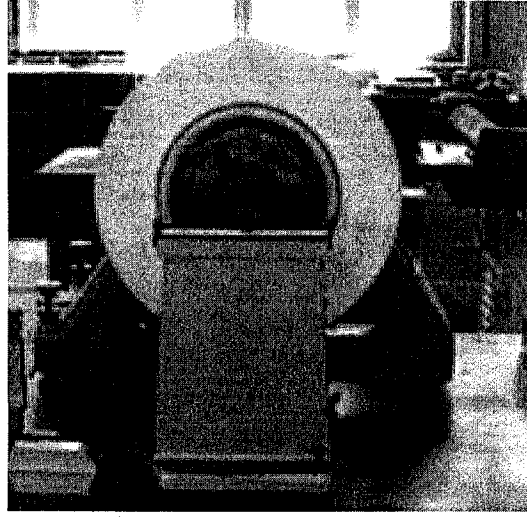
Çizelge 4.13. Deney parametrelerinin karşılaştırmalı (kombinasyon) örnekleri

Sıra	ttb	td	ts	iş malzemesi	Tabla hızı	Kesme derinliği
001	46	5	M	AISI 1050	390	0.01
002	46	5	M	AISI 1050	390	0.02
003	46	5	M	AISI 1050	390	0.03
004	46	5	M	AISI 1050	390	0.04
005	46	5	M	AISI 1050	390	0.05
006	46	5	M	AISI 1050	390	0.06
007	46	5	M	AISI 1050	460	0.01
008	46	5	M	AISI 1050	460	0.02
009	46	5	M	AISI 1050	460	0.03
010	46	5	M	AISI 1050	460	0.04
011	46	5	M	AISI 1050	460	0.05
012	46	5	M	AISI 1050	460	0.06
013	46	5	M	AISI 1050	510	0.01
014	46	5	M	AISI 1050	510	0.02
015	46	5	M	AISI 1050	510	0.03
016	46	5	M	AISI 1050	510	0.04
017	46	5	M	AISI 1050	510	0.05
018	46	5	M	AISI 1050	510	0.06
019	46	5	M	AISI 4140	390	0.01
020	46	5	M	AISI 4140	390	0.02
021	46	5	M	AISI 4140	390	0.03
022	46	5	M	AISI 4140	390	0.04
023	46	5	M	AISI 4140	390	0.05
024	46	5	M	AISI 4140	390	0.06
025	46	5	M	AISI 4140	460	0.01
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
927	.	.	.	.	.	.

4.10. Deneylerin Yapılışı

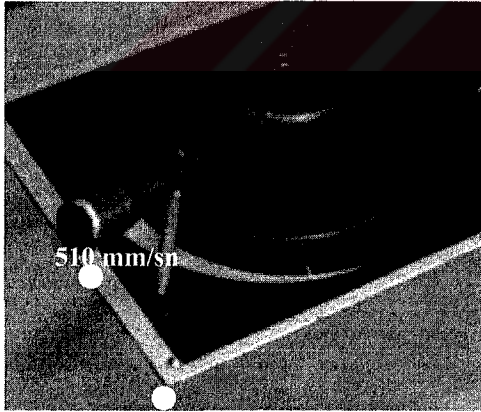
Deneyler (gerçek bir çalışma ortamında) G.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Makina Eğitimi Bölümü Taşlama Atölyesindeki TYT-400 düzlem taşlama tezgahında yapılmıştır.

Zımpara taşlarının yapıları gereği homojen şekilde imal edilmeleri mümkün olmadığından; kullanılan bütün taşlar statik dengeleme yöntemi ile dengelenmiştir (Resim 4.5). Dengelenen taşlar tezgah miline, flanş ile bağlanarak, silindirikliğini sağlamak için düzeltme işlemi yapılmış ve sonra tekrar sökülerek statik dengeleme yapılmıştır.

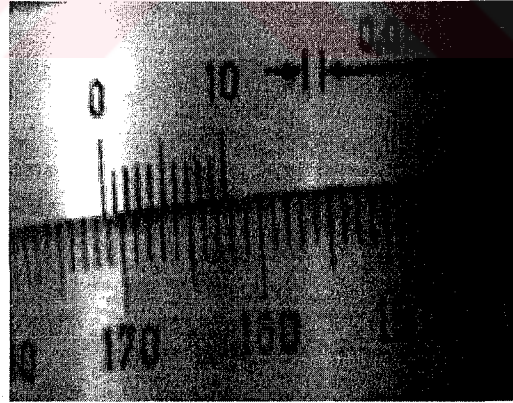


Resim 4.5. Dengeleme sehпасı ve dengelenmek için takılmış bir taş

Tabla hızı kalibre edilerek hızı kontrol eden kol için konumlar belirlenmiştir (Resim 4.6), tablanın kumanda koluna delik delinip ibre şeklinde bir parça yapılmış ve monte edilmiştir. Kesme derinliği 0.001 mm ile hareket hassasiyeti sağlayan çevirme koluyla verilmiştir (Resim 4.6b)



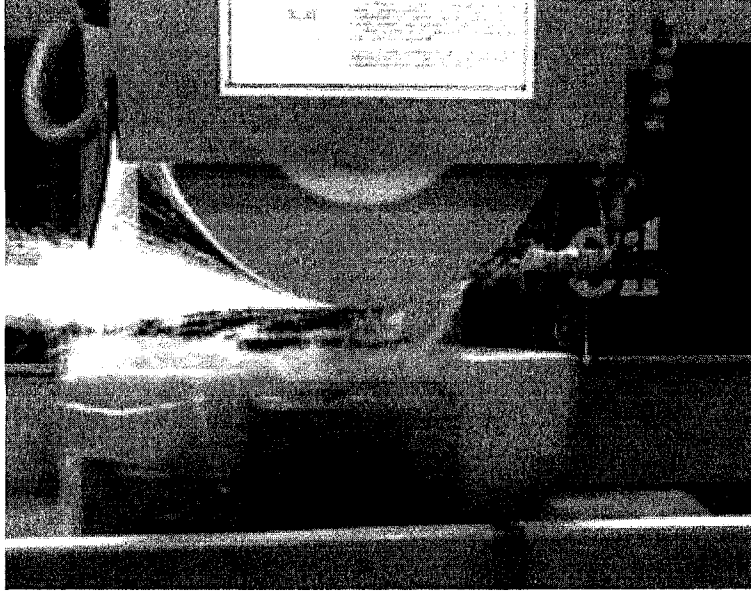
a)



b)

Resim 4.7. a) Tabla hızının kontrolü, b) Tezgah talaş kadranı

Düzlem taşlama tezgahında kullanılan taşın devri, Lutron DT-2234A marka dijital takometre ile ölçülmüştür. Bütün deneylerde taş devri takometrede ölçülen 1596 dev/dakika alınmıştır. Deney düzeneğini çalışması Resim 4.8'de görülmektedir.



Resim 4.8. Taşlama tezgahında taşlanan bir numune

4.11. Dinamometrenin Kalibrasyonu ve Taşlama Kuvveti Hesabı

Yük hücrelerinin kalibrasyonu için imalatçı firma (TEDEA-HUNLEIGH)'nın kalibrasyon verileri kullanılmıştır (82). Çizelge 4.14'te verilen bu değerlere göre, deneyler sonucunda elde edilen volt (V) değerlerine karşılık gelen kuvvet (N) değerlerini belirlemek için aşağıdaki hesaplama yöntemi kullanılmıştır. Yapılan dinamometrenin belirli ağırlıklarla kalibrasyonu yapılmış ve ağırlıklara göre dinamometrede meydana gelen gerilim değişimlerinin grafikleri Microsoft Excel programı kullanılarak oluşturulmuştur (Şekil 4.6 ve 4.7). Taşlama kuvveti aşağıdaki gibi hesaplanmıştır (79).

F_t : Teğetsel kuvvet, N

a : Kesme derinliği, mm

V_t : Tabla hızı, m/dak

V_s : Taşın çevresel hızı, m/s

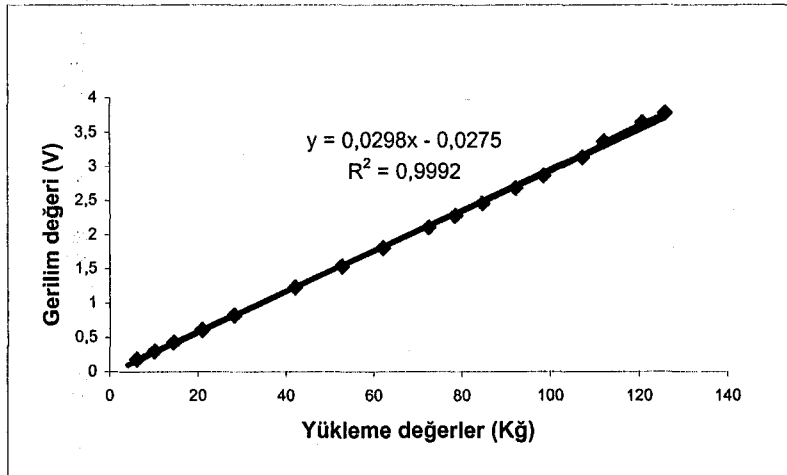
k_s : Taşlanan malzemenin özgül kesme direnci, N/mm²

$$F_t = \frac{a.s.V_t}{60.V_s} . k_s , N$$

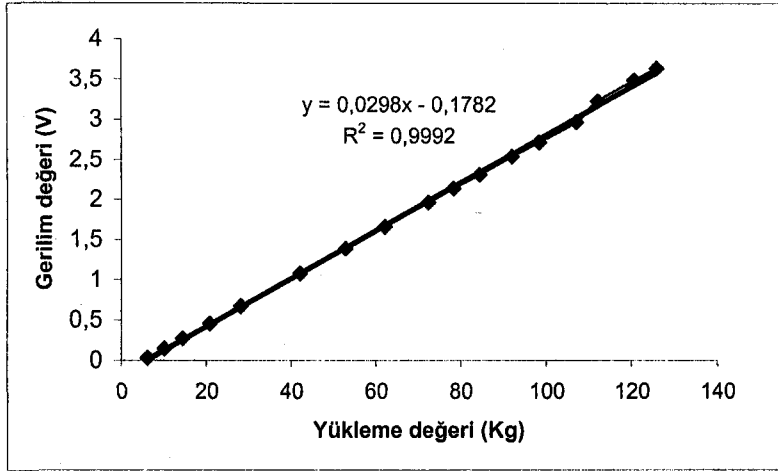
[4.1]

Çizelge 4.14. Kalibrasyonda uygulanan yükler ve gerilimin değişmesi

Ft (gr)	V	Fn (gr)	V
6164	0,1799	6164	0,0263
10170	0,2964	10170	0,1452
14454	0,4207	14454	0,269
20857	0,6069	20857	0,4552
28165	0,82	28165	0,6687
42091	1,224	42091	1,0744
52757	1,535	52757	1,3836
62089	1,807	62089	1,657
72413	2,107	72413	1,9577
78373	2,281	78373	2,1324
84511	2,459	84511	2,3102
92089	2,6804	92089	2,5383
98429	2,8643	98429	2,7167
107133	3,1376	107133	2,9699
112115	3,3692	112115	3,222
120721	3,6397	120721	3,4808
125921	3,7812	125921	3,633

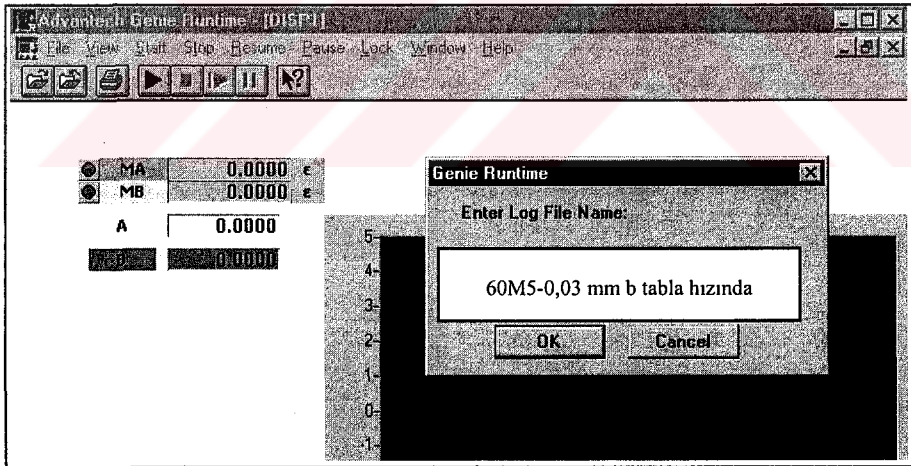


Şekil 4.6. Yatay yönde kalibrasyonda uygulanan yükler ve gerilimin değişmesi

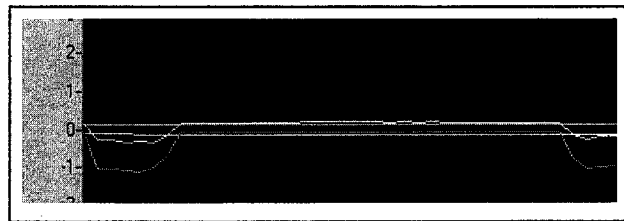


Şekil 4.7. Dikey yönde kalibrasyonda uygulanan yükler ve gerilimin değişmesi

Kalibrasyon yapıldıktan sonra, Resim 4.9'da görüldüğü gibi taşlama parametrelerini belirten dosya adı verilmiş ve taşlama esnasında taşlama kuvvetlerinin ölçülmesi ekranda takip edilmiştir (Resim 4.10).



Resim 4.9. Taşlama parametrelerini belirten dosya adının verilmesi



Resim 4.10. Taşlama kuvvetlerini ölçülme işleminin takibi ve kayıtl edilmesi

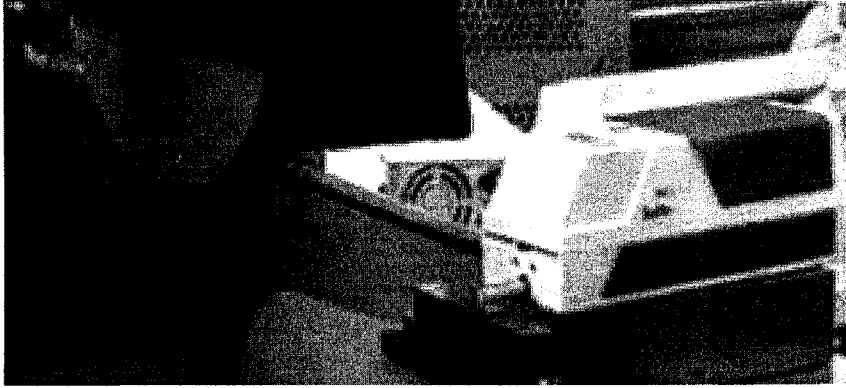
4.12. Yüzey Pürüzlülüğünün Ölçülmesi

Deneyler sonucunda elde edilen yüzeyler, Surf test 211 MITUTOYO marka elmas uçlu yüzey pürüzlülük cihazı ile ölçülerek pürüzlülüğün taşlama parametrelerine göre değişimi değerlendirilmiştir. Yüzey pürüzlülük cihazı ile ilgili teknik özellikler Çizelge 4.15'te verilmiştir.

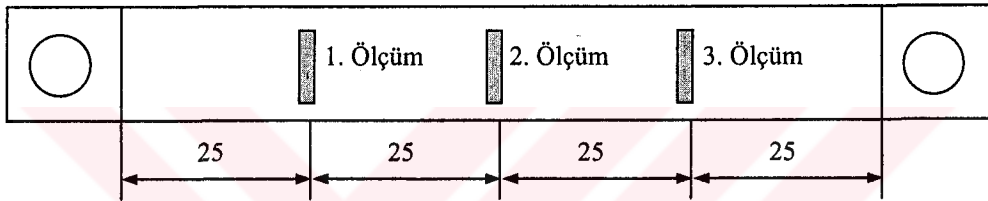
Çizelge 4.15. Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazının teknik özellikleri

MODEL	Surf test 211 (MITUTOYO)
Ölçme Yöntemi	İzleyici Uçlu (Stylus) Cihazlar Yöntemi
Tarama Hızı	0,5 mm/sn (ölçme yaparken) 1 mm/sn (geri dönerken)
Ölçme Kuvveti	4 mN (0,4 gf)
Uç malzemesi	Elmas
Ölçme Sıcaklığı	20°C ± 1 °C
Numune Uzunluğu	0,8 mm
Değerlendirme Uzunluğu	4 mm
İzleyici Uç Yarıçapı	5µm
Ortalama yüzey pürüzlülüğü	$Ra = \frac{1}{ln} \int_0^{ln} f(x) dx \text{ (}\mu\text{m)}$
On nokta yüksekliği	$Rz = \frac{(Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5) - (Z_6 + Z_7 + Z_8 + Z_9 + Z_{10})}{5} \text{ (}\mu\text{m)}$
Maksimum pürüzlülük	Ry (µm)

Yüzey pürüzlülüğü ölçümü yapılmadan önce, taşlama tezgahının tamamen durması sağlanıp beklenmiştir (Resim 4.10). Ortam sıcaklığı yaklaşık 20 ±1 °C olarak belirlenmiştir. Taşlanan her numunenin yüzey pürüzlülüğü işin yüzeyi temizlendikten sonra dinamometreden sökülmeden, Şekil 4.8'de görüldüğü gibi üç farklı bölgeden, izleyici uçlu (stylus) cihazlar yöntemi ile ölçülmüştür ().

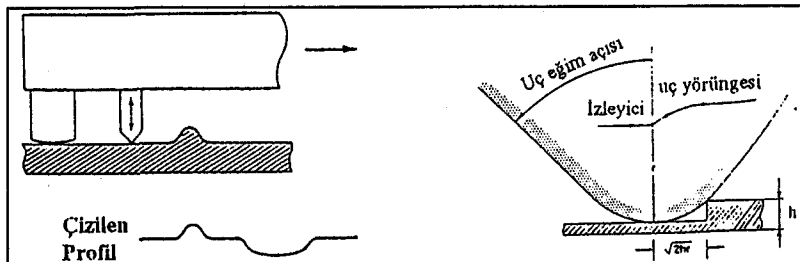


Resim 4.10. Yüzey pürüzlülüğü ölçme işlemi



Şekil 4.8. Pürüzlülük ölçme aralıkları

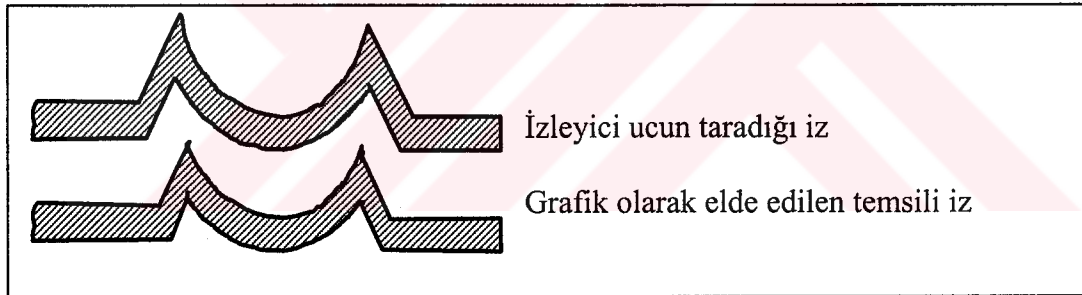
İzleyici Uçlu (Stylus) Cihazlar Yöntemi: İzleyici uçlu cihazlar, çok sivri bir izleme ucu kullanılarak ölçüm yapılan yüzey üzerinde, yüzey düzensizliklerine çapraz yönde ve değerlendirme uzunluğu boyunca hareket ettirilirken meydana gelen titreşimlerin büyütülerek, hareketli bir şerit üzerine kaydedilmesi veya göstergeden okunması esasına dayanırlar (Şekil 4.9) (77). Mekanik, pnömatis, elektronik veya optik destekli imal edilen cihazlarda izleyici ucun yüzey üzerindeki baskısı çok az, pürüzlülük büyütme oranı 100000 kata kadar olabilir. İzleyici ucun mekanik yer değiştirmelerini kolayca elektrik sinyallerine dönüştürebilen elektrik donanımlarında kullanılan iki çeşit transdüser tercih edilir (62).



Şekil 4.9. İzleyici uç prensibi

Pikap iğnesi gibi yüzeyde doğrusal bir hat boyunca kayıt yapan araçlar (Stylus tipi araçlar) işlenmiş yüzeylerin pürüzlülüğünün değerlendirilmesinde basit bir yöntem olarak yaygınlık göstermiştir. İğnenin uç yarıçapı, yüzeyin pürüzlülüğünü değerlendirmeye imkan verecek ölçüde küçük olarak seçilmelidir (78,80).

Ucun geometrisinin mükemmel olmayacağı ve elmas ucun dahi zamanla aşınacağı dikkate alınırsa, uç yarıçapına bağlı olarak sonuçların okunmasına ilişkin hataların çıkacağı belirtilmiştir. İşlenmiş yüzeylerde oluşan pürüzün şekli ve uç yarıçapından kaynaklanan hataya örnek olarak 60° açılı konik izleyici bir ucun, hipotetik (farazi kabul edilmiş) bir yüzeyde enine hareketi ile elde edilen temsili izin şekli Şekil 4.10'da görülmektedir.



Şekil 4.10. İzleyici uçtan kaynaklanan ölçme hatası

Deneylerin takibini doğru yapabilmek için deney yaprakları hazırlanmıştır. Deney yaprağına, seçilen bütün parametrelerin değerleri yazılmış, ayrıca yapraklarda her deney için ölçüm sonuçları yazılacak çizelgeler düzenlenmiştir.

Çizelge 4.16. Deney yapırağı

Deney Yapağı No: 01																	Kullanılan Taş 46m5																
Deney No	Malzeme	Kesme Derinliği	Tabla Hızı	Ra1	Ra2	Ra3	Ra (ort)	Rz1	Rz2	Rz3	Rz (ort)	Ry1	Ry2	Ry3	Ry (ort)	Kuvvetler için Dosya adı																	
001	Ç1050	0,01 mm	390													01ta1																	
002	Ç1050	0,02 mm	390													01ta2																	
003	Ç1050	0,03 mm	390													01ta3																	
004	Ç1050	0,04 mm	390													01ta4																	
005	Ç1050	0,05 mm	390													01ta5																	
006	Ç1050	0,06 mm	390													01ta6																	
007	Ç1050	0,01 mm	460													01tb1																	
008	Ç1050	0,02 mm	460													01tb2																	
009	Ç1050	0,03 mm	460													01tb3																	
010	Ç1050	0,04 mm	460													01tb4																	
011	Ç1050	0,05 mm	460													01tb5																	
012	Ç1050	0,06 mm	460													01tb6																	
013	Ç1050	0,01 mm	510													01tc1																	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.																	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.																	

5. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

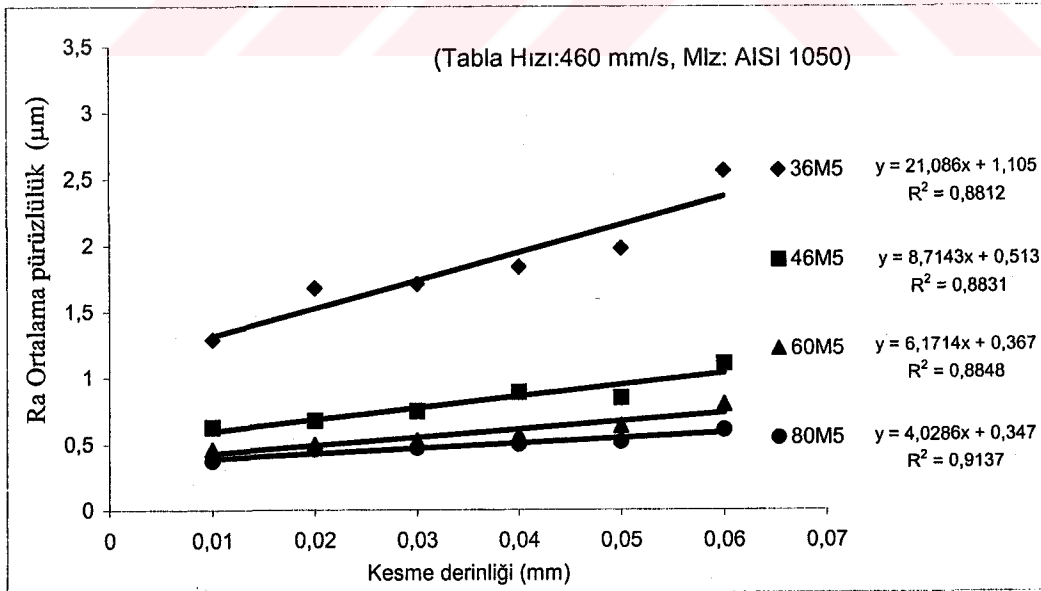
Zımpara taşları ile talaş kaldırma sırasında taşlama kuvvetlerini ve taşlanan iş parçasının yüzey kalitesini etkileyen pek çok faktör söz konusudur. Bu çalışmada taşlama parametrelerinin (taş tane büyüklüğü, taş dokusu, taş sertliği, tabla hızı ve kesme derinliği) yüzey pürüzlülüğü ve taşlama kuvvetleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Taş devri, taş bileme oranı ve soğutma sıvısının debisi sabit tutulup, taşlama işleminin yukarıda belirtilen parametreleri değiştirilerek, AISI 1050 ve AISI 4140 çelik malzemeleri taşlanmıştır. Taşlama sonucunda ölçülen pürüzlülük ve taşlama kuvveti değerlerindeki değişiklikler Microsoft Excel programında grafiklere dönüştürülerek değerlendirilmiştir. Grafikler oluşturulurken, hangi eğri modelinin kullanılacağına, verilerin regrasyon analizleri yapıldıktan sonra en büyük belirlenme katsayısı esas değeri (R^2) alınarak karar verilmiş ve çizilmiştir. Taşlama işlemi sonucunda ayrı ayrı ölçülen teğetsel kuvvet (F_t) ve normal kuvvet (F_n)'nin bileşkesi ($F = \sqrt{F_t^2 + F_n^2}$) alınarak taşlama kuvveti olarak kabul edilmiştir.

5.1. Taşlama Parametrelerinin Etkileri

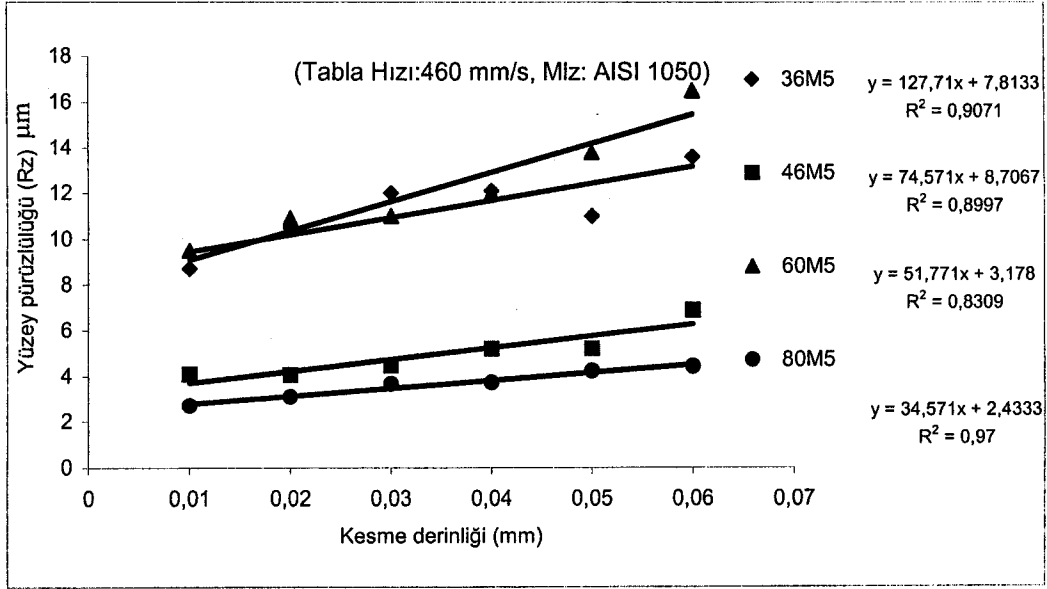
5.1.1. AISI 1050 malzemesinde taş tane büyüklüğü-yüzey pürüzlülüğü ilişkisi

Taş tane büyüklüğü 36, 46, 60 ve 80 taneli taşlarla 0,01-0,06 mm kesme derinliklerinde yapılan taşlama işlemlerinde elde edilen ortalama yüzey pürüzlülüğünün (R_a) değişimi Şekil 5.1'de gösterilmektedir. 46, 60, 80 taneli taşlarla yapılan taşlamada yüzey pürüzlülüğü kesme derinliğine göre, (R_a) 1 μm 'in altında değerler alırken, 36 taneli taşla yapılan taşlamada kesme derinliğinin artması ile yüzey pürüzlülüğü artmakta ve (R_a) değerleri 1,29-2,56 μm arasında değişmiştir. 46, 60 ve 80 taneli taşlar kullanılarak yapılan taşlamada, kesme derinliğinin artması ile (0,03 mm'de fazla) yüzey pürüzlülük değerlerinde de tane büyüklüğüne göre yüzey pürüzlülük değerlerinin aralarındaki farkta artma eğilimi göstermiştir. Taş tane büyüklüğü değiştirilerek yapılan deneylerde yüzey pürüzlülük değerleri; 46 taneli taşta 0,63-1,11 μm , 60 taneli taşta 0,46-0,80 μm ve 80 taneli taşta 0,37-0,61 μm

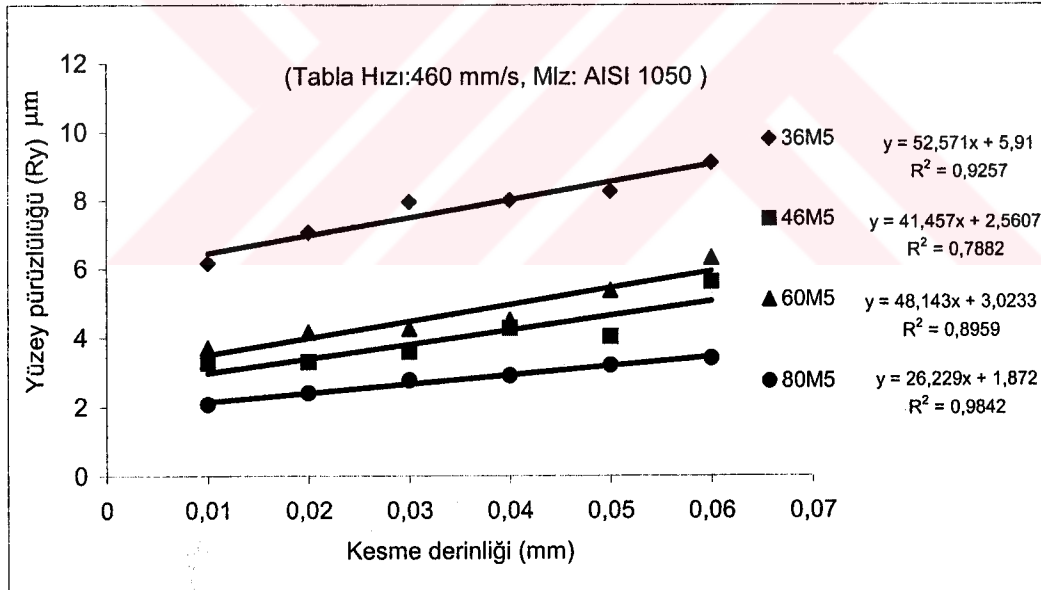
aralığında değerler almıştır. En düşük yüzey pürüzlülük değerleri, 80 taneli taşla yapılan deneylerde elde edilmiştir. Bu grafikten taş tane büyüklüğünün iş parçası yüzey pürüzlülüğü üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. 0,04-0,05 mm kesme derinliklerinde, 80 taneli taş kullanılarak yapılan taşlamada oluşan yüzey pürüzlülüğünün 60 taneli taşta %30, 46 taneli taşta %80 ve 36 taneli taşta %400'e varan değerlerde arttığı görülmüştür. Talaş kaldırmada kesici olarak görev yapan taş tanelerinin büyümesi pürüzlülük değerinin artmasına yol açmıştır. Taş tanelerinin büyümesi, taneler arasındaki aralıkların ve kaldırılan talaş kesitinin büyümesi anlamını taşımaktadır (5). Ayrıca taş tane büyüklüğü arttıkça pürüzlülük değişim aralığı da büyümekte dolayısıyla yüzey kalitesinin kontrolü zorlaşmaktadır (Şekil 5.1). Taş tane büyüklük değerinin küçülmesi hem pürüzlülük değişim aralığının daralmasına hem de pürüzlülük değerinin küçülmesine sebep olmaktadır. 36 taneli taşla yapılan deneylerde elde edilen yüzey kalitesi bir bitirme işlemi özelliklerinde olmayıp yüzey temizleme veya çok miktarda talaş kaldırma işlemi olarak değerlendirilebilir. Aynı şartlarda elde edilen Rz ve Ry değerlerindeki değişimler Ra değerlerine paralel sonuçlar seğılemiştir (Şekil 5.2, Şekil 5.3).



Şekil 5.1. Farklı taş tane büyüklüklerine göre kesme derinliği ile ortalama pürüzlülük arasındaki ilişki



Şekil 5.2. Farklı taş tane büyüklüklerine göre kesme derinliği ve Rz ilişkisi



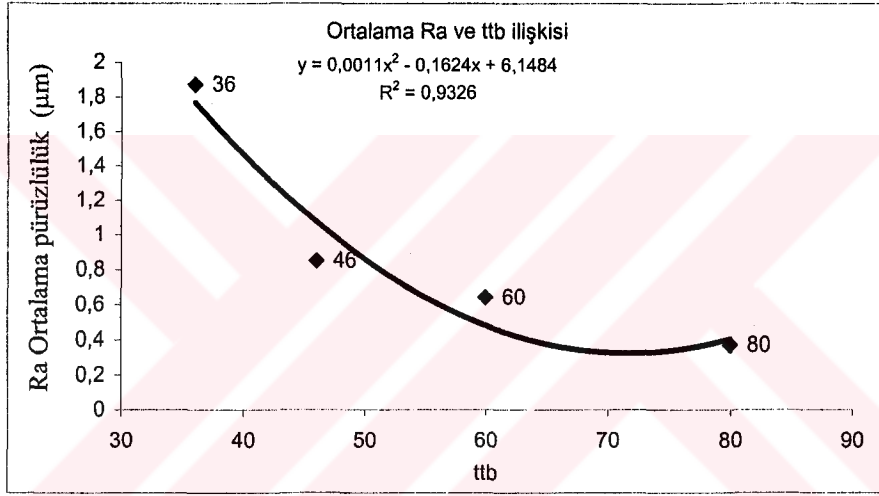
Şekil 5.3. Farklı taş tane büyüklüklerine göre kesme derinliği ve Ry ilişkisi

Bu çalışmada taş tane büyüklüğünün yüzey pürüzlülüğüne etkisini daha iyi ifade etmek amacıyla aynı taş tane boyutlarına sahip taşlarla taşlanan malzemelerde elde edilen yüzey pürüzlülüklerinin aşağıdaki gibi aritmetik ortalaması alınarak,

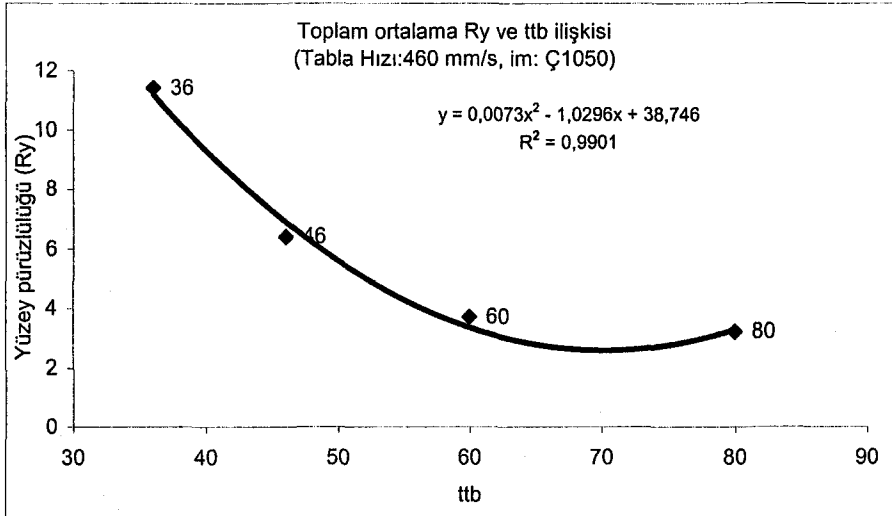
$$Ra_{ort} = [(Ra(td=0,01mm)) + (Ra(td=0,02mm)) + \dots + (Ra(td=0,06mm))]/6,$$

$$R_{y_{ort}} = [(R_y(td=0,01mm)) + (R_y(td=0,02mm)) + \dots + (R_y(td=0,06mm))]/6,$$

grafikler oluşturulmuştur (Şekil 5.4, Şekil 5.5). Taş tane büyüklüğünün artırılmasıyla yüzey pürüzlülük değerlerinin aşırı miktarda arttığı görülmüştür. Örnek olarak 80 taneli taşa göre taş tane sayısının azalmasıyla, 60 taneli taşa 1,7 kat, 46 taneli taşa 2,29 kat ve 36 taşa 5 kat yüzey pürüzlülük değerinin arttığı tespit edilmiştir. Bu durum, taş tane boyutun az miktar artmasıyla taşlanan iş parçasının yüzey pürüzlülük değerinin önemli ölçüde büyümesine neden olduğunu göstermiştir.

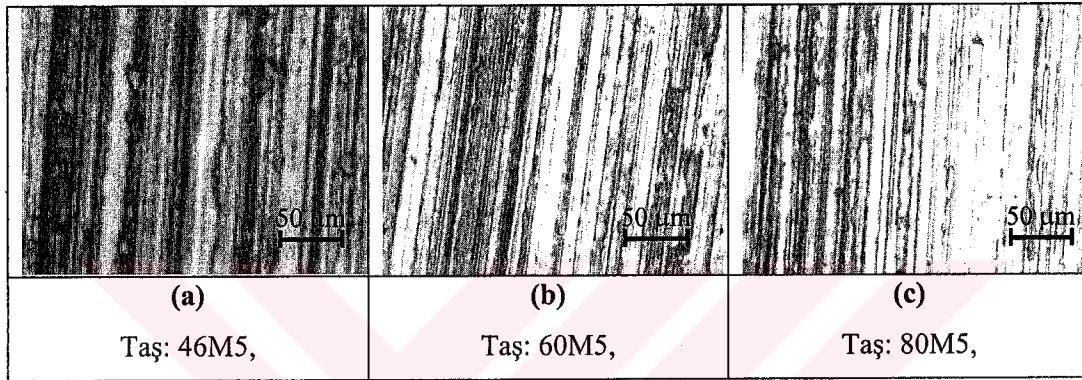


Şekil 5.4. Taş tane büyüklüğü (ttb) ile ortalama Ra ilişkisi



Şekil 5.5. Taş tane büyüklüğü (ttb) ile ortalama Ry ilişkisi

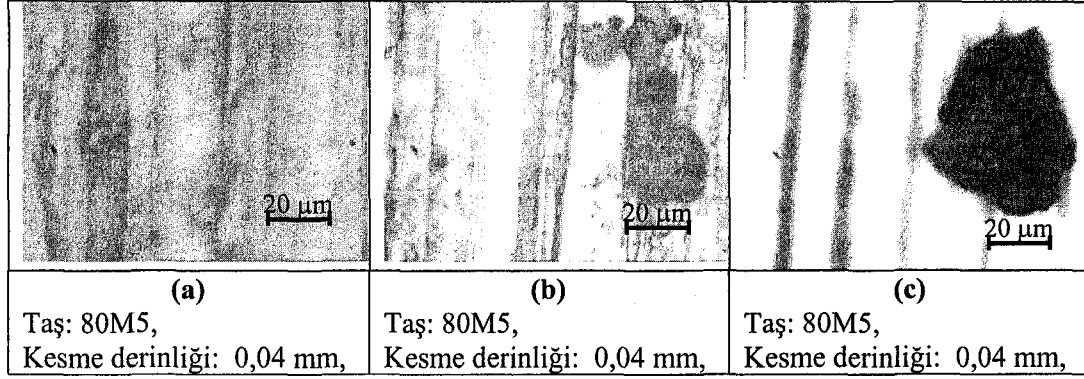
Taşlanan malzemelerin yüzey görüntüleri karşılaştırıldığında kesme derinliği ve taş tane boyutunun artması ile iş parçası yüzeyinde oluşan olukların genişlediği ve derinliklerin arttığı görülmektedir (Resim 5.1). 0,02 mm kesme derinliğinde tane büyüklüğü 46 olan taşla yapılan taşlama sonucu iş parçasında daha geniş ve derin oluklar şeklinde görüntüler oluşurken (Resim 5.1a), taş tane boyutu küçüldükçe (Resim 5.1 b,c) ince çizgiler şeklinde görüntüler oluşmuştur.



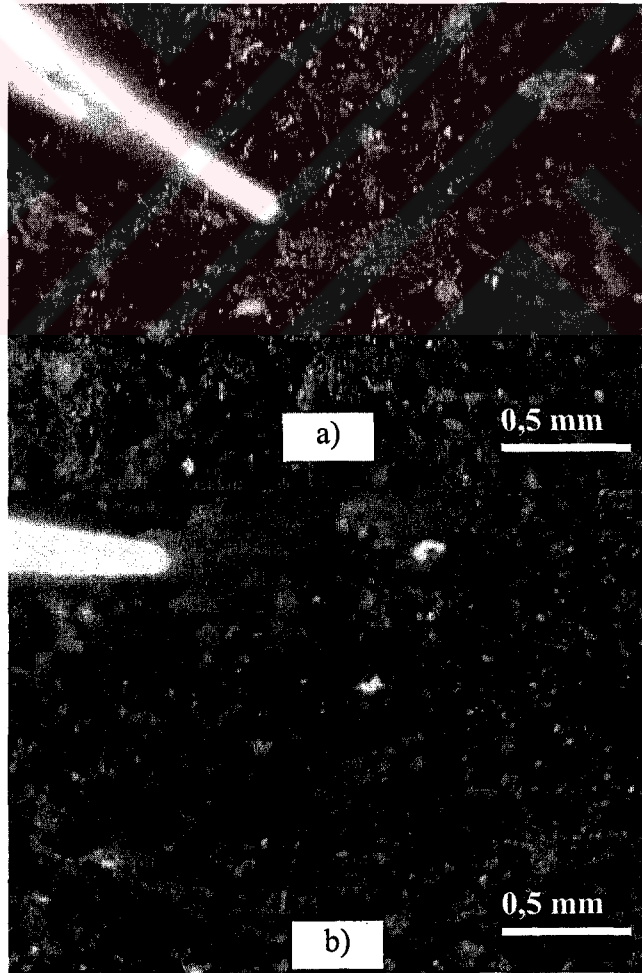
Resim 5.1. Taş tane büyüklüğüne göre yüzey görüntüleri (Kesme derinliği: 0,02 mm)

Tane boyutu küçük olan (80 taneli) taşla 0,03 mm kesme derinliğinde yapılan taşlama işleminde küçük lekeler ve kopan taşlardan dolayı krater aşınmasının olduğu görülmüştür (Resim 5.2a). Kesme derinliğinin arttırılmasıyla (0,04 mm, 0,05 mm, 0,06 mm), taş tanelerinin koparak taşlanan iş parçasının yüzeyine nüfuz ettiği gözlenmiştir (Resim 5.2b,c). Resim 5.2b ve c’de iş parçasına nüfuz eden farklı görüntülenen taş parçalarının, taş tane boyutuna göre kesme derinliğinin fazla arttırılmasının olumsuz etkileri görülmektedir. Resim 5.3a ve. Resim 5.3b’de ise iş parçasında koparak taşlama diskinin gözeneklerinin dolması görülmektedir. Resim 5.3a ve Resim 5.3b’de beyaz (ışık) olarak görülen bölgeler bir toplu iğneyi göstermekte olup, gözenek dolmasının kıyaslanması ve işaret edilmesi için kullanılmıştır. Taşlama diski gözeneklerinin dolması taşlama işleminde, yüzey kalitesini etkileyecek olumsuz sonuçlara doğuracaktır. Taşlama esnasında taşlama diskinden kopan taş parçacıkları, taşlama diskinin çapını küçülterek işlenen iş parçalarının yeterli ölçü tamlığında üretilmesini engelliyeceği düşünülmektedir (22). Dolayısıyla iş parçasına nüfuz eden taş tanecikleri üretilen iş parçası yüzeyinde

çizilme, tane kopması vb. gibi kusurlar oluşturmakta ve bu kusurlar da parçaların çalışma ortamında istenmeyen sonuçlar meydana gelmesine sebep olmaktadır.

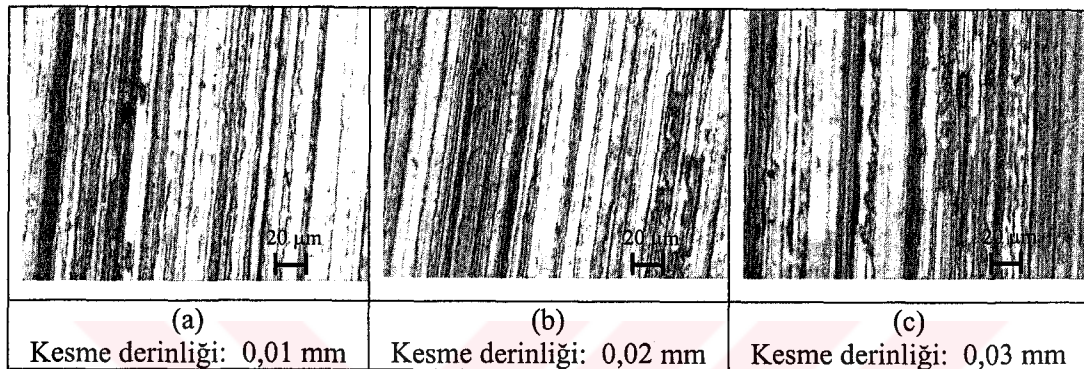


Resim 5.2. 80 taneli taşta fazla kesme derinliğinin malzemedeki olumsuz görüntüleri (Kesme derinliği: 0,04 mm)



Resim 5.3. 80 taneli taşta fazla kesme derinliğinin taşlama diskindeki olumsuz görüntüleri (Kesme derinliği: 0,04 mm)

Kesme derinliğinin artmasıyla yüzey pürüzlülük değerlerinin buna bağlı olarak önemli derecede arttığı yapılan bu çalışmanın bütün aşamalarında tespit edilmiştir. Kesme derinliklerinin artması ile yüzey pürüzlülük değerlerinin arttığı ve taşlanan iş parçası yüzeyinde oluşan, oluk şeklindeki taşlama izlerinin genişlemesine ve derinleşmesine neden olduğu Resim 5.4'te görülmektedir.

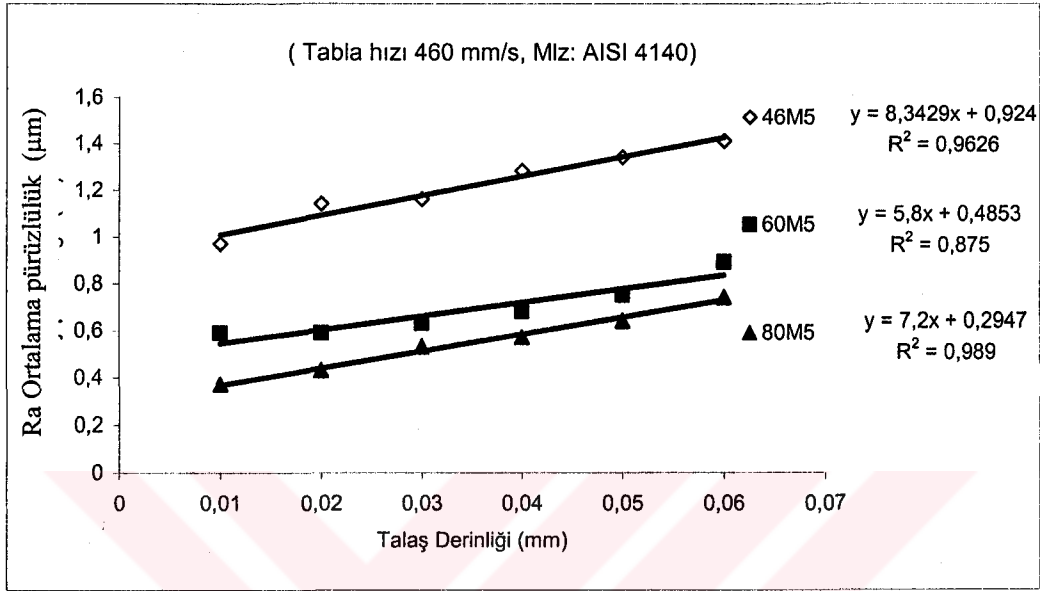


Resim 5.4. Kesme derinliğinin yüzey yapısına etkisi (60M5)

5.1.2. AISI 4140 malzemesinde taş tane büyüklüğü-yüzey pürüzlülüğü ilişkisi

0,01-0,06 mm kesme derinliklerinde, taş tane büyüklüğü (ttb) ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün (R_a) değişimi Şekil 5.6'da görülmektedir. Kesme derinliğinin değişmesiyle ortalama yüzey pürüzlülük değerleri; 46M5 taşında 0,97-1,41 μm , 60M5 taşında 0,59-0,89 μm ve 80M5 taşında 0,37-0,74 μm arasında değişmiştir. Bu grafikte talaş kaldırmada kesici olarak görev yapan taş tanelerinin büyümesi ile pürüzlülük değerlerinde önemli derecede artış olduğu gözlenmiştir. Kaba taneli (46M5) taşla yapılan taşlama işleminde yüzey pürüzlülük değerlerinin ince taneli taşla yapılan taşlama işleminde oluşan yüzey pürüzlülük değerlerine oranla yaklaşık % 90 daha büyük olduğu belirlenmiştir. Pürüzlülük değerlerinde görülen bu farkın, taş tanelerinin büyüklükleri ile ilişkili olduğu söylenebilir. Orta taneli (60M5) taşla yapılan taşlama işleminde ise yüzey pürüzlülük değerlerinin ince taneli taşla yapılan taşlama işleminde oluşan yüzey pürüzlülük değerlerine oranla yaklaşık % 20 daha büyük olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar, AISI 1050 malzemesinin taşlanması ile elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinin değişimine paralellik göstermiştir. Taş tane boyutunun artması, birim uzunluktaki tane sayısının azalmasını ifade etmektedir.

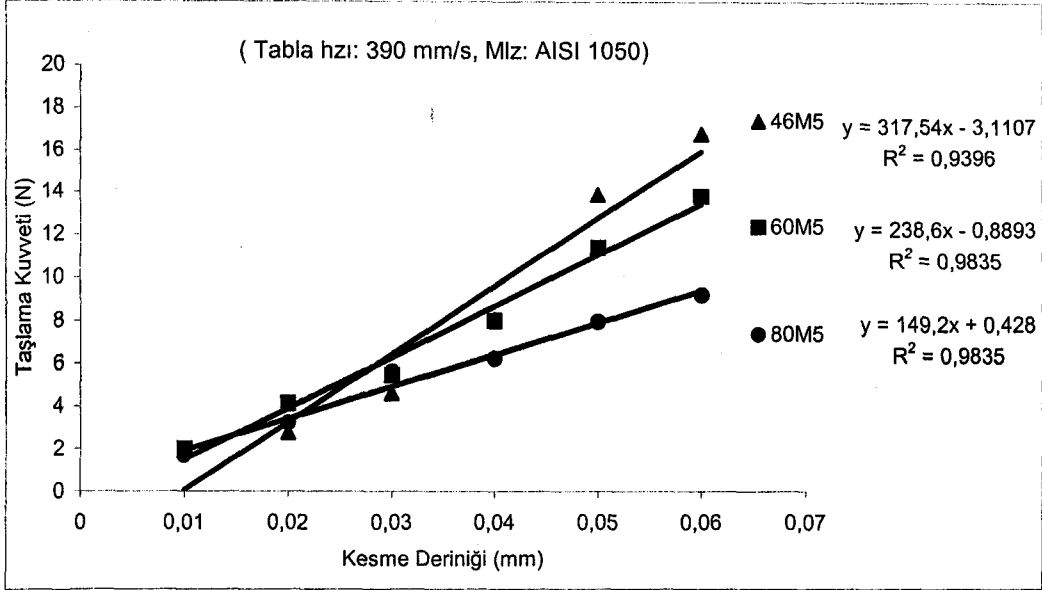
(Resim 5.5). Dolayısıyla bu durum taşlanan yüzeyde derin ve geniş kanalların (Resim 5.1) oluşumuyla ifade edilebilir.



Şekil 5.6. Farklı taş tane büyüklüklerine göre kesme derinliği ile ortalama pürüzlülük arasındaki ilişki

5.1.3. AISI 1050 malzemesinde taş tane büyüklüğü-taşlama kuvveti ilişkisi

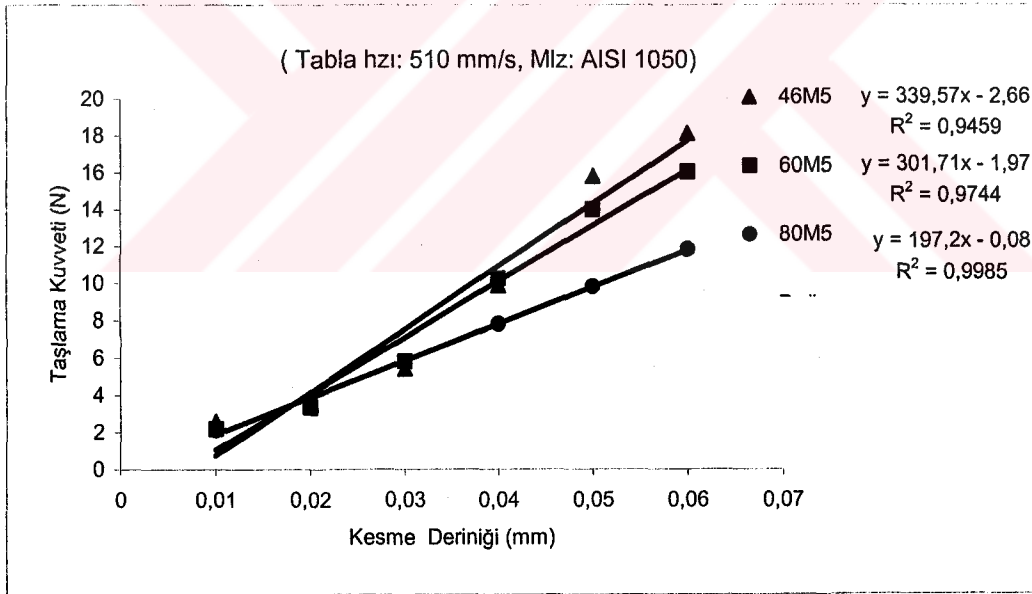
0,01-0,06 mm kesme derinliklerinde, taş tane büyüklüğünün taşlama kuvvetlerine etkileri Şekil 5.7’de verilmiştir. Taşlama kuvvetleri; 46M5 taşında 1,93-16,8 N, 60M5 taşında 1,9-13,82 N ve 80M5 taşında 1,7-9,18 N arasında değerler almıştır. Üç farklı taş tane boyutu kullanılarak yapılan taşlama işlemlerinde, 0,03 mm’lik kesme derinliklerinde taşlama kuvvetlerinin de taş tane büyüklüğü ile doğru orantılı olarak değiştiği tespit edilmiştir. 80 taneli taşla yapılan taşlama işlemlerinde kesme derinliklerinin artmasıyla (0,06 mm) taşın aşırı miktarda zorlandığı gözlenmiştir. Bu zorlama neticesinde taşlanan iş parçası yüzeyinde gözle görülür yanmalar ve çatlamlar tespit edilmiştir.



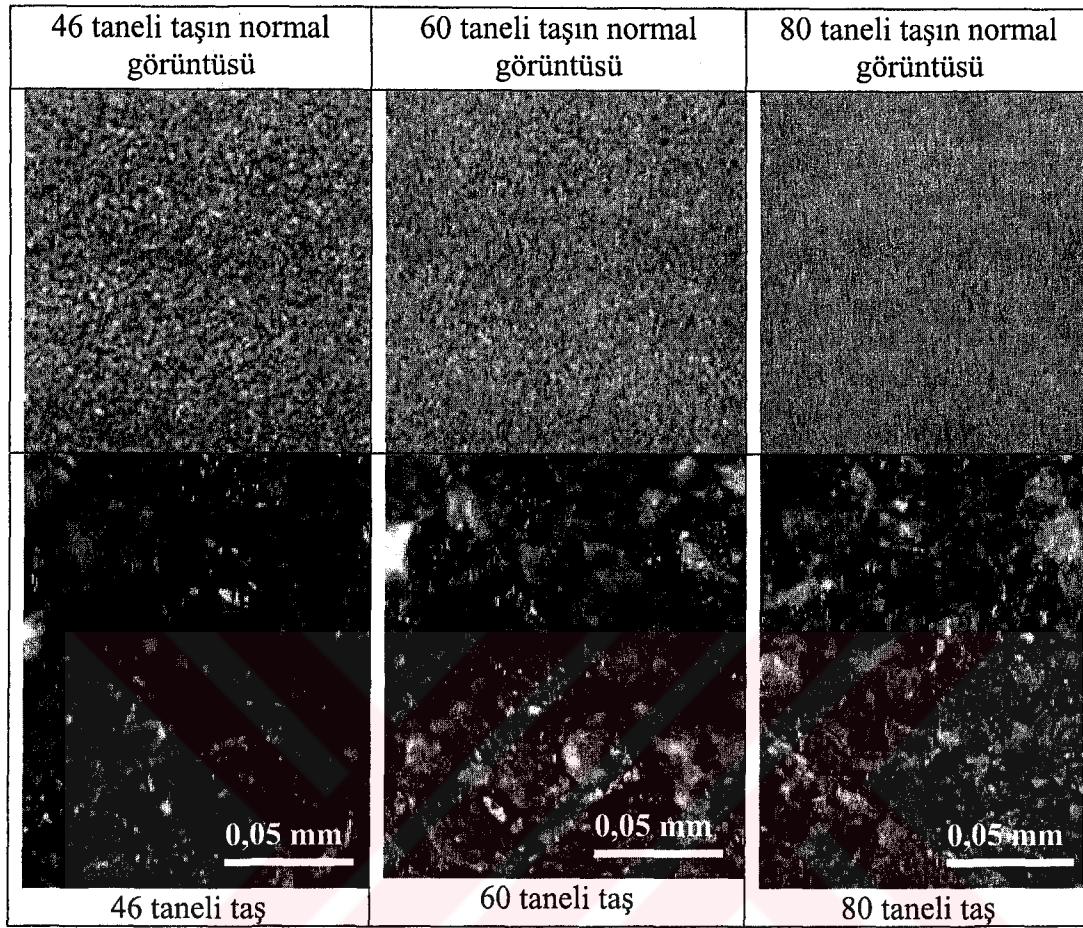
Şekil 5.7. Farklı taş tane büyüklüklerine göre kesme derinliği ile taşlama kuvveti arasındaki ilişki (tabla hızı: 390 mm/s)

80 taneli taşın, 60 (255 μm) ve 46 (360 μm) taneli taşlara göre taş tane boyutunun küçük olması (180 μm) taşlama işleminde taş ve iş parçası arasındaki temas alanını büyötmektedir. Bu ise sürtünmeyi ve dolayısı ile taşlama anındaki sıcaklığı yükselterek, yüzeyde sıcaklıktan kaynaklanan kalıntı gerilmelerin oluşmasına neden olmaktadır (5,29,30). Bu da taşlanan yüzeyde kalıntı gerilmelerinden dolayı kılcal çatlakların oluştuğunu göstermiştir. İş parçası yüzeyindeki kılcal çatlamlar, taşlanan iş parçası temizlenmeden önce taşlama tezgahının manyetik tablasının sebep olduğu manyetik alan, iş parçası yüzeyindeki kılcal çatlaklarda kutuplar (+/-) oluşturmakta, taşlama sonucu oluşan talaş parçacıkları iş yüzeyinde çatlak boyunca çizgisel bir şekilde yer almaktadır. Taşlama tezgahları genellikle sabit taş devirlerinde döndükleri için taşın talaş kaldırma esnasında iş parçası malzemesini kesecek tanecik sayısı, taş tane büyüklüğüne göre değişmektedir. Taş tane sayısı arttıkça kesme işlemini yapan tane sayısı da artmaktadır (Resim 5.4). Taşlama işlemi çok ağızlı freze çakısı ile talaş kaldırma işlemine benzetilirse; sabit ilerleme ve sabit kesme hızında talaş kaldırılırken freze çakısında kesici ağız sayısı azaldıkça kesici ağızlara gelen talaş kesiti ve buna bağlı olarak freze tezgahına gelen kesme kuvvetleri de artar (27). Ancak taş tane sayısı arttıkça tane boyutlarının da küçüldüğü bilinmektedir.

Dolayısıyla tabla hızının artmasıyla küçük taneli taşlarda iş parçasından kaldırılan talaşların tahliyesi zorlaşmaktadır. 510 mm/s tabla hızında; 0,01-0,06 mm kesme derinliklerinde, taş tane büyüklüğünün taşlama kuvvetlerine etkileri Şekil 5.8’de verilmiştir. Taşlama kuvvetleri; 46M5 taşında 2,57-18,1 N, 60M5 taşında 2,18-16,03 N ve 80M5 taşında 2,1-11,8 N arasında değerler almıştır. 0,05-0,06 mm kesme derinliklerindeki taşlama kuvvetleri 80 taneli taşa göre 60 taneli taşa %33 ve 46 taneli taşa %50 daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Şekil 5.7 ve Şekil 5.8 incelendiğinde tabla hızının artmasıyla (390’dan 510 mm/s) 80 taneli taşa yapılan taşlama işleminde taşlama kuvvetleri 46 taneli taşa oluşan taşlama kuvvetlerine nazaran daha fazla artmıştır. Bu artışın sebebi, tabla hızının artmasıyla küçük taneli taşlarda, tane başına birim zamanda kaldıracakları talaş miktarının artması ile açıklanabilir.



Şekil 5.8. Farklı taş tane büyüklüklerine göre kesme derinliği ile taşlama kuvveti arasındaki ilişki (tabla hızı: 510 mm/s)

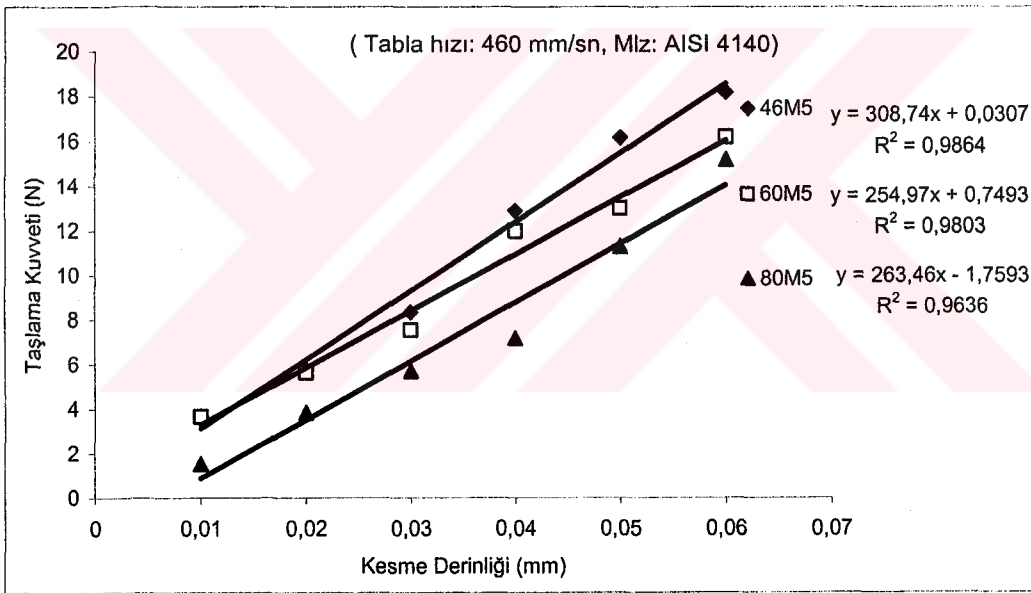


Resim 5.5. Taş tane sayısına göre taş yüzeylerinin görünümü

5.1.4. AISI 4140 malzemesinde taş tane büyüklüğü-taşlama kuvveti ilişkisi

0,01-0,06 mm kesme derinliklerinde, taş tane büyüklüğünün taşlama kuvvetlerine etkileri Şekil 5.9’de verilmiştir. Taşlama kuvvetleri; 46M5 taşında 3,69-18,17 N, 60M5 taşında 3,66-16,2 N ve 80M5 taşında 1,53-15,2 N arasında değerler almıştır. Üç farklı tane boyutu kullanılarak yapılan taşlama işlemlerinde 0,01-0,03 mm kesme derinliklerinde oluşan taşlama kuvvetlerinin 46 ve 60 taneli taşlarda yaklaşık olarak aynı değerlerde oldukları görülmektedir. 80 taneli taşla yapılan taşlama işlemlerinde oluşan taşlama kuvvetlerinin, 46 ve 60 taneli taşlarda oluşan taşlama kuvvetlerine oranla, 0,01 mm kesme derinliğinde %50, 0,02 mm ve 0,03 mm kesme derinliklerinde yaklaşık %30 daha küçük olduğu tespit edilmiştir. 0,05 ve 0,06 mm kesme derinliklerinde oluşan taşlama kuvvetlerinin taş tane büyüklüğü ile doğru orantılı olarak arttığı görülmüştür. Bu sonuçlar taş tane boyutuna göre AISI 1050

malzemesinin taşlanmasıyla elde edilen taşlama kuvvetlerinin değişmesine paralellik göstermektedir. Taş tane boyutunun artmasıyla taşlama kuvvetlerin büyümesi, birim alandaki taş tane sayısının azalmasıyla ilişkilendirilebilir. Taş tane boyutunun artması taş tanelerinin kaldıracacağı malzeme kesitini büyüttüğü ve buna bağlı olarak kesiti büyük olan malzemenin, elastik ve plastik deformasyonu için daha fazla taşlama kuvvetlerinin oluşumuna neden olduğu düşünülmektedir. Chen, bilgisayar simülasyonu ile taşlamadaki çeşitli aşamaları görsel olarak ifade etmek için yaptığı çalışmada, iş parçası ile taş arasındaki etkileşim değerinin aktif kesici tanelerin şekline, aralığına ve kesit alanına bağlı olduğunu ifade etmiştir (12). Bu çalışmada tane boyutuna bağlı taşlama kuvvetlerinin artması bu ilişkiyi desteklemektedir.



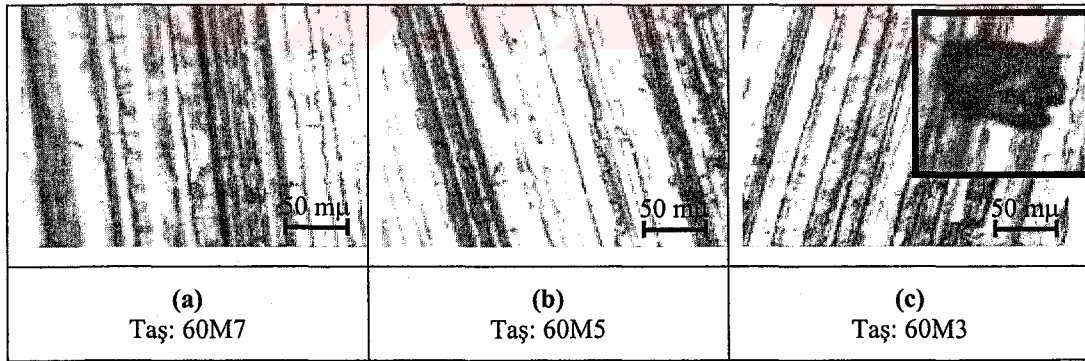
Şekil 5.9. Farklı taş tane büyüklüklerine göre kesme derinliği ile taşlama kuvveti arasındaki ilişki (tabla hızı: 460 mm/s)

5.1.5. AISI 1050 malzemesinde taş dokusu -yüzey pürüzlülüğü ilişkisi

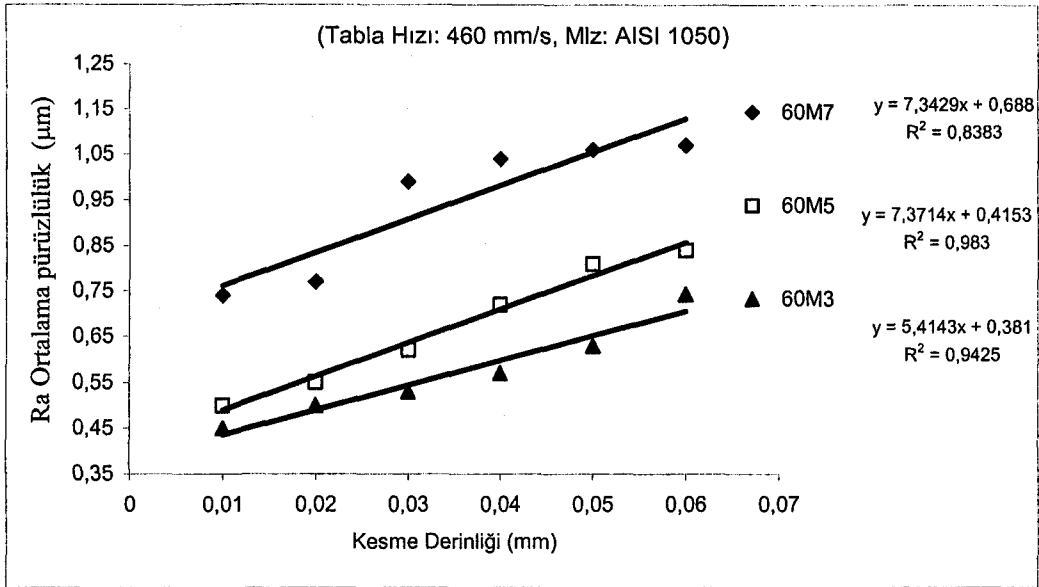
0,01 mm-0,06 mm kesme derinliklerinde, taş dokusu (td) ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün (R_a) değişimi Şekil 5.10'da görülmektedir. Kesme derinliğinin değişmesiyle ortalama yüzey pürüzlülük değerleri; 60M7 taşında 0,74-1,07 μm , 60M5 taşında 0,50-0,84 μm ve 60M3 taşında 0,45-0,70 μm arasında değişmiştir. Kesme derinliğinin artmasıyla ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinde %44-68

arasında bir artma olmuştur. Yapılan deneylerde, taş dokusuna bağlı yüzey pürüzlülük değerleri karşılaştırıldığında, taş dokusunun 60M3'den 60M5'e büyümesi ile yüzey pürüzlülük değerlerinde bir miktar (%11-20) artış görülmüştür (Şekil 5.10). Ancak taş dokusu büyük olan 60M7 taşı ile yapılan taşlama işlemlerinde yüzey pürüzlülük değerlerinde kayda değer (%40-50) bir artış olduğu tespit edilmemiştir. Bu artışın, taş dokusunun büyümesi ile taş taneleri arasındaki mesafelerin, sık dokulu taşlara göre daha fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Literatürde de taş dokusunun büyümesiyle taş taneleri arasındaki mesafenin arttığı ve buna bağlı olarak da kaldırılan talaş miktarının arttığı ifade edilmiştir (80). Bu ise yüzey pürüzlülük değerlerinin artmasının nedeni olabilir.

Çekilen yüzey resimlerinin incelenmesinde (Resim 5.6) taş dokusu küçük olan taşlama diskindeki taş tanelerinin koparak taşlanan malzemeye nüfuz ettikleri görülmektedir (Resim 5.6 c). Taş dokusunun sık olması (td'nin küçük olması) taş tanelerinin bağlama mukavemetinin azalmasına ve tanelerin daha az kuvvetlerle taşlama diskinde kopmalarına neden olduğu düşünülmektedir.

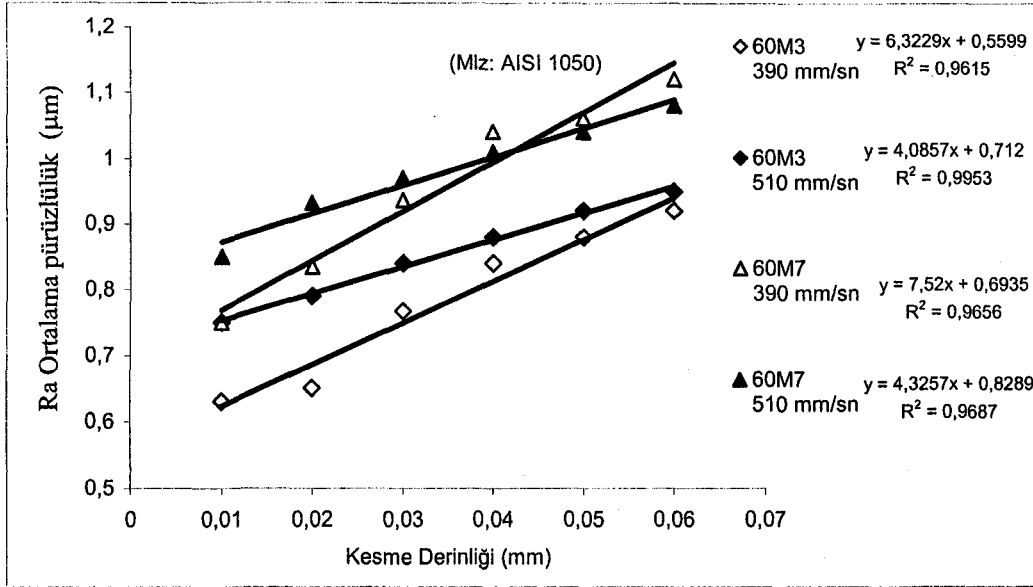


Resim 5.6. Taş dokusunun yüzey yapısına etkileri (Kesme derinliği: 0,02 mm)



Şekil 5.10. Farklı taş dokusuna göre kesme derinliği ile taşlama kuvveti arasındaki ilişki (tabla hızı: 460 mm/s)

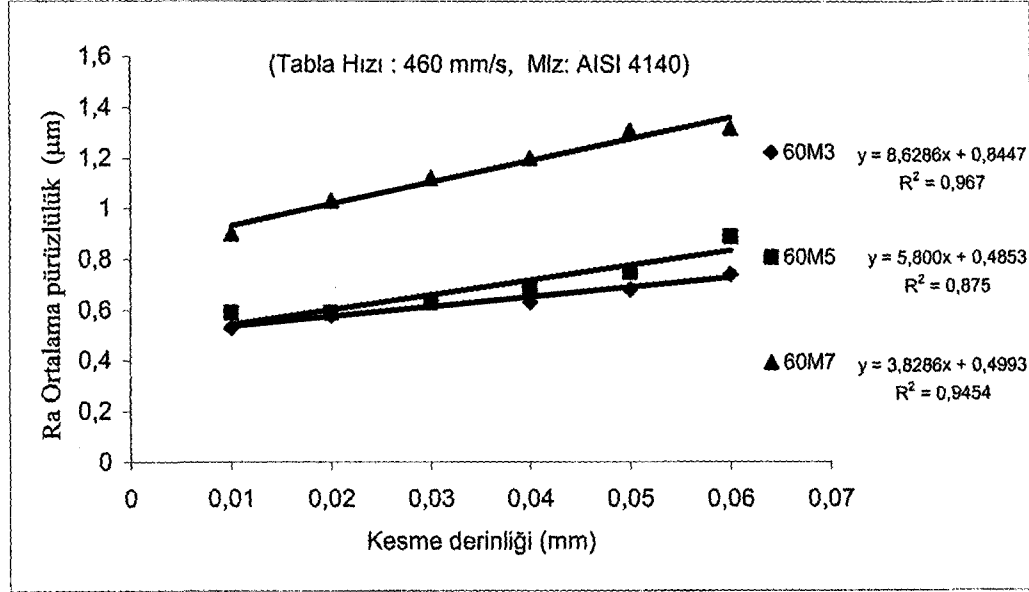
60M3-60M7 taşlarıyla 390 mm/s ve 510 mm/s tabla hızlarında taşlama işlemi yapıldığında taş dokusu 60M3 olan taşla elde edilen yüzey pürüzlülüğü, tabla hızının artmasıyla (0,01-0,02 mm kesme derinliklerinde) taş dokusu 60M7 olan taşla elde edilen yüzey pürüzlülükleri ile aynı seviyeye yükselmiştir. Tabla hızının artmasıyla düşük kesme derinliklerinde elde edilen yüzey pürüzlülüklerinde önemli derecede artış görülürken, kesme derinliğinin artmasıyla taş tanelerinin yerlerinden kopup yerine yeni keskin tanelerin çıkması sonucu (Resim 5.6) yüzey pürüzlülüğünde belirgin olmamıştır (Şekil 5.11).



Şekil 5.11. Farklı taş dokusuna göre kesme derinliği ile yüzey pürüzlülüğüne arasındaki ilişki

5.1.6. AISI 4140 malzemesinde taş dokusu -yüzey pürüzlülüğü ilişkisi

0,01-0,06 mm kesme derinliklerinde, taş dokusu ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün (Ra) değişimi Şekil 5.12’de görülmektedir. Kesme derinliğinin değişmesiyle ortalama yüzey pürüzlülük değerleri; 60M3 taşında 0,53-0,74 µm, 60M5 taşında 0,59-0,89 µm ve 60M7 taşında 0,9-1,32 µm arasında değişmiştir. Kesme derinliğinin 0,01mm’den 0,06 mm’ye artırılmasıyla ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinde yaklaşık %39-50 oranında artış olmuştur. Taş tane büyüklüğüne göre yapılan taşlama işlemleri ile elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri Şekil 5.12’de karşılaştırıldığında, yüzey pürüzlülüğünün taş dokusunun büyümesi ile 60M3 ‘den 60M5’e bir miktar (%10-20) arttığı ancak taş dokusunun 7 olmasıyla, yüzey pürüzlülük değerlerinde artışın küçük dokulu taşlara göre yaklaşık %78 daha fazla olduğu görülmüştür.

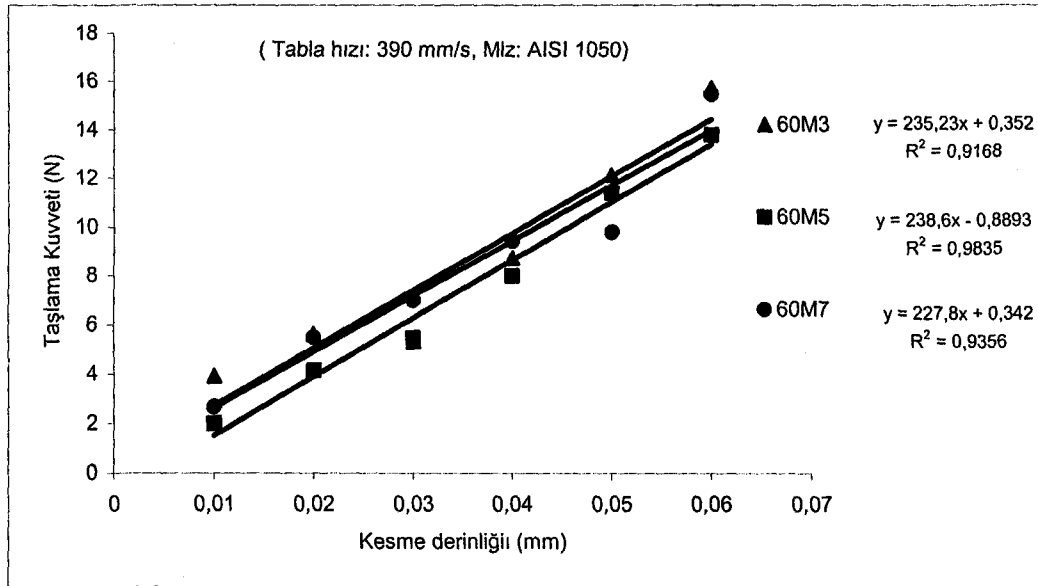


Şekil 5.12. Farklı taş dokusuna göre kesme derinliği ile ortalama yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişki (tabla hızı: 460 mm/s)

Büyük dokulu taşlarla yapılan taşlama işleminde taş dokusunun artmasıyla pürüzlülük değerlerinin artması taş dokusuna bağlı olarak taş taneleri arasındaki mesafenin büyümesinde kaynaklandığı düşünülmektedir.

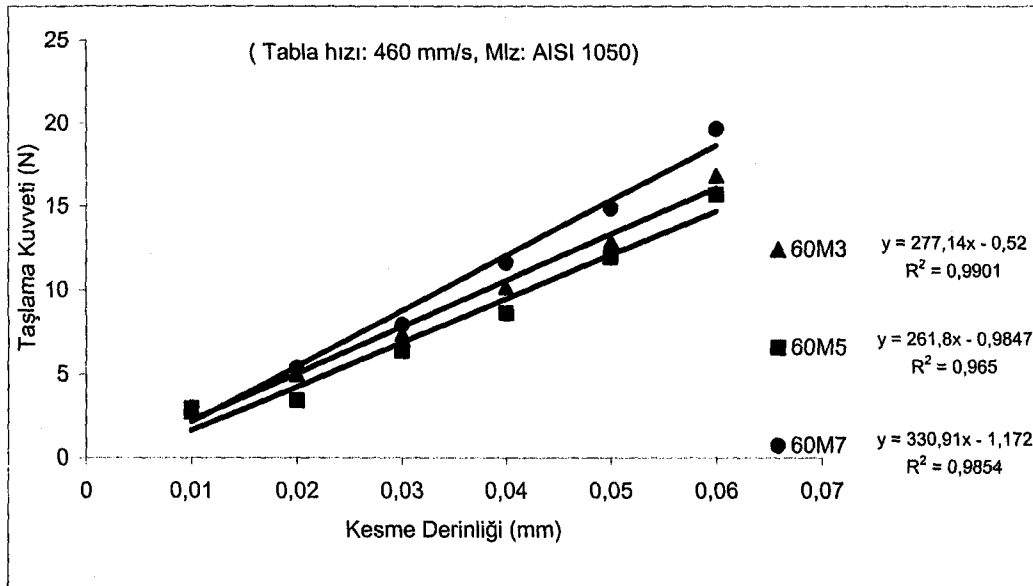
5.1.7. AISI 1050 malzemesinde taş dokusu-taşlama kuvvetleri ilişkisi

0,01-0,06 mm kesme derinliklerinde, taş dokusunun taşlama kuvvetlerine etkileri Şekil 5.13’de verilmiştir. Taşlama kuvvetleri, 60M3 taşında 3,9-15,7 N, 60M5 taşında 1,99-13,82 N ve 60M7 taşında 2,64-15,5 N arasında kesme derinliklerine bağlı olarak değerler almıştır. Taş dokusu 3, 5 ve 7 olan taşlarla altı farklı kesme derinliğinde, üç farklı tabla hızında taşlama işlemleri yapılmıştır. Düşük (390 mm/s) tabla hızlarında yapılan taşlama işlemlerinde oluşan taşlama kuvvetlerinde önemli bir farklılık görülmemiştir (Şekil 5.13).



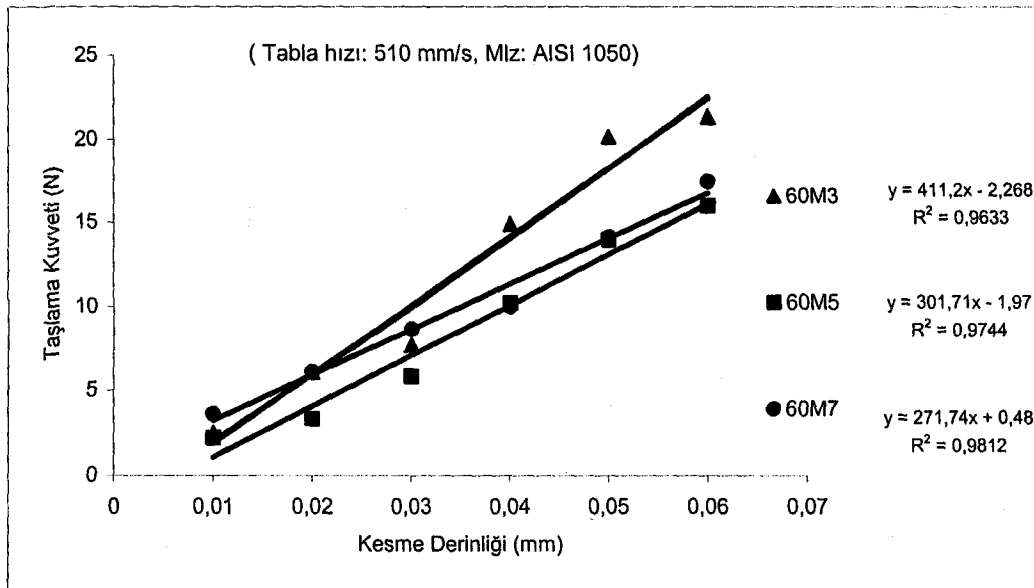
Şekil 5.13. Farklı taş dokusuna göre kesme derinliği ile taşlama kuvveti arasındaki ilişki (tabla hızı: 390 mm/s)

Taşlama işleminde tabla hızının artmasıyla (460 mm/s), 0,01-0,06 mm kesme derinliklerinde, taş dokusunun taşlama kuvvetlerine etkileri Şekil 5.14'de verilmiştir. Taşlama kuvvetleri, 60M3 taşında 2,74-16,86 N, 60M5 taşında 2,95-15,71 N ve 60M7 taşında 2,99-19,68 N arasında kesme derinliklerine bağlı olarak değerler almıştır. Taşlama kuvvetleri kesme derinliğine bağlı olarak 5,3-6,5 kat artmıştır. Taşlama kuvvetleri 0,01 mm, 0,02 mm ve 0,03 mm kesme derinliklerinde hemen hemen taş dokusunun taşlama kuvvetlerine bir etkisi görülmemiştir. Kesme derinliğinin artmasıyla (0,04 mm, 0,05 mm) taş dokusunun taşlama kuvvetlerine etkisi daha belirgin olmuş ve taş dokusu ile doğru orantılı olarak taşlama kuvvetleri artmıştır (Şekil 5.14). Taşlama işleminde en az malzemeden talaşların kaldırılması kadar taşlama taşındaki gözeneklerden talaşların atılması da önemli olmaktadır (80). Taş dokusu 3 olan taş ile taşlama işleminde kesme derinliğinin artmasıyla (0,06 mm) taşlama anında oluşan talaşların tahliyesi zorlaştığı için taşlama kuvvetleri, taş dokusu büyük olan diğer taşlarla yapılan taşlama işlemlerinde oluşan taşlama kuvvetlerinden daha fazla olmuştur. Bu durum, yüzey pürüzlülüğü incelenmesinde (Resim 5.6) taş tanelerinin kopması ve iş parçasına saplanması şeklinde görülmüştür.



Şekil 5.14. Farklı taş dokusuna göre kesme derinliği ile taşlama kuvveti arasındaki ilişki (tabla hızı: 390 mm/s, Malzeme AISI 1050)

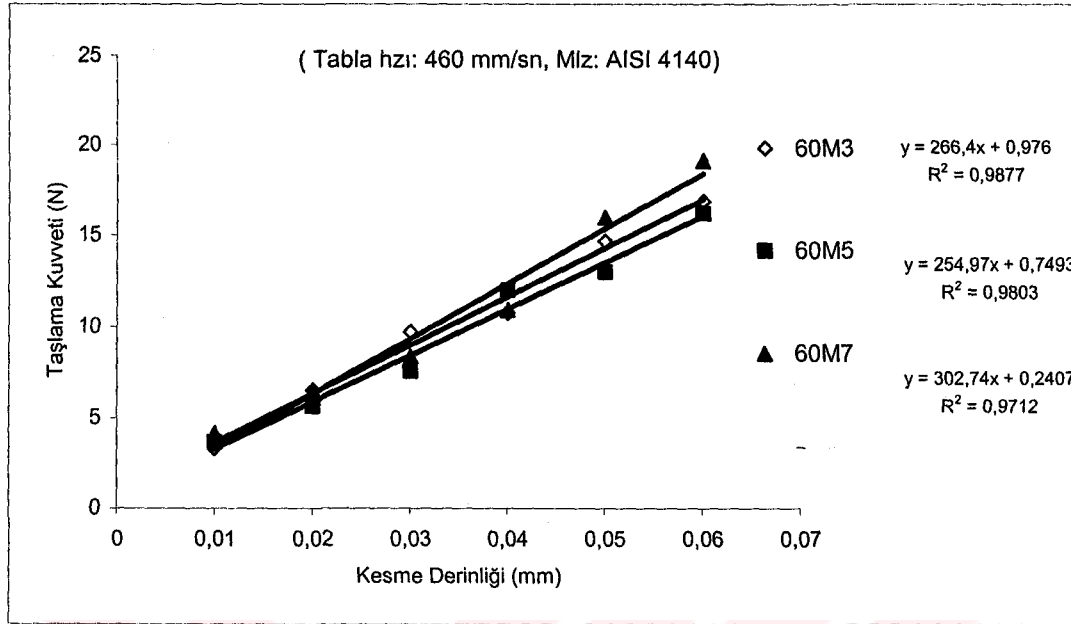
Yine aynı taşlama şartlarında tezgah tabla hızının artmasıyla (510 mm/s) taş dokusunun taşlama kuvvetlerine etkileri Şekil 5.15’de verilmiştir. Taşlama kuvvetleri; 60M3 taşında 2,48-21,36 N, 60M5 taşında 2,18-13,97 N ve 60M7 taşında 3,59-17,49 N arasında kesme derinliklerine bağlı olarak değerler almıştır. Taş tanelerinin kaldıracakları talaş miktarı artmış ve taş dokusu küçük olan taşlarda talaşın tahliyesi zorlaştığı için taşlama kuvvetleri de artmıştır. Bu taşlama işlemlerinde, taşlama kuvvetleri açısından en düzenli değişme orta doku olan 60M5 taşıyla elde edilmiştir. Taş tane boyutları ve taş sertlikleri aynı olduğundan, taşlamada oluşan talaşların taş gözeneklerine sıkışması, yapışması veya gözeneklerden kolayca atılmasının taşlama kuvvetlerini etkilediği düşünülmektedir.



Şekil 5.15. Farklı taş dokusuna göre kesme derinliği ile taşlama kuvveti arasındaki ilişki (tabla hızı: 510 mm/s, malzeme AISI 1050)

5.1.8. AISI 4140 malzemesinde taş dokusu-taşlama kuvvetleri ilişkisi

0,01-0,06 mm kesme derinliklerinde, taş dokusunun taşlama kuvvetlerine etkileri Şekil 5.16'da verilmiştir. Taşlama kuvvetleri; 60M3 taşında 3,9-15,7 N, 60M5 taşında 1,99-13,82 N ve 60M7 taşında 2,64-15,5 N arasında kesme derinliklerine bağlı olarak değerler almıştır. Taş dokusu 60M3, 60M5 ve 60M7 olan taşlarla 460 mm/s tabla hızında, düşük kesme derinliklerinde (0,01 mm, 0,02 mm ve 0,03 mm) yapılan taşlama işlemlerinde oluşan taşlama kuvvetleri arasında önemli fark görülmemiştir (Şekil 5.16). Ancak, kesme derinliğinin artmasıyla (0,05 mm ve 0,06 mm) taş dokusuna göre taşlama kuvvetleri arasındaki fark belirginleşmiştir. Taş dokusu küçük olan taşla (60M3) yapılan taşlama işlemlerinde oluşan taşlama kuvvetleri diğer taşlarla yapılan taşlama işlemlerinde oluşan taşlama kuvvetlerine göre %7 daha fazla olmuştur. Küçük taş dokusuna sahip taşlarla 0,05 mm ve 0,06 mm kesme derinliklerinde yapılan taşlama işlemlerinde oluşan taşlama kuvvetlerinin, taşlama işlemi esnasında kaldırılan talaşların tahliyesinin zor olması nedeniyle, % 25 daha yüksek çıktığı düşünülmektedir.

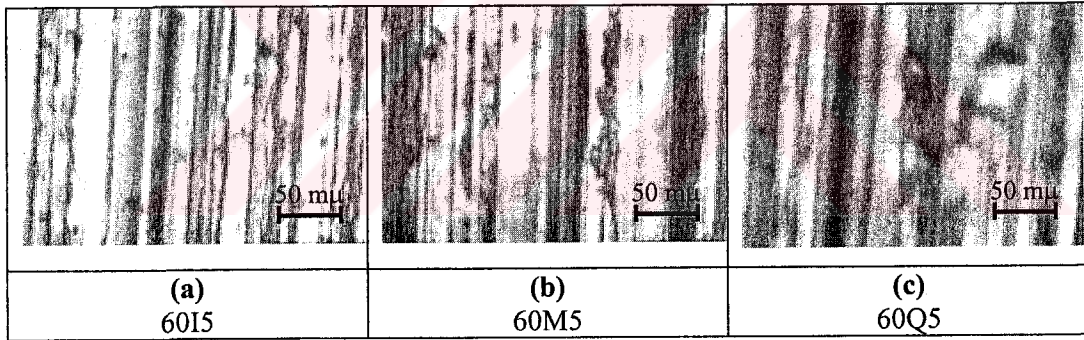


Şekil 5.16. Farklı taş dokusuna göre kesme derinliği ile taşlama kuvveti arasındaki ilişki (tabla hızı: 460 mm/s, Malzeme AISI 4140)

5.1.9. AISI 1050 malzemesinde taş sertliği -yüzey pürüzlülüğü ilişkisi

Taş sertliğinin (ts) yüzey pürüzlülüğüne etkilerini incelemek için yapılan araştırmada taş tane büyüklüğü orta boyut olan 60 taneli ve dokusu orta gruba giren 5 dokulu taş seçilmiştir. Taş sertlikleri, yumuşak taşları temsilen I, orta sertlikteki taşları temsilen M ve sert taşları temsilen de Q sertliğindeki taşlarla farklı kesme derinliklerinde ve farklı tabla hızlarında taşlama işlemi yapılarak taş sertliğinin yüzey pürüzlülüğüne etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan incelemede taş tane büyüklüğünün yüzey pürüzlülüğüne etkisinde görüldüğü gibi düzenli bir sıralama olmasa da taş sertliğinin artmasıyla yüzey pürüzlülüğünün önemli derecede değiştiği tespit edilmiştir (Şekil 5.17). Taşlama işlemini diğer talaş kaldırma işlemlerinden ayırt eden özelliklerin başında, taş tanelerinin taşlama diskinden koparak yerine yeni kesici tanelerin talaş kaldırma işlemini devam ettirmesidir (kendi kendine bilenme özelliği) (27). Yumuşak taşlarda kuvvetlere maruz kalan taş tanelerinin, yerlerinden kopması sert taşlara göre daha kolay olmaktadır. Yumuşak taşların aynı taşlama şartlarında sert taşlara göre daha çok aşındıkları çeşitli çalışmalarda belirtilmiştir (55). Sert taşlarda taş tanelerinin taşlama diskine daha sağlam bağlanmaktadır. Dolayısıyla bu taşlar

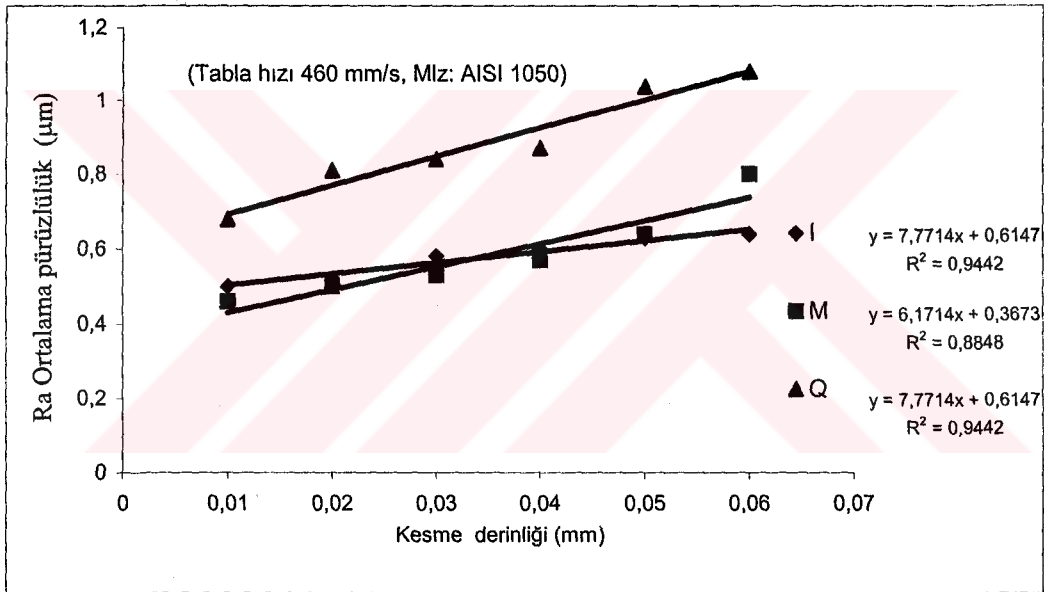
daha küçük kuvvetlere maruz kaldıklarından yerlerinden kopmayıp, taşlama anında taş taneciklerinin uçları aşınmakta ve körelmektedir. Taş tanelerinin uçları körlenip düzleştikçe iş parçasından talaş kaldırma anında temas alanı büyütmemekte ve sürtünme artmakta artan bu sürtünme neticesinde sıcaklık ve taşlama kuvvetlerini de artırmaktadır. Oluşan taşlama kuvvetleri ya taş tanesinin parçalanmasına veya yerinden çıkmasına neden olabilir. Kopan veya parçalanan taş taneciklerinin, taşlama esnasında yüksek sıcaklıklarda (yaklaşık 1500 °C, taşlanan malzeme ergime noktasına yaklaşır) (5) taşlanan malzemeye nüfuz ettiği gözlenmiştir (Resim 5.7). Taşlanan malzemelere, nüfuz eden taş tanesi veya parçacıkları, makine elamanlarında yüzey kalitesi açısından istenmeyen bir özellik doğuracaktır. Sert taşlarla yapılan taşlama işleminde kesme derinliği arttıkça (0,05-0,06 mm) sürtünme kuvvetine bağlı olarak sıcaklık artmakta ve taşlanan malzeme yüzeyinde gözle görülebilecek renk değişimlerinin oluştuğu gözlenmiştir.



Resim 5.7. Taş sertliğinin yüzey yapısına etkileri (Kesme derinliği: 0,03 mm)

0,01-0,06 mm kesme derinliklerinde, taş sertliği ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün (R_a) değişimi Şekil 5.17'de görülmektedir. Kesme derinliğinin değişmesiyle ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinin; 60I5 taşında 0,50-0,64 μm , 60M5 taşında 0,46-0,80 μm ve 60Q5 taşında 0,60-1,08 μm arasında değiştiği görülmüştür. Kesme derinliğinin 0,01mm'den 0,06 mm'ye artırılmasıyla ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinde yaklaşık %50 oranında artış olmuştur. 0,01 mm-0,05 mm kesme derinliklerinde 60I5 ve 60M5 taşlarıyla yapılan taşlama işlemlerinde elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinde önemli bir fark oluşmadığı gözlenmiştir. Q sertliğindeki taşla elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinin diğer 60I5 ve 60M5

taşlarla elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerine nazaran daha fazla (%68) olduğu gözlenmiştir. Kesme derinliğinin artırılmasıyla iş malzemesi sert (martenzit) bir yapıya sahip olduğu için M sertliğindeki taşla yapılan taşlama işleminde yüzey pürüzlülük değerleri bir miktar artmıştır. Q sertliğindeki taş ile taşlanan malzemelerde, yüzey pürüzlülüğü hem düşük kesme derinliklerinde hem de kesme derinliğinin artmasıyla yüksek değerlerde olduğu gözlenmiştir (Şekil 5.17). Sert taşlarla yapılan taşlama işlemlerinde yüzey pürüzlülük değerlerinin yüksek olması, taşlama diskinin bilenmesi esnasında taş tanelerinin keskin kenarlarının kırılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

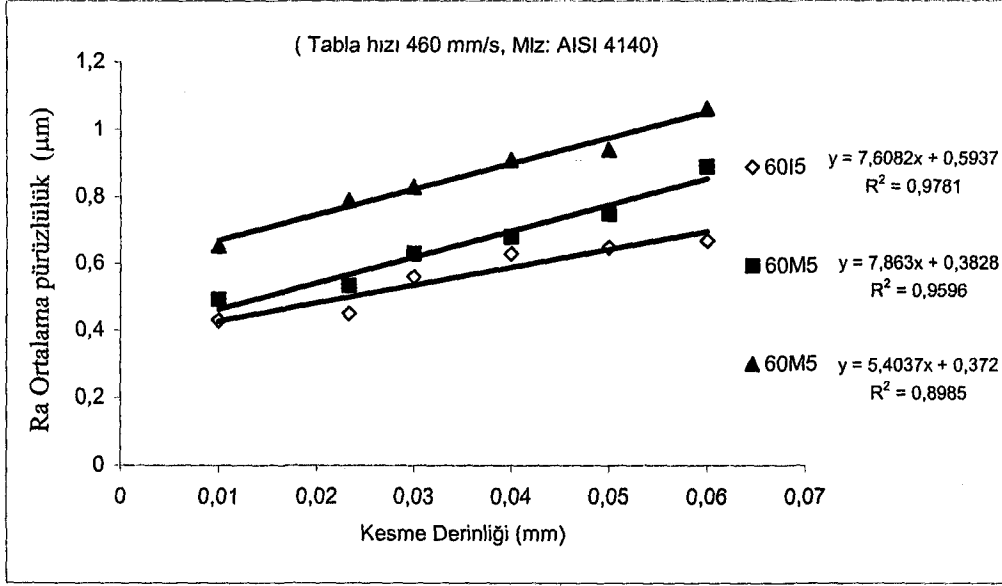


Şekil 5.17. Farklı taş sertliğine göre kesme derinliği ile ortalama yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişki (tabla hızı: 460 mm/s, malzeme AISI 1050)

5.1.10. AISI 4140 malzemesinde taş sertliği -yüzey pürüzlülüğü ilişkisi

AISI 4140 malzemesinde 0,01-0,06 mm kesme derinliklerinde, taş sertliği ile ortalama yüzey pürüzlülüğünün (Ra) değişimi Şekil 5.18’de görülmektedir. Kesme derinliğinin değişmesiyle ortalama yüzey pürüzlülük değerlerini; 60I5 taşında 0,43-67 µm, 60M5 taşında 49-89 µm ve 60Q5 taşında 0,65-1,06 µm arasında değiştiği görülmüştür. Kesme derinliğinin 0,01mm’den 0,06 mm’ye artırılmasıyla ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinde yaklaşık %44-81 oranında artış olmuştur. I ve M

sertliğindeki taşlarla, 0,01 mm, 0,02 mm ve 0,03 mm kesme derinliklerinde AISI 1050 malzemesinde yapılan taşlama işlemlerinde elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinde fazla bir fark görülememiştir. Ancak AISI 4140 malzemesinin sertliğinin AISI 1050 malzemesinden fazla olması yüzey pürüzlülük değerlerini önemli derecede etkilemiştir. AISI 4140 malzemesi M sertliğindeki taşla yapılan taşlama işleminde yüzey pürüzlülük değerlerinin I sertliğindeki taşla elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerine oranla daha fazla (%32) olduğu gözlenmiştir. Aynı derinliklerde Q sertliğindeki taşla yapılan taşlama işleminde elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri, diğer yumuşak taşlarla elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerine nazaran %58 fazla oluşmuştur. Kesme derinliğinin artırılmasıyla M sertliğindeki taşla yapılan taşlama işleminde yüzey pürüzlülük değerleri I sertliğindeki taşla yapıla taşlama işleminde elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerine göre daha fazla bir artış göstermiştir. AISI 1050 malzemesinin taşlanması işleminde AISI 4140 malzemesinde görülen etkilenmelere benzer davranış sergilediği görülmüştür. Literatürde (21,22) taşlama işleminde aşındırıcı tanelere gelen kuvvetlerin belirli bir sınırı aşması aşındırıcı taneler bağlantı malzemelerindeki gözeneklerden kırılarak kopacakları ifade edilmiştir. Buna bağlı olarak kopan aşındırıcı tanelerin yerine, yeni, keskin ağızlı taneler ortaya çıkarak kesme işleminin devamını sağlayacağı belirtilmektedir. Ancak sert taşlarla yapılan taşlama işlemlerinde, körelen tanelerin kedilerini yenileyebilmesi zor olduğunda yukarıda belirtilen işlem zamanı uzayarak ve buna bağlı olarak yüzey pürüzlülüğünün artacağı düşünülmektedir.

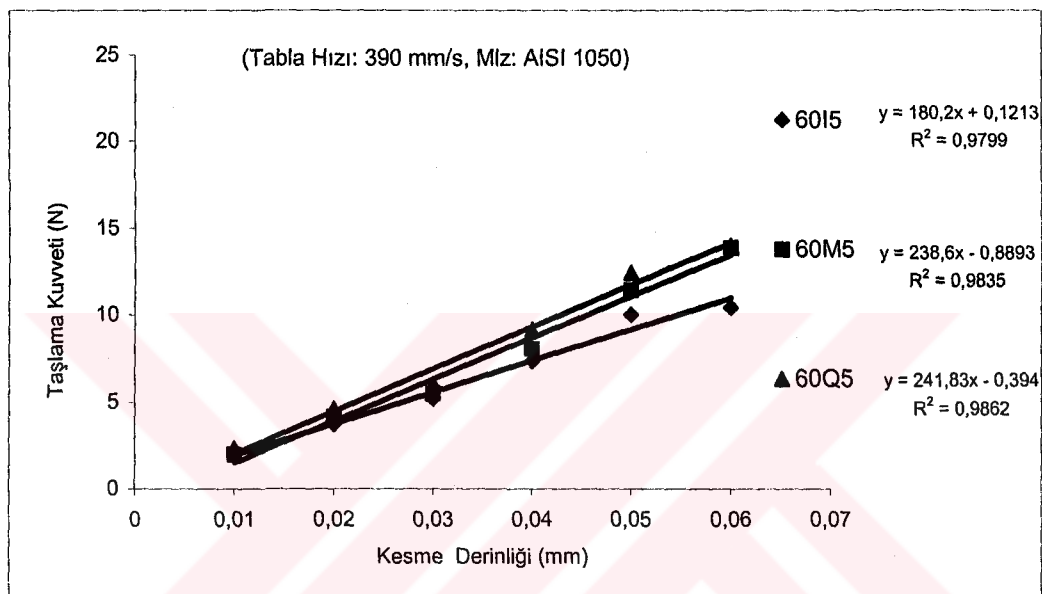


Şekil 5.18. Farklı taş sertliğine göre kesme derinliği ile ortalama yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişki (tabla hızı: 460 mm/s, malzeme AISI 4140)

5.1.11. AISI 1050 malzemesinde taş sertliği –taşlama kuvveti ilişkisi

0,01-0,06 mm kesme derinliklerinde, taş sertliğinin taşlama kuvvetlerine etkileri Şekil 5.19’da verilmiştir. Taşlama kuvvetleri; 60I5 taşında 1,97-10,4 N, 60M5 taşında 1,99-13,82 N ve 60Q5 taşında 2,34-13,97 N arasında kesme derinliklerine bağlı olarak değerler almıştır. Taş sertliklerinin yüzey pürüzlülüğüne etkilerinin incelenmesinde kullanılan taşlama parametreleri, taşlama kuvvetlerinin incelenmesinde de aynen kullanılmış ve taş sertliklerinin taşlama kuvvetleri üzerindeki etkilerinin yaklaşık olarak yüzey pürüzlülüğüne benzer davranış gösterdiği görülmüştür. Aynı şartlarda ve değişik taş sertliklerinde yapılan taşlama işleminde kesme derinliğinin artmasıyla taşlama kuvvetlerinin 5,2-6,9 kat arttığı görülmüştür. Taş sertliklerin taşlama kuvvetlerine etkisi düşük kesme derinliklerinde (0,01 mm, 0,02 mm) fazla bir farklılık göstermemiştir. Kesme derinliğinin artması sert taşlarda %32 daha büyük taşlama kuvvetlerinin oluşmasına sebep olmuştur. Daha önce de bahsedildiği gibi sert taşlarda taş tanelerinin taşlama diskinden kopmayarak yumuşak taşlara göre daha çok köreldikleri bilinmektedir. Taşların sertliklerine bağlı olarak oluşan bu körlenmelerin tezgah tabla hızının artmasıyla, taşların sertlikleri ile orantılı olarak taşlama kuvvetlerinin de önemli oranlarda

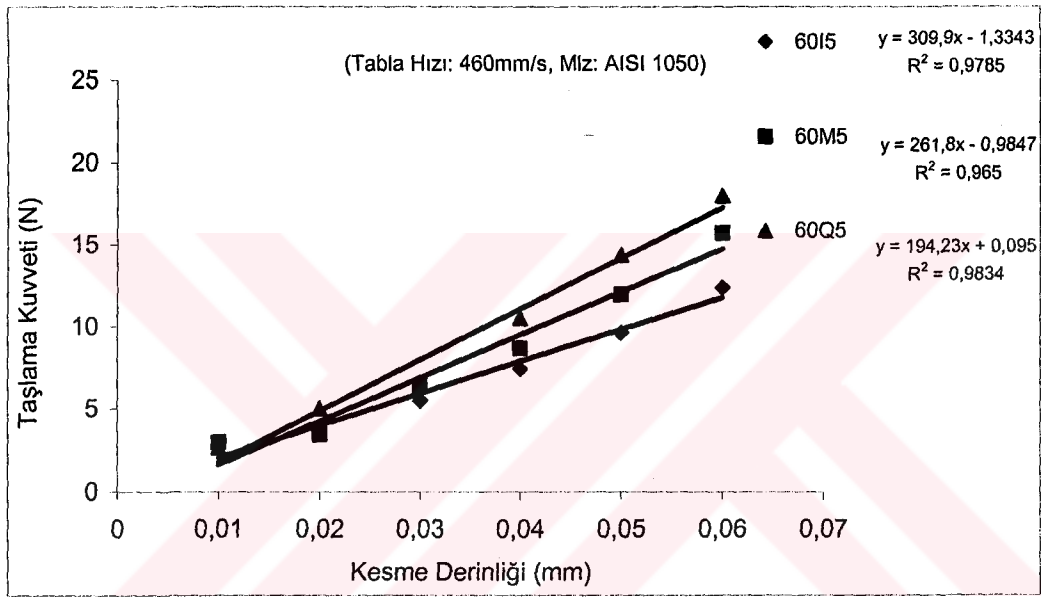
artmasına neden olduğu düşünülmektedir (Şekil 5.19- Şekil 5.21). Tabla hızı 390 mm/s ve kesme derinlikleri 0,01 mm, 0,02 mm ve 0,03 mm'de taşlama kuvvetleri, taş sertliğinin artmasıyla belirgin bir değişiklik göstermemiştir. Ancak kesme derinliği 0,04 mm ve daha fazla olan taşlama işlemlerinde, taşlama kuvvetleri, taş sertliği ile doğru orantılı olarak farklılıklar göstermiştir (Şekil 5.19).



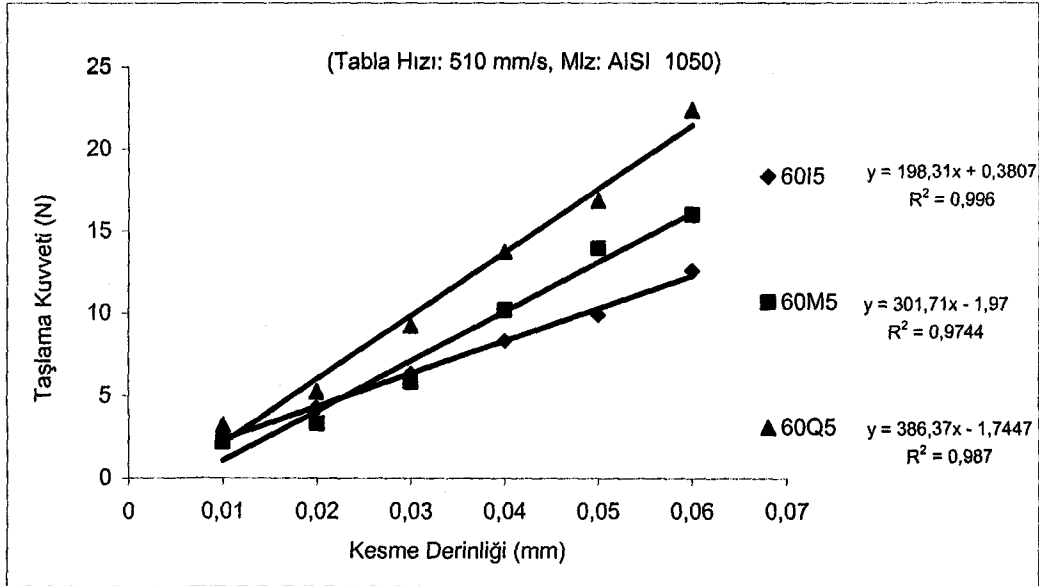
Şekil 5.19. Farklı taş sertliğine göre kesme derinliği ile taşlama kuvveti arasındaki ilişki (tabla hızı: 390 mm/s, malzeme AISI 1050)

Tabla hızı 460 mm/s de, taş sertliğinin artmasıyla taşlama kuvvetlerinde de belirgin bir değişiklik oluşmaya başlamış, kesme derinliğinin artmasıyla I sertliğindeki taşta oluşan taşlama kuvvetine göre M sertliğinde %27 ve Q sertliğinde %45 taşlama kuvveti daha fazla oluşmuştur (Şekil 5.20). Tabla hızının daha da artırılmasıyla; 0,01-0,06 mm kesme derinliklerinde, taş sertliğinin taşlama kuvvetlerine etkileri Şekil 5.21'de verilmiştir. Taşlama kuvvetleri, 60I5 taşında 2,52-12,6 N, 60M5 taşında 2,18-16,03 N ve 60Q5 taşında 3,2-22,36 N arasında kesme derinliklerine bağlı olarak değerler almıştır. (510 mm/s), birim zamanda taş tanelerine gelen talaş hacmi de arttığından 0,02 mm kesme derinliklerinde bile taş sertliklerine göre taşlama kuvvetlerinde bir miktar artışlar görülmüştür (Şekil 5.21). Kesme derinliği artırıldıkça, taşlama kuvvetleri, taş sertliğine göre ayırt edilebilecek miktarlarda (I sertliğindeki taşta oluşan taşlama kuvvetine göre M sertliğinde %27 ve Q

sertliğinde %77 taşlama kuvveti daha fazla oluşmuştur) artarak farklılıklar sergilenmiştir. Literatürde, taşlama işleminde, taneye etki eden kuvvetlerin, bir miktar kullanılmış taşlarda, yeni bilenmiş taşlara oranla yaklaşık iki kat kuvvetlerin oluştuğu belirtilmektedir (21). Tabla hızının atmasıyla taş tanelerinin körelmesi daha hızlı olmakta ve sert tanelerdeki körlenmelerden dolayı sert taşlardaki taşlama kuvvetlerinin daha fazla artacağı düşünülmektedir.



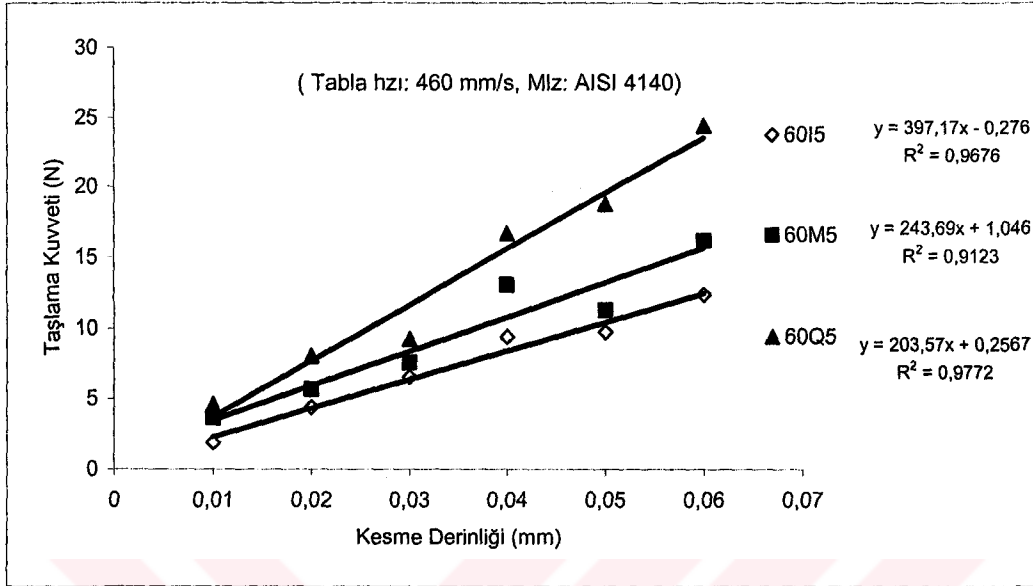
Şekil 5.20. Farklı taş sertliğine göre kesme derinliği ile taşlama kuvveti arasındaki ilişki (tabla hızı: 460 mm/s, malzeme AISI 1050)



Şekil 5.21. Farklı taş sertliğine göre kesme derinliği ile taşlama kuvveti arasındaki ilişki (tabla hızı: 510 mm/s, malzeme AISI 1050)

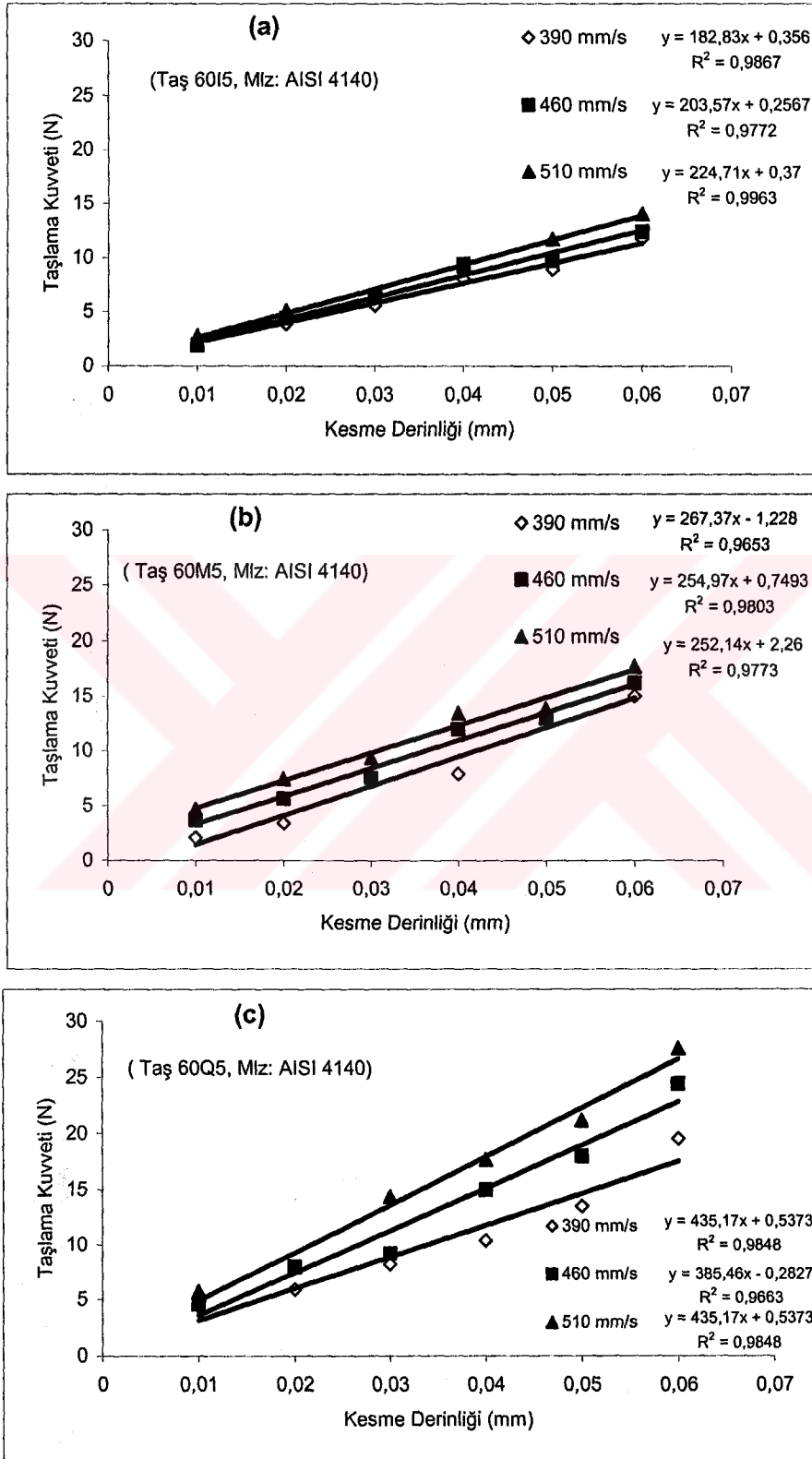
5.1.12. AISI 4140 malzemesinde taş sertliği –taşlama kuvveti ilişkisi

Taş sertlikleri I, M ve Q olan taşlarla 0,01 – 0,06 mm kesme derinliklerinde yapılan taşlama işlemleri sonucu elde edilen taşlama kuvvetleri Şekil 5.22’de görülmektedir. Taşlama kuvvetleri; 60I5 taşında 2,88-12,6 N, 60M5 taşında 3,66-16,2 N ve 60Q5 taşında 4,58-24,4 N arasında kesme derinliklerine bağlı olarak değerler almıştır. 0,01 mm kesme derinliklerinde yapılan taşlama işlemlerinde taşlama parametrelerine göre taşlama kuvvetlerinde fazla bir fark olmadığı görülmüştür. Bu durum, 0,01 mm kesme derinliğinde talaşın çok az miktarda iş parçasına nüfuz etmemesi ve dolayısı ile talaşın çok az olması ile açıklanabilir. Yapılan taşlama işlemlerinde kesme derinliğinin artmasıyla (0,02 -0,06 mm), I sertliğindeki taşa oluşan taşlama kuvvetine oranla M sertliğinde ortalama %31 ve Q sertliğinde ortalama %95 taşlama kuvveti daha fazla oluşmuştur. I, M ve Q sertliklerindeki taşlarla yapılan taşlama işlemlerinde oluşan taşlama kuvvetleri, taş sertliği ile doğru orantılı olarak artmıştır. Sert taşları temsilen seçilen 60Q5 taşı ile elde edilen taşlama kuvvetlerinin fazla oluşmasının nedeni daha önce AISI 1050 malzemesinde ayrıntılı olarak açıklandığı gibi, sert taşlarda körlenen taş tanelerinin taşlama diskinden kopmayıp, yeni keskin taş tanelerinin oluşmaması olarak yorumlanmıştır.



Şekil 5.22. Farklı taş sertliğine göre kesme derinliği ile taşlama kuvveti arasındaki ilişki (tabla hızı: 460 mm/s, malzeme AISI 4140)

Taş sertlikleri I, M ve Q olan taşlarla değişik kesme derinliklerinde yapılan taşlama işlemlerinde, tabla hızının taşlama kuvvetlerine etkileri Şekil 5.23a, Şekil 5.23b ve Şekil 5.23c'de verilmektedir. Şekil 5.23a'da I sertliğindeki taşla, 390 mm/s, 460 mm/s ve 510 mm/s tabla hızlarında yapılan taşlama işlemlerinde taşlama kuvvetlerinin, kesme derinliği ile doğru orantılı olarak arttığı görülmektedir. Şekil 5.23b'de ise M sertliğindeki taşla, 390 mm/s, 460 mm/s ve 510 mm/s tabla hızlarında yapılan taşlama işlemlerinde oluşan taşlama kuvvetlerinin kesme derinliği ile benzer eğilimler görülmektedir. Şekil 5.23c'de Q sertliğindeki taşla, 390 mm/s, 460 mm/s ve 510 mm/s tabla hızlarında yapılan taşlama işlemlerinde oluşan taşlama kuvvetlerinin kesme derinliği arttıkça arttığını göstermektedir. Tezgah tabla hızının 460 mm/s ve 510 mm/s'ye çıkarılması, birim zamanda kaldırılan talaş miktarını artırmış ve bu nedenle taşlama kuvvetleri arasındaki fark da (yaklaşık %30-%40) artmıştır. Ayrıca, Şekil 5.23a, Şekil 5.23b ve Şekil 5.23c karşılaştırıldığında taş sertliğinin artmasıyla taşlama kuvvetlerinin de arttığı görülmektedir.



Şekil 5.23. Farklı tabla hızlarında ve taş sertliklerinde kesme derinliği ile taşlama kuvveti arasındaki ilişki (malzeme AISI 4140)

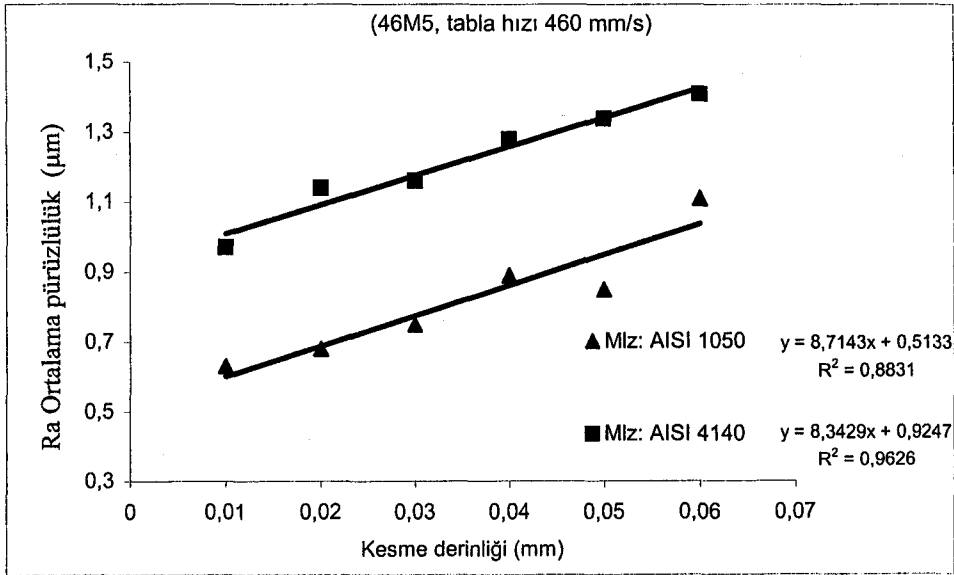
Tabla hızının artmasıyla, taşlama kuvvetlerindeki farklılaşmanın 60Q5 taşında daha fazla olduğu görülmüştür. Bunun sert taşlarda taş tanelerinin kendi kendilerini bilemesinin zor olmasından kaynaklandığı söylenebilir.

5.2. Farklı Malzemeler Üzerinde Taşlama Parametrelerinin Etkilerinin Değerlendirilmesi

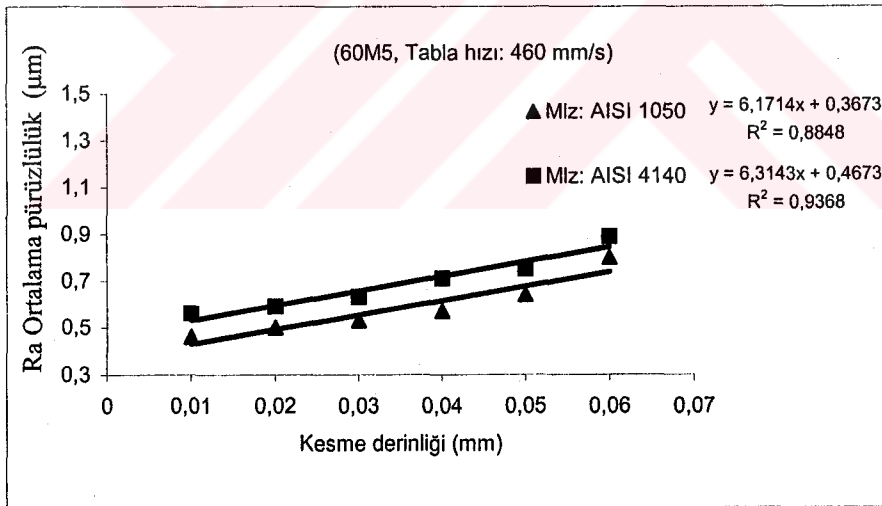
Taşlamanın temel amacı taşlanan iş parçasının istenilen boyut hassasiyeti ve yüzey kalitesinde üretilmesini sağlamaktır. Taşlanacak olan makina parçaları kullanıldıkları yerlere göre, çeşitli mekanik ve fiziksel özelliklere sahip malzemelerden seçilmektedirler. Malzemelerin bu özellikleri taşlama işlemini olumlu veya olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle, yapılan çalışmada sanayide makina imalatında yaygın kullanılan ve sertleştirilerek taşlama işlemine tabi tutulan çeşitli sertliklerde alaşımsız makine yapım çeliği (AISI 1050, 50 HRc) ve alaşımlı makina yapım çeliği (AISI 4140 55 HRc) malzemeleri, farklı taş tane büyüklüklerinde taşlanarak bu malzemelerin yüzey pürüzlülüğüne ve taşlama kuvvetlerine etkileri incelenmiştir.

5.2.1. Taş tane boyutunun farklı malzemelerde yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi

AISI 1050 ve AISI 4140 malzemeleri; 0,01-0,06 mm kesme derinliklerinde, 46M5 taşı ile taşlanması sonucu elde edilen ortalama yüzey pürüzlülüğünün (Ra) değişimi Şekil 5.24'de görülmektedir. Kesme derinliğinin değişmesiyle ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinin; AISI 1050 malzemesinde 0,63-1,11 μm , AISI 4140 malzemesinde 0,97-1,41 μm arasında değiştiği görülmüştür. Kaba bir tane boyutuna sahip olan 46M5 taşı ile yapılan taşlamalarda; alaşımlı makina yapım çeliği (AISI 4140) ile alaşımsız makina yapım çeliğinde (AISI 1050) oluşan yüzey pürüzlülük değerleri bütün kesme derinliklerinde büyük farklılıklar (%30-50) göstermiştir (Şekil 5.24). Orta tane boyutlu 60M5 taş ile yapılan taşlamalarda; AISI 4140 malzemesinin yüzey pürüzlülük değerleri bütün kesme derinliklerinde önemli derecede iyileşerek AISI 1050 malzemesinde oluşan yüzey pürüzlülük değerlerine (%10-15) yaklaşmıştır (Şekil 5.25).



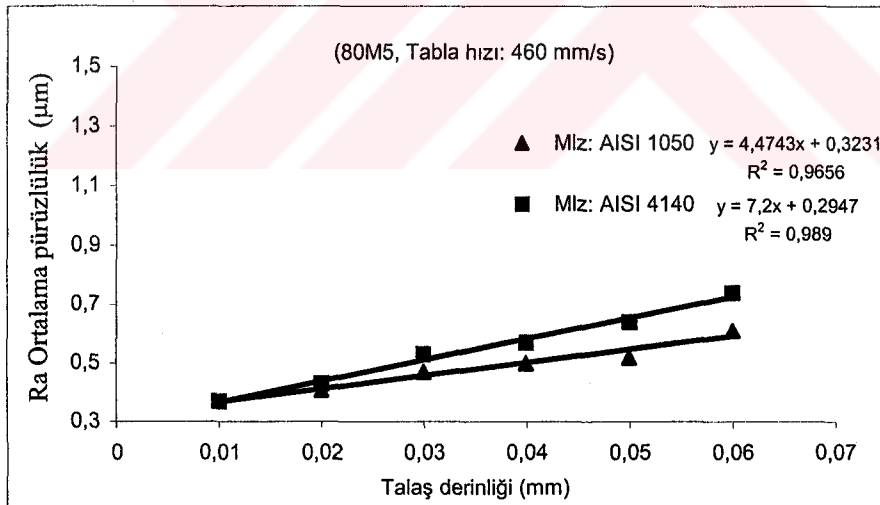
Şekil 5.24. Kaba taneli taşa (46M5) değişik kesme derinliklerinde, iş malzemesi ve ortalama yüzey pürüzlülüğü ilişkisi



Şekil 5.25. Orta taneli taşa (60M5) değişik kesme derinliklerinde, iş malzemesi ve ortalama yüzey pürüzlülüğü ilişkisi

Şekil 5.24 ve 25'de görüldüğü gibi taş tane boyutunun küçülmesinden sonra yüzey pürüzlülük değerleri azalmış aynı zamanda her iki malzemede oluşan yüzey pürüzlülük değerleri bir birine önemli oranlarda yaklaşmıştır. Taş tane boyutunun daha da küçülmesiyle (80M5) düşük kesme derinliklerinde her iki malzemedeki yüzey pürüzlülük değerleri yaklaşık olarak aynı seviyelerde elde edilmiş olmakla

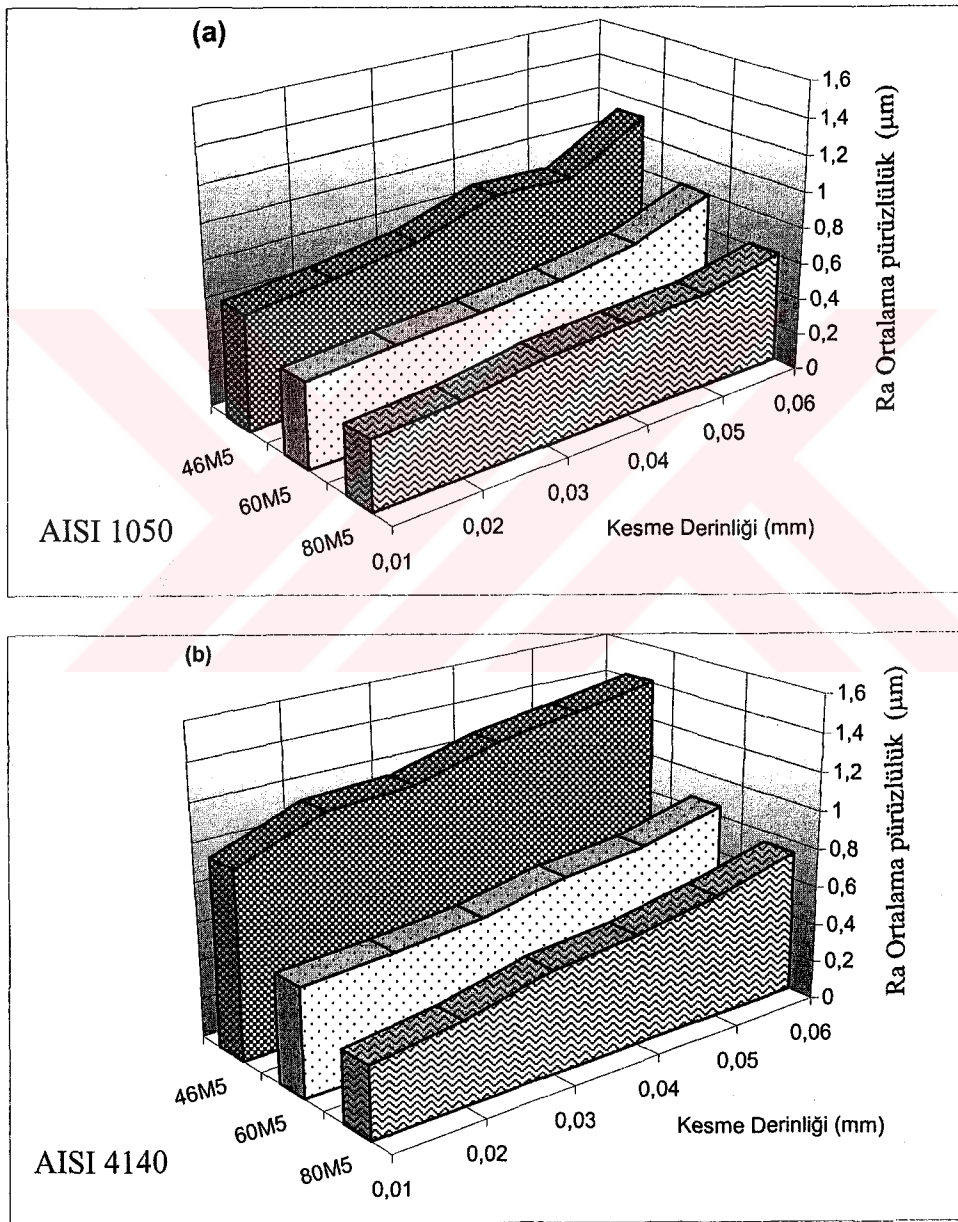
beraber (Şekil 5.26) kesme derinliğinin artmasıyla AISI 4140 malzemesinin yüzey pürüzlülük değerleri AISI 1050 malzemesin göre %14 yüksek olmuştur. Bu durum AISI 4140 malzemesinin içerisindeki alaşım elementlerinin taşlanabilirliğe etkisi ile ilgilidir. AISI 4140 çeliğinin taşlanması bu malzemenin kimyasal bileşiminde mikro alaşım elementlerinin bulunması taşlama kuvvetlerinin daha yüksek oluşmasının sebebi olarak gösterilebilir. Çünkü bu mikro alaşım elementleri, ana fazda ince dağılımlı düzensiz, gevrek ve kırılgan karbür, nitrür veya karbo-nitrürler oluşumlarına sebep olmaktadır (81,82). Böylece taşlama sırasında talaş kaldıran taş taneleri tokluğu yüksek bir faza gelince daha fazla kuvvete ihtiyaç duyar. Yapı içerisinde (tane içerisinde ve tane sınırlarında) düzensiz olarak dağılan sert, kırılgan karbür ve nitrürlere geldiğinde ise, taş taneleri yeterli kuvvete sahipse bu parçacıkları çok şekilli olarak kırıp, düzgün bir yüzey oluşumuna veya matrix içerisindeki bu parçacıkları taş taneleri önünden iterek bu bölgede ince yarıkların oluşmasına sebep olduğu düşünülmektedir.



Şekil 5.26. İnce taneli taşla (80M5), değişik kesme derinliklerinde, iş malzemesi ve ortalama yüzey pürüzlülüğü ilişkisi

46, 60 ve 80 taneli taşlarla, AISI 1050 ve AISI 4140 malzemeleri, değişik kesme derinliklerinde yapılan taşlama işlemi sonucu oluşan yüzey pürüzlülük değerleri Şekil 5.27a ve Şekil 5.27b'de üç boyutlu olarak verilmektedir. Her iki malzemede de kesme derinliğinin artması ve taş tane boyutunun büyümesiyle oluşan yüzey pürüzlülük değerleri artmıştır. Ancak, AISI 4140 malzemesindeki alaşım

elementlerinin etkisiyle taşlama işleminde kesme derinliğinin artması ile AISI 4140 malzemesinde oluşan yüzey pürüzlülük değerleri AISI 1050 malzemesinde oluşan yüzey pürüzlülük değerlerine oranla daha fazla artmıştır. AISI 1050 ve AISI 4140 malzemelerinde oluşan yüzey pürüzlülük değerleri üzerinde kesme derinliğine oranla taş tane boyutu etkisinin daha fazla olduğu görülmüştür.



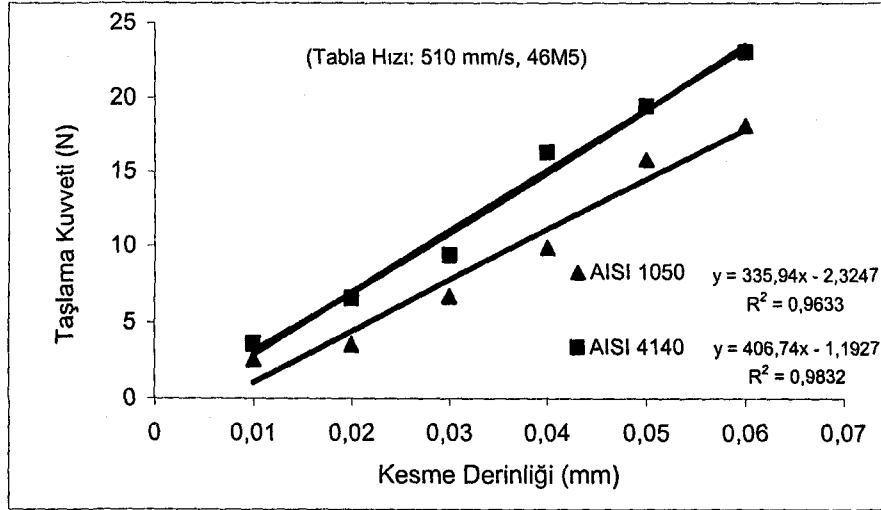
Şekil 5.27. Değişik kesme derinliklerinde, ttb-Ra ve malzeme cinsi ilişkisi
a) AISI 1050 b) AISI 4140, (tabla hızı: 460 mm/s)

5.2.2. Taş tane boyutunun, farklı malzemelerde taşlama kuvveti üzerine etkisi

Yapılan çalışmalar sonucunda aynı şartlarda farklı malzemelerin taşlanmasıyla oluşan taşlama kuvvetleri ve yüzey pürüzlülük değerlerinin, düşük kesme derinliklerinde ve düşük tabla hızlarında, yapılan taşlamalarda taşlama disklerinin özelliklerine göre fazla bir fark göstermedikleri tespit edilmiştir. Bu nedenle iş malzemelerinin taşlama kuvvetleri üzerindeki etkilerini daha belirgin bir şekilde görebilmek için tabla hızı en yüksek değerde (510 mm/s) tutularak taşlama işlemleri yapılmıştır.

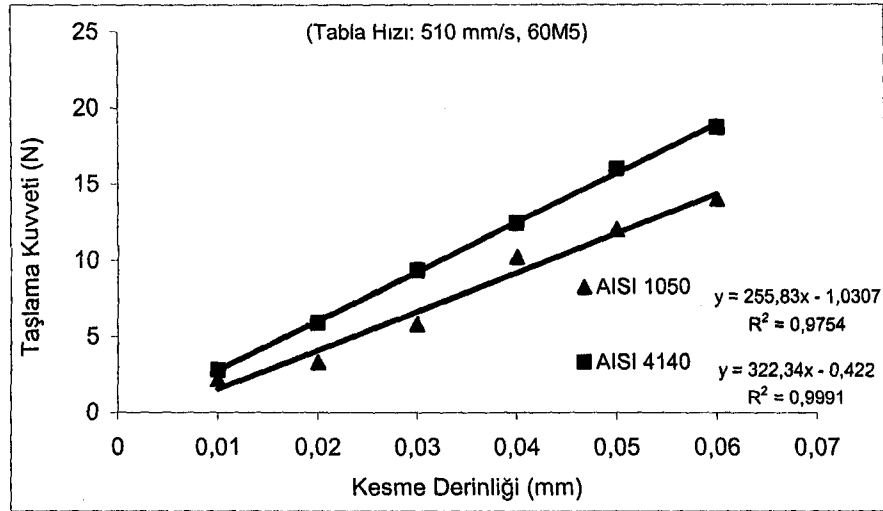
AISI 1050 ve AISI 4140 malzemeleri; 0,01-0,06 mm kesme derinliklerinde, 46M5 taşı ile taşlanması sonucu elde edilen taşlama kuvvetleri değişimi Şekil 5.28'de görülmektedir. Kesme derinliğinin değişmesiyle taşlama kuvveti değerlerinin; AISI 1050 malzemesinde 2,57-18,1 N, AISI 4140 malzemesinde 3,6-23 N arasında değiştiği görülmüştür.

46M5 taşı ile yapılan taşlamalarda, alaşımlı makina yapım çeliğinde (AISI 4140) oluşan taşlama kuvvetleri alaşımsız makina yapım çeliğinde (AISI 1050) oluşan taşlama kuvvetlerine nazaran %22-27 daha fazla olmuştur (Şekil 5.28). Oluşan taşlama kuvvetleri kesme derinliğinin artmasıyla her iki malzemedede de doğru orantılı olarak artmıştır.



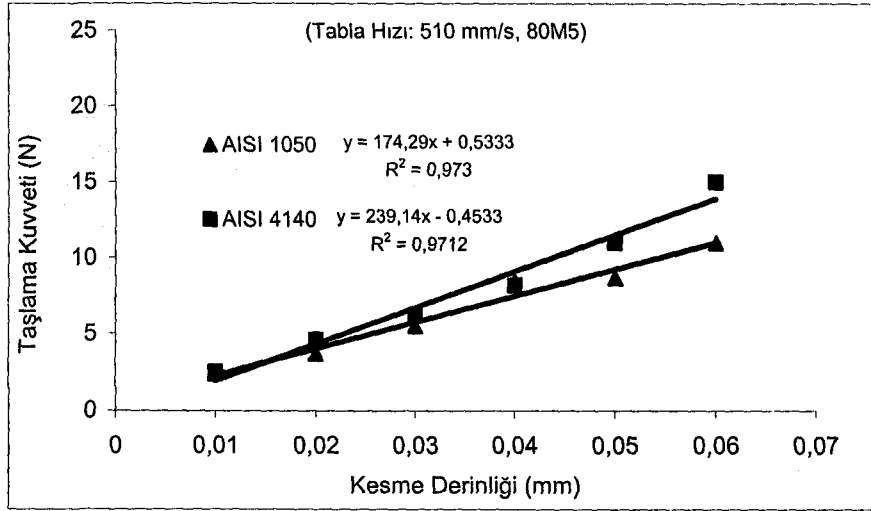
Şekil 5.28. Kaba taneli taşta, değişik iş malzemelerinde kesme derinliği ve taşlama kuvveti arasındaki ilişki (tabla hızı 510 mm/s)

AISI 1050 ve AISI 4140 malzemeleri; 0,01-0,06 mm kesme derinliklerinde, 60M5 taşı ile taşlanması sonucu elde edilen taşlama kuvvetleri değişimi Şekil 5.29’de görülmektedir. Kesme derinliğinin değişmesiyle taşlama kuvveti değerlerinin; AISI 1050 malzemesinde 2,18-14 N, AISI 4140 malzemesinde 2,8-18,7 N arasında değiştiği görülmüştür. 46M5 taşı ile aynı şartlarda taşlanan her iki malzeme de kullanılan taşın tane boyutu küçültüldüğünde (60M5) taşlama kuvvetleri, 46M5 taşı ile taşlama işleminde oluşan taşlama kuvvetlerine oranla önemli miktarlarda azalmıştır. Her iki malzeme de oluşan taşlama kuvvetleri kesme derinliklerinin artmasıyla doğru orantılı olarak artmış ve 46M5 taşında oluşan taşlama kuvvetlerine nazaran yüzey pürüzlülüğünde olduğu gibi doğrusala yakın bir artış eğilimi görülmüştür.



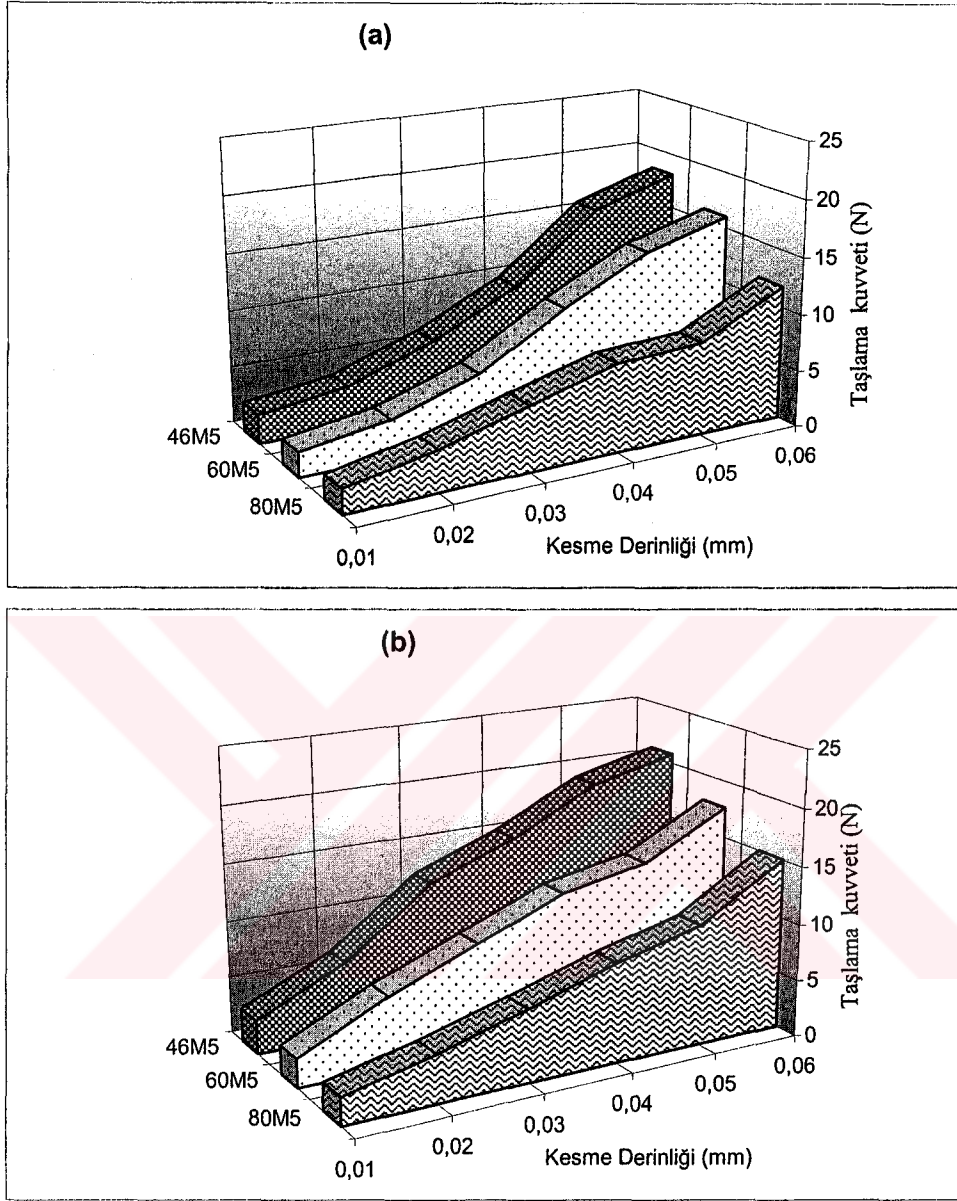
Şekil 5.29. Orta taneli taşta (60M5), değişik iş malzemelerinde, kesme derinliği ve taşlama kuvveti arasındaki ilişki (tabla hızı 510 mm/s)

AISI 1050 ve AISI 4140 malzemeleri; 0,01-0,06 mm kesme derinliklerinde, 80M5 taşı ile taşlanması sonucu elde edilen taşlama kuvvetleri değişimi Şekil 5.30'da görülmektedir. Kesme derinliğinin değişmesiyle taşlama kuvveti değerlerinin; AISI 1050 malzemesinde 2,4-11 N, AISI 4140 malzemesinde 2,5-15 N arasında değiştiği görülmüştür. Daha küçük taneli 80M5 taşı ile yapılan taşlamalarda, kesme işlemini yapan taş tanecik sayısı arttığı için taş tanelerinin boyutları diğer kullanılan (46M5 ve 60M5) taşların tanelerinin boyutlarından küçük olduğu için her bir taneye daha az talaş gelmiş ve dolayısıyla talaş kaldırma işlemi kolaylaşmıştır. 0,01 mm, 0,02 mm ve 0,03 mm kesme derinliklerinde AISI 4140 çelikte oluşan taşlama kuvvetlerinde düşme görülmüş ve diğer malzeme ile aralarındaki fark da azalmıştır. Kesme derinliklerinin artmasıyla her iki malzemede oluşan taşlama kuvvetleri diğer taşlarda oluşan taşlama kuvvetleri gibi %25-30 oranında farklılaşmıştır (Şekil 5.30). Malzemelerin kimyasal ve fiziksel özelliklerinden dolayı büyük taneli taşlarda taşlama kuvvetlerinde önemli farklılıklar oluşurken taş tanelerinin küçülmesiyle bu farklılıkların azaldığı görülmüştür.



Şekil 5.30. İnce taneli taşta (80M5), değişik iş malzemelerinde, kesme derinliği ve taşlama kuvveti arasındaki ilişki (tabla hızı 510 mm/s)

46, 60 ve 80 taneli taşlarla, AISI 1050 ve AISI 4140 malzemeleri, değişik kesme derinliklerinde yapılan taşlama işlemi sonucu oluşan taşlama kuvvetleri Şekil 5.31a ve Şekil 5.31b'de üç boyutlu olarak verilmektedir. Her iki malzemedede de, kesme derinliğinin artması ve taş tane boyutunun büyümesiyle oluşan taşlama kuvvetleri artmıştır. Ancak, daha önce de nedenleri açıklandığı gibi, AISI 4140 malzemesinin ihtiva ettiği alaşım elementlerinin etkisiyle taşlama işleminde kesme derinliğinin artması ile AISI 4140 malzemesinde oluşan taşlama kuvvetleri AISI 1050 malzemesinde oluşan taşlama kuvvetlerine oranla artmıştır. Taş tane sayısının azalması (tanelerin boyutunun büyümesi) AISI 4140 malzemesinin taşlanması zorlaştırarak taşlama kuvvetlerinin daha fazla artmasına neden olmuştur.



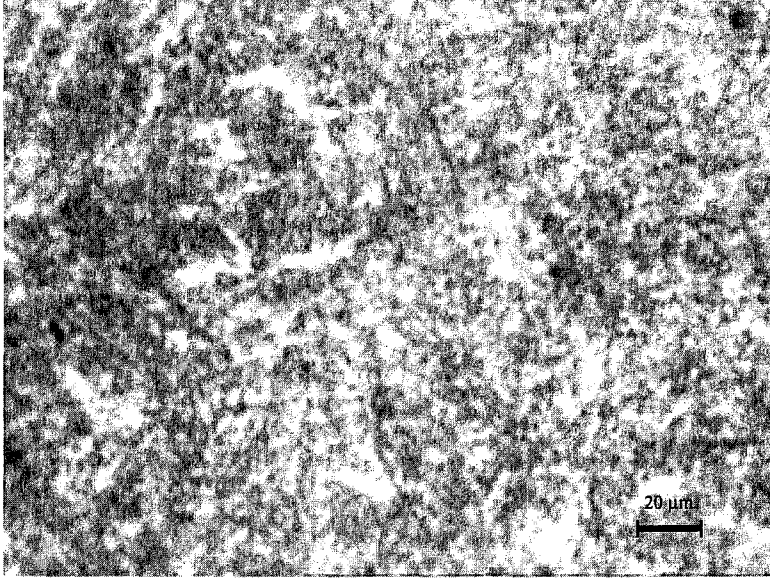
Şekil 5.31. Değişik kesme derinliklerinde, ttb-taşlama kuvveti ve malzeme cinsi ilişkisi a) AISI 1050 malzemesi, b) AISI 4140 malzemesi, (tabla hızı: 510 mm/s)

Sertleştirme işlemi sonrasında Resim 5.8a ve Resim 5.8b’da görüldüğü gibi AISI 1050 ve AISI 4140 çeliklerinin her ikisi de martenzitik bir mikro yapıya sahip olmuştur. Martenzit oldukça sert ve aşınmaya karşı dirençli bir yapıdır (81,82). Ancak Resim 5.7a ve Resim 5.7b incelendiğinde, her iki tip çelik de ayrı olarak serleştirme ve ısıtılma işlemine tabi tutulduklarından dolayı içerdikleri kimyasal alaşım elemanlarına bağlı olarak farklı morfolojiye sahip martenzit oluşumu

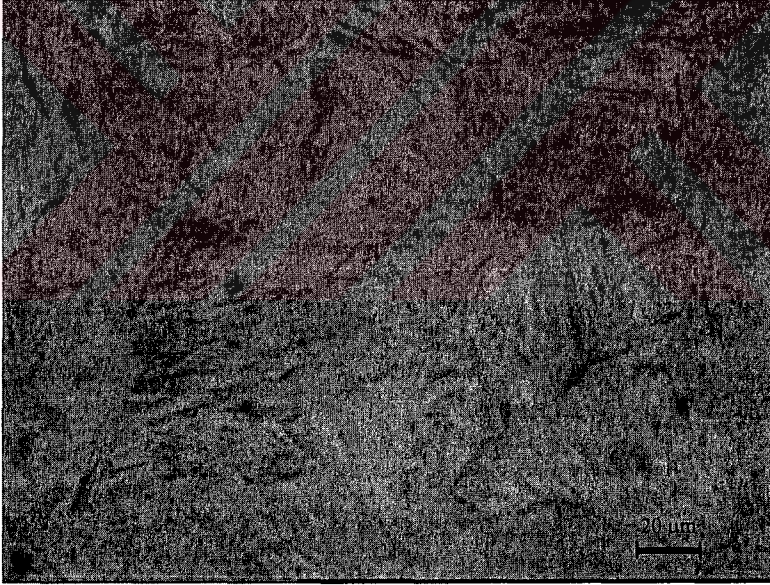
sergilemektedirler. AISI 4140 çeliğinin sahip olduğu martenzitin morfolojisi AISI 1050 çeliğine oranla daha iğnesel görünümlüdür. Bu da taşlama işlemi esnasında aynı mikro alaşım elemanlarının, malzemenin yapısında meydana getirdiği düzensiz sert, gevrek karbür, nitrür parçacıkları gibi etki göstererek taşlama işleminde oluşan yüzey kalitesinin düşmesine neden olabilir. Bilindiği gibi martenzitik oluşum çeliğin içerdiği kimyasal alaşım elemanlarından karbon ve mangana bağlı olarak ısıtılma işlemi sırasında yapının tamamen östenit fazında bulunduğu (Acm veya A3) çizgisinin üstündeki bir sıcaklıktan hızlı bir şekilde soğutulması neticesinde östenitik yapıdan ferrit fazında fazla miktarda bulunan karbon etkisiyle tetragonal ferrit kristolografik yapısının oluşumu ile gerçekleşmektedir (2). Ancak bu dönüşümün yeterli soğuma hızında oluşmaması sebebiyle, yapıda kalıntı östenit ve ötektoit öncesi ferrit fazının bulunması muhtemeldir. Bu da yapıda sert kırılmalı martenzit bir fazın yanında tok, sünek bir östenitik fazın bulunması sonucunu doğurur.

Taşlama işlemi esnasında sert ve kırılmalı iğnesel bir morfolojiye sahip martenzit fazı şekilsiz kırılırken yüzey kalitesinin düşmesinin nedeni olarak yorumlanabilir. Ayrıca yapı içerisindeki kalıntı östenit tanelerinin dağılımı taşlamaya karşı malzeme direncini artırarak taşlama kuvvetlerinin yükselmesinin nedeni olarak değerlendirilebilir.

Oluşan yüksek taşlama kuvvetlerinin etkisiyle taşlama diski üzerinde parçalanarak veya koparak ayrılan taş tanelerinin üç gövdeli bir aşınma mekanizması oluşturarak yüzey pürüzlülüğünü olumsuz olarak etkilediği düşünülmektedir.



a)



b)

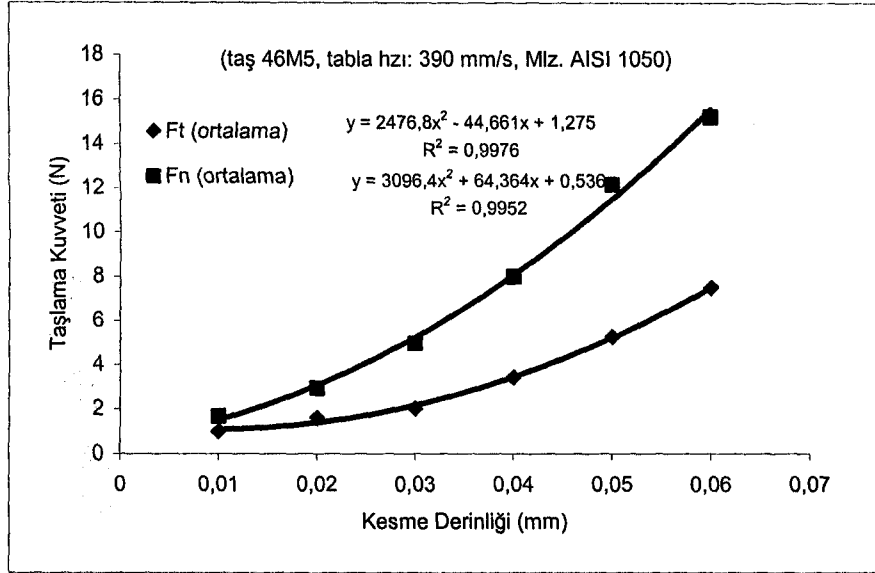
Resim 5.8. Malzemelerin mikro yapısı
a) AISI 1050, b) AISI 4140

5.3. Yatay Yönde (Ft) ve Dikey Yönde (Fn) Oluşan Taşlama Kuvvetleri Arasındaki İlişki

Takım tezgahlarında kesicilerle malzemelerden talaş kaldırma işlemi esnasında malzemelerin maruz kaldıkları kuvvetler nedeniyle konumlarını değiştirmeleri oldukça önemlidir. Taşlama işleminde iş parçasının tezgah tablasına doğrudan manyetik tabla vasıtasıyla veya bağlama kalıpları ile emniyetli bir şekilde bağlanabilmesi için, talaş kaldırma anında oluşan kesme kuvvetlerinin büyüklüğünün ve yönlerinin bilinmesi gerekmektedir.

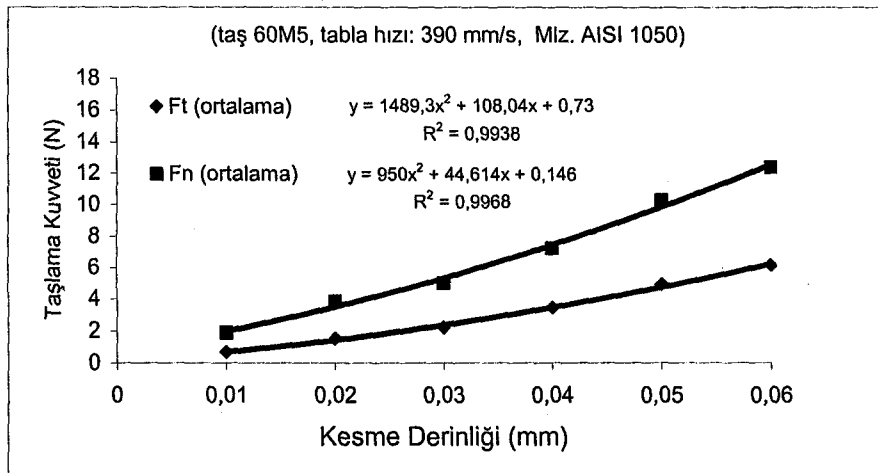
İş parçasının tezgaha bağlanması taşlama işleminde önemli safhalardan biri olup taşlama hatalarının çoğu, uygun ve yeterince rijit olmayan bağlama işleminden kaynaklanmaktadır. Taşlama kuvvetlerinin doğru olarak tespit edilmesi ve iş parçasının bağlanmasında buna göre önlem alınması, doğabilecek hataları ortadan kaldıracaktır. Bağlama kuvvetlerinin önceden belirlenmesi, bağlama tasarımı kalıbının otomasyonunda önemli bir yer tutmaktadır. Özellikle standard bağlama elamanlarının seçiminde, kesme kuvvetlerine bağlı olarak, bağlama kuvvetlerinin doğru tayin edilmesi büyük önem arz etmektedir (83). Bu sebeple düzlem taşlama tezgahında taşlama anında yatay yönde oluşan kuvvet (Ft) ve dikey yönde oluşan kuvvet (Fn) arasındaki ilişkisi incelediğinde, dikey yönde oluşan kuvvetin, yatay yönde oluşan kuvvete nazaran daha büyük olduğu tespit edilmiştir (Şekil 5.32, 33 ve 34). Diğer işleme yöntemlerinin aksine, taşlama kuvvetinin (Fn) esas kesme kuvvetinden (Ft) daha büyük olduğu çeşitli çalışmalarda belirtilmiş ve Fn'nin 1,3~1,45 Ft olduğu deneysel çalışmalarla tespit edilmiştir. Yapılan bir başka çalışmada Fn'nin Ft'de büyük olduğu grafiklerle gösterilmiştir (25). Yapılan bu çalışmanın tümünde yatay ve dikey kuvvetler ölçülmüş, fakat örnek olarak farklı tane boyutlarına sahip üç ayrı taşla yapılan taşlama işleminde oluşan yatay ve dikey kuvvet ilişkisi grafik olarak verilmiştir.

Fn yaklaşık olarak 2~2,2 Ft şeklinde gerçekleşmiştir.



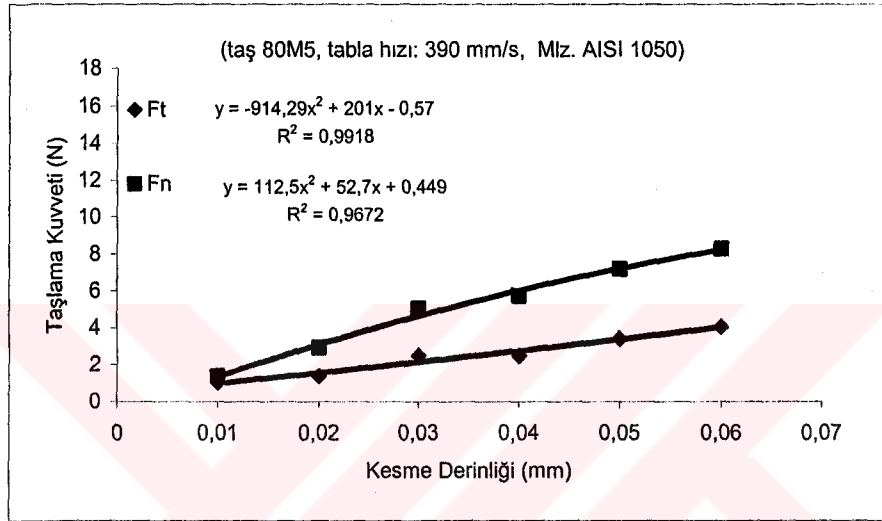
Şekil 5.32. Kaba taneli taşta (46M5) Ft ve Fn arasındaki ilişki
 (tabla hızı 390 mm/s, malzeme AISI 1050)

60M5 taşı ile yapılan taşlama işlemlerinde oluşan taşlama kuvvetleri karşılaştırıldığında yatay ve dikey kuvvetler arasındaki oranın daha tutarlı olduğu taşlama derinlikleri ile fazla değişmediği görülmüştür (Şekil 5.33). Bu oranın daha kararlı olması, 60M5 taşı ile yapılan taşlamada oluşan taşlama kuvvetlerinin, 46M5 taşı ile yapılanlarda oluşan taşlama kuvvetlerine göre daha az olmasından ve kesmenin daha rahat olmasından kaynakladığı düşünülmektedir.



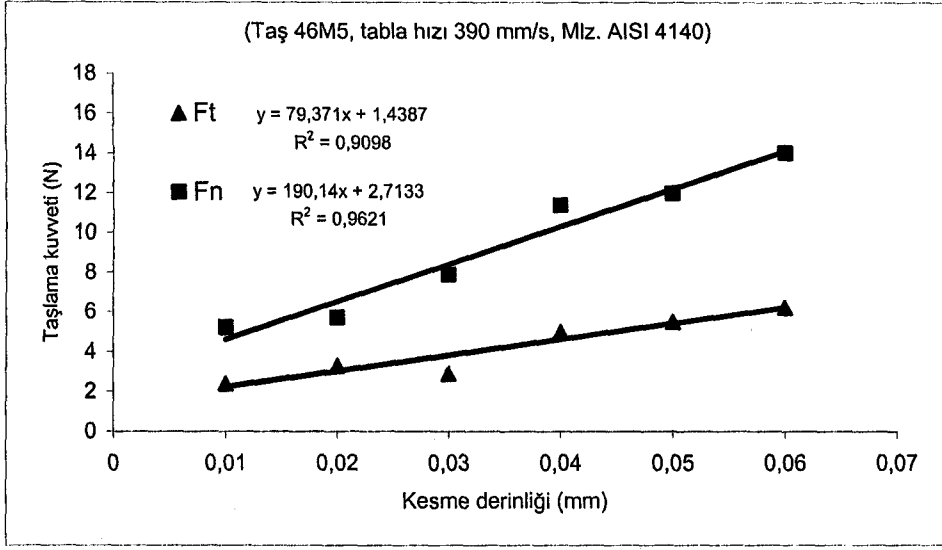
Şekil 5.33. Orta taneli taşta (60M5) Ft ve Fn arasındaki ilişki
 (tabla hızı 390 mm/s, malzeme AISI 1050)

80M5 taşı ile yapılan taşlama işlemlerinde oluşan taşlama kuvvetleri karşılaştırıldığından yatay ve dikey yönde oluşan kuvvetler arasındaki oranın 60M5 taşı ile yapılanlarda oluşan taşlama kuvvetlerine benzer olduğu, Şekil 5.34'de görülmektedir.

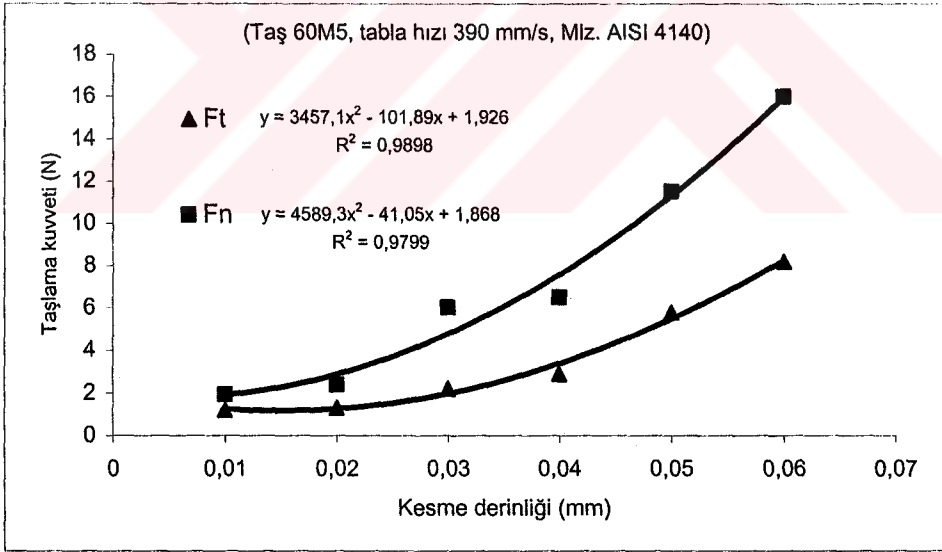


Şekil 5.34. İnce taneli taşta (80M5) Ft ve Fn arasındaki ilişki (tabla hızı 390 mm/s, malzeme AISI 1050)

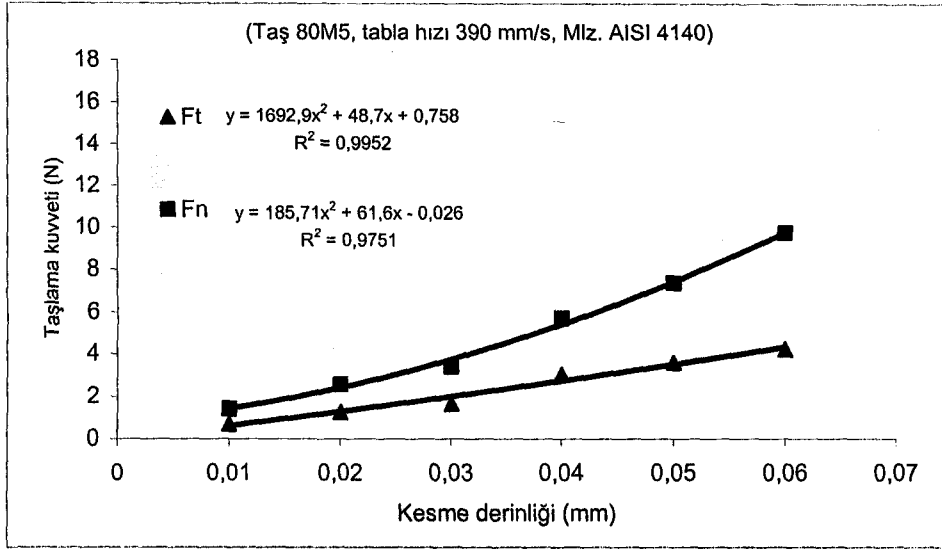
46M5, 60M5 ve 80M5 taşları ile AISI 4140 malzemesinin taşlama işlemlerinde oluşan yatay ve dikey taşlama kuvvetleri Şekil 5.35, Şekil 5.36 ve Şekil 5.37 verilmiştir. AISI 4140 malzemesinde oluşan taşlama kuvvetleri ile AISI 1050 malzemesinde oluşan taşlama kuvvetleri karşılaştırıldığında, yatay ve dikey kuvvetler arasındaki oranın yaklaşık aynı olduğu görülmüştür. Bu sonuca göre taşlanan malzemelerin cinsine göre taşlama kuvvetleri değişse de, taşlama sırasında oluşan yatay ve dikey kuvvetleri arasındaki oranın fazla değişmediği söylenebilir.



Şekil 5.35. Kaba taneli taşta (46M5) Ft ve Fn arasındaki ilişki
 (tabla hızı 390 mm/s, malzeme AISI 4140)



Şekil 5.36. Orta taneli taşta (60M5) Ft ve Fn arasındaki ilişki
 (tabla hızı 390 mm/s, malzeme AISI 4140)



Şekil 5.37. İnce taneli taşa (80M5) Ft ve Fn arasındaki ilişki
(tabla hızı 390 mm/s, Malzeme AISI 4140)

Yapılan bütün taşlama işlemlerinde elde edilen taşlama kuvvetleri $F_n = 2F_t \sim 2,2F_t$ oranında bulunmuştur. Bu sonuçlar, literatürdeki yapılan çalışmalarla paralellik arz etmektedir.

5.4. Taşlama Kuvvetleri İçin Deneysel ve Teorik Sonuçların Karşılaştırılması

Bu çalışmada değişik kesme derinliklerinde teorik olarak hesaplanan taşlama kuvvetleri, deneysel olarak AISI 1050 ve AISI 4140 malzemesinin taşlanması ile bulunan taşlama kuvvetleri Çizelge 5.1-Çizelge 5.3'teki gibi karşılaştırılmıştır. Yapılan taşlama işleminde, taşın iş parçası üzerinde talaş kaldırarak, her bir geçişinde taşlama kuvvetleri ölçülmüş ve 1. geçiş, 3. geçiş ve 4. geçiş olarak adlandırılmıştır. Deneylerde taşın iş parçasından ilk geçişinde, 3. geçişinde ve 4. geçişine kadar bulunan taşlama kuvvetleri toplanmıştır. İlk geçişinde meydana gelen deneysel taşlama kuvvetleri (F_t) ile teorik F_t karşılaştırıldığında, deneysel olarak ölçülen taşlama kuvvetleri teorik olarak bulunan taşlama kuvvetlerinden 2-3 kat büyük olduğu görülmüştür. Ancak ilk üç veya dört geçişte ölçülen taşlama kuvvetlerinin toplamı ile teorik taşlama kuvvetleri taşlama parametrelerine göre karşılaştırıldığında %9,65~%32 oranında farklılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Çizelge 5.1. Taş taş tane büyüklüğüne göre deneysel ve teorik taşıma kuvveti (Ft) karşılaştırılması

Kesme Derinliği (mm)	Geçiş sayısı	AISI 1050			Teorik Ft (N)	Deneysel Ft ve Teorik Ft'nin % farkı			AISI 4140			Teorik Ft (N)	Deneysel Ft ve Teorik Ft'nin % farkı		
		Deneysel Ft (N) (Tabla hızı: 460 mm/s)				(Tabla hızı: 460 mm/s)			Deneysel Ft (N) (Tabla hızı: 460 mm/s)				(Tabla hızı: 460 mm/s)		
		46M5	60M5	80M5		46M5	60M5	80M5	46M5	60M5	80M5		46M5	60M5	80M5
0,01	1	1,06	1,06	1,01	3,95	-272,64	-272,64	-291,09	1,47	1,16	0,7	4,32	-193,88	-272,41	-517,14
	3	3,18	3,18	3,03	3,95	-24,21	-24,21	-30,36	4,41	3,48	2,1	4,32	2,04	-24,14	-105,71
	4	4,24	4,24	4,04	3,95	6,84	6,84	2,23	5,88	4,64	2,8	4,32	26,53	6,90	54,29
0,02	1	1,28	1,54	1,81	7,9	-517,19	-412,99	-336,46	2,38	2,22	1,7	8,64	-263,03	-289,19	-408,24
	3	3,84	4,62	5,43	7,9	-105,73	-71,00	-45,49	7,14	6,66	5,1	8,64	-21,01	-29,73	-69,41
	4	5,12	6,16	7,24	7,9	54,30	28,25	9,12	9,52	8,88	6,8	8,64	9,24	2,70	27,06
0,03	1	2,65	2,6	1,7	11,85	-347,17	-355,77	-597,06	2,95	2,99	2,5	12,96	-339,32	-333,44	-418,40
	3	7,95	7,8	5,1	11,85	-49,06	-51,92	-132,35	8,85	8,97	7,5	12,96	-46,44	-44,48	-72,80
	4	10,6	10,4	6,8	11,85	11,79	13,94	74,26	11,8	11,96	10	12,96	9,83	8,36	29,60
0,04	1	4,42	3,37	2,95	15,8	-257,47	-368,84	-435,59	5,56	5,4	3,4	17,28	-210,79	-220,00	-408,24
	3	13,26	10,11	8,85	15,8	-19,16	-56,28	-78,53	16,68	16,2	10,2	17,28	-3,60	-6,67	-69,41
	4	17,68	13,48	11,8	15,8	10,63	17,21	33,90	22,24	21,6	13,6	17,28	22,30	20,00	27,06
0,05	1	5,1	5,5	3,4	19,75	-287,25	-259,09	-480,88	5,67	4,73	5,4	21,6	-280,95	-356,66	-300,00
	3	15,3	16,5	10,2	19,75	-29,08	-19,70	-93,63	17,01	14,19	16,2	21,6	-26,98	-52,22	-33,33
	4	20,4	22	13,6	19,75	3,19	10,23	45,22	22,68	18,92	21,6	21,6	4,76	14,16	0
0,06	1	6,81	6,55	4,65	23,7	-248,02	-261,83	-409,68	8,28	8,01	6,9	25,66	-209,90	-220,35	-271,88
	3	20,43	19,65	13,95	23,7	-16,01	-20,61	-69,89	24,84	24,03	20,7	25,96	-4,51	-8,03	-25,41
	4	27,24	26,2	18,6	23,7	13,00	9,54	27,42	33,12	32,04	27,6	25,96	21,62	18,98	5,94
4 geçişteki Ort. % fark						16,5	14,5	32,02					15,7	11,6	19,35

Çizelge 5.2. Taş dokusuna göre deneyel ve teorik taşlama kuvveti (Ft) karşılaştırılması

Kesme Derinliği (mm)	Geçiş sayısı	AISI 1050 Deneyel Ft (N) (Tabla hızı: 460 mm/s)			Teorik Ft (N)	Deneyel Ft ve Teorik Ft'nin % farkı			AISI 4140 Deneyel Ft (N) (Tabla hızı: 460 mm/s)			Teorik Ft (N)	Deneyel Ft ve Teorik Ft'nin % farkı		
		60M3	60M5	60M7		60M3	60M5	60M7	60M3	60M5	60M7		60M3	60M5	60M7
0,01	1	1,36	1,06	1,36	3,95	-190,44	-272,64	-190,44	1,02	1,16	1,25	4,32	-323,53	-272,41	-245,60
	3	4,08	3,18	4,08	3,95	3,19	-24,21	3,19	3,06	3,48	3,75	4,32	-41,18	-24,14	-15,20
	4	5,44	4,24	5,44	3,95	27,39	6,84	27,39	4,08	4,64	5	4,32	5,88	6,90	13,60
0,02	1	1,59	1,54	1,36	7,9	-396,86	-412,99	-480,88	2,61	2,22	1,81	8,64	-231,03	-289,19	-377,35
	3	4,77	4,62	4,08	7,9	-65,62	-71,00	-93,63	7,83	6,66	5,43	8,64	-10,34	-29,73	-59,12
	4	6,36	6,16	5,44	7,9	24,21	28,25	45,22	10,44	8,88	7,24	8,64	17,24	2,70	19,34
0,03	1	2,04	2,6	1,81	11,85	-480,88	-355,77	-554,70	2,95	2,99	2,61	12,96	-339,32	-333,44	-396,55
	3	6,12	7,8	5,43	11,85	-93,63	-51,92	-118,23	8,85	8,97	7,83	12,96	-46,44	-44,48	-65,52
	4	8,16	10,4	7,24	11,85	45,22	13,94	63,67	11,8	11,96	10,44	12,96	9,83	8,36	24,14
0,04	1	3,38	3,37	4,31	15,8	-367,46	-368,84	-266,59	4,08	5,4	3,86	17,28	-323,53	-220,00	-347,67
	3	10,14	10,11	12,93	15,8	-55,82	-56,28	-22,20	12,24	16,2	11,58	17,28	-41,18	-6,67	-49,22
	4	13,52	13,48	17,24	15,8	16,86	17,21	8,35	16,32	21,6	15,44	17,28	5,88	20,00	11,92
0,05	1	4,52	5,5	6,47	19,75	-336,95	-259,09	-205,26	5,9	4,73	6,69	21,6	-266,10	-356,66	-222,87
	3	13,56	16,5	19,41	19,75	-45,65	-19,70	-1,75	17,7	14,19	20,07	21,6	-22,03	-52,22	-7,62
	4	18,08	22	25,88	19,75	9,24	10,23	23,69	23,6	18,92	26,76	21,6	8,47	14,16	19,28
0,06	1	7,19	6,55	8,51	23,7	-229,62	-261,83	-178,50	7,26	8,01	8,51	25,66	-253,44	-220,35	-201,53
	3	21,57	19,65	25,53	23,7	-9,87	-20,61	7,17	21,78	24,03	25,53	25,96	-19,19	-8,03	-1,68
	4	28,76	26,2	34,04	23,7	17,59	9,54	30,38	29,04	32,04	34,04	25,96	10,61	18,98	23,74
4 geçişteki Ort. % fark						23,06	14,5	33,09					9,65	11,6	18,65

Çizelge 5.3. Taş sertliğine göre deneysel ve teorik taşlama kuvveti (Ft) karşılaştırılması

Kesme Derinliği (mm)	Geçiş sayısı	AISI 1050			Teorik Ft (N)	Deneysel Ft ve Teorik Ft'nin % farkı			AISI 4140			Teorik Ft (N)	Deneysel Ft ve Teorik Ft'nin % farkı		
		Deneysel Ft (N) (Tabla hızı: 460 mm/s)							Deneysel Ft (N) (Tabla hızı: 460 mm/s)						
		60I5	60M5	60Q5		60I5	60M5	60Q5	60I5	60M5	60Q5		60I5	60M5	60Q5
0,01	1	1,47	1,06	1,36	3,95	-168,71	-272,64	-190,44	1,02	1,16	1,13	4,32	-323,53	-272,41	-282,30
	3	4,41	3,18	4,08	3,95	10,43	-24,21	3,19	3,06	3,48	3,39	4,32	-41,18	-24,14	-27,43
	4	5,88	4,24	5,44	3,95	32,82	6,84	27,39	4,08	4,64	4,52	4,32	5,88	6,90	4,42
0,02	1	1,7	1,54	1,67	7,9	-364,71	-412,99	-373,05	2,16	2,22	3,29	8,64	-300,00	-289,19	-162,61
	3	5,1	4,62	5,01	7,9	-54,90	-71,00	-57,68	6,48	6,66	9,87	8,64	-33,33	-29,73	12,46
	4	6,8	6,16	6,68	7,9	16,18	28,25	18,26	8,64	8,88	13,16	8,64	0	2,70	34,35
0,03	1	2,38	2,6	3,2	11,85	-397,90	-355,77	-270,31	2,84	2,99	3,29	12,96	-356,34	-333,44	-293,92
	3	7,14	7,8	9,6	11,85	-65,97	-51,92	-23,44	8,52	8,97	9,87	12,96	-52,11	-44,48	-31,31
	4	9,52	10,4	12,8	11,85	24,47	13,94	7,42	11,36	11,96	13,16	12,96	14,08	8,36	1,52
0,04	1	3,18	3,37	4,36	15,8	-396,86	-368,84	-262,39	3,97	5,4	8,51	17,28	-335,26	-220,00	-103,06
	3	9,54	10,11	13,08	15,8	-65,62	-56,28	-20,80	11,91	16,2	25,53	17,28	-45,09	-6,67	32,31
	4	12,72	13,48	17,44	15,8	24,21	17,21	9,40	15,88	21,6	34,04	17,28	8,82	20,00	49,24
0,05	1	4,2	5,5	5,42	19,75	-370,24	-259,09	-264,39	4,57	4,73	6,92	21,6	-372,65	-356,66	-212,14
	3	12,6	16,5	16,26	19,75	-56,75	-19,70	-21,46	13,71	14,19	20,76	21,6	-57,55	-52,22	-4,05
	4	16,8	22	21,68	19,75	17,56	10,23	8,90	18,28	18,92	27,68	21,6	18,16	14,16	21,97
0,06	1	5,1	6,55	8,19	23,7	-364,71	-261,83	-189,38	5,56	8,01	11,46	25,96	-366,91	-224,09	-126,53
	3	15,3	19,65	24,57	23,7	-54,90	-20,61	3,54	16,68	24,03	34,38	25,96	-55,64	-8,03	24,49
	4	20,4	26,2	32,76	23,7	16,18	9,54	27,66	22,24	32,04	45,84	25,96	16,73	18,98	43,37
4 geçişteki Ort. % fark					21,5	14,5	16,4					10,33	11,6	25,5	

Taşılama işleminde oluşan kuvvetleri teorik olarak hesaplamak için geliştirilen metotların hiçbirisi taşılama diskinin kimyasal yapısını ve fiziksel özelliklerini dikkate almadığından dolayı, tamamen doğru sonuçlar vermemekte, sadece belli bir yakınlıkta taşılama kuvvetlerinin tahmin edilebilmesine imkan sağlamaktadır (84). Yapılan taşılama kuvvetleri hesaplamaları taşın özelliklerini dikkate almayıp, işlenen malzeme özellikleri ve işleme şartları kullanılarak, hesaplamalar teğetsel kuvvetin bulunmasına yönelik yapılmıştır. Taşılama işleminde ise talaş kesiti net bir şekilde belirlenememektedir. Çünkü diğer takım tezgahlarındaki gibi, verilen talaş miktarı taşılama tezgahında bir defada kaldırılamamaktadır. Bu nedenle yapılan hesaplamalar, taşın iş parçası yüzeyinde bir defa geçtiğinde verilen bütün talaşın kaldırıldığı kabul edilerek yapılmaktadır. Bu da teorik olarak hesaplanan taşılama kuvvetlerinin önemli miktarda büyük değerlerde çıkmasına neden olmaktadır.

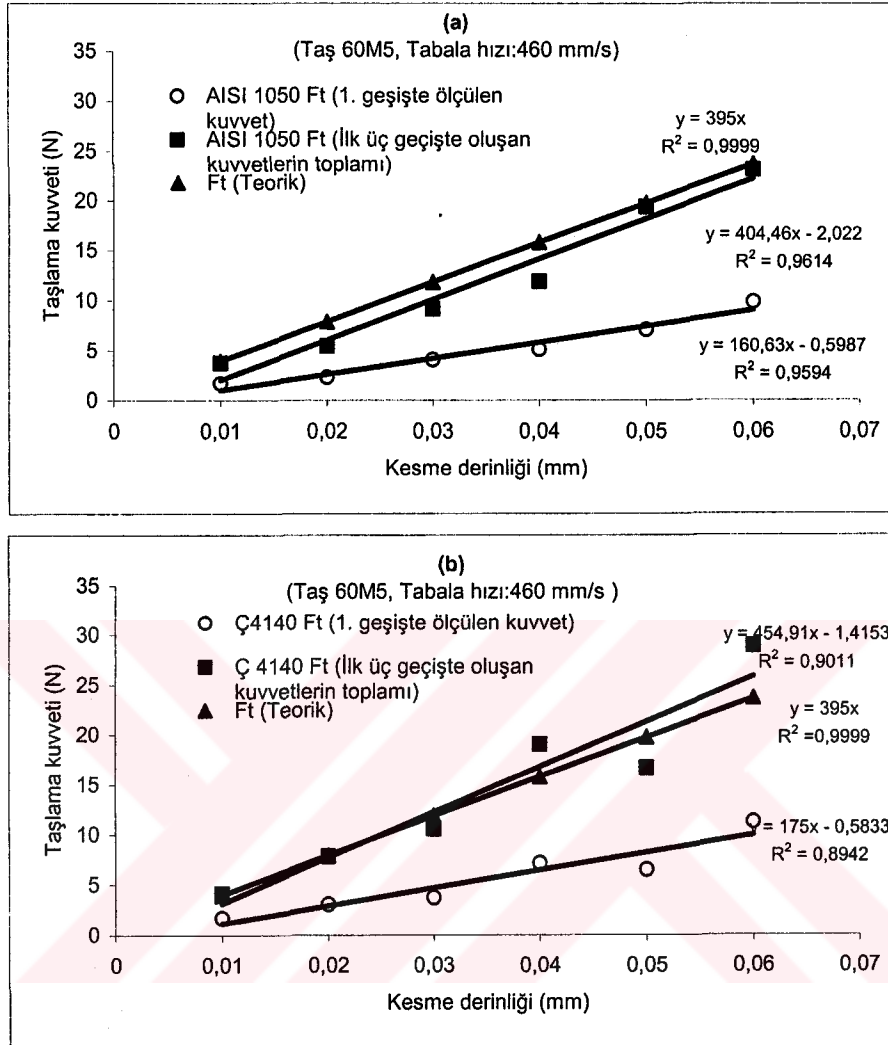
Taş tane büyüklüğüne göre deneysel ve teorik taşılama kuvvetleri Çizelge 5.2’de verilmiştir. AISI 1050 malzemesinin 46M5 taşı ile taşlanması ilk üç geçişte elde edilen taşılama kuvvetleri kesme derinliğinin artması ile teorik olarak hesaplanan taşılama kuvvetlerinden daha büyük olduğu Çizelge 5.2’de görülmektedir. Tane boyutu 46M5 taşına göre daha küçük olan 60M5 taşı ile yapılan taşılama işlemlerinde 0,02 mm, 0,03 mm ve 0,04 mm kesme derinliklerinde oluşan taşılama kuvvetlerinin teorik olarak hesaplanan taşılama kuvvetlerinden daha küçük değerlerde olduğu görülmektedir. Tane boyutu en küçük olan 80M5 taşı ile yapılan taşılama işlemlerinde ilk dört geçişte oluşan taşılama kuvvetleri diğer taşlarda oluşan taşılama kuvvetleri değerlerine oranla daha düşük olmuştur. AISI 4140 malzemesinin taşlanması sonucu oluşan kuvvetler ile teorik olarak hesaplanan kuvvetler karşılaştırıldığında AISI 1050 malzemesinin taşlanması sonucu oluşan kuvvetler ile bu malzeme için teorik olarak hesaplanan kuvvetler arasındaki ilişkiye benzer bir ilişki görülmüştür.

Taş dokusunun değişmesiyle taşılama kuvvetlerinde düzenli bir değişme olmamıştır (Çizelge 5.3). ilk dört geçişte oluşan taşılama kuvvetleri ile teorik olarak hesaplanan taşılama kuvvetleri karşılaştırıldığında, teorik olarak hesaplanan taşılama kuvvetlerine

en yakın taşlama kuvvetleri değerleri orta dokuya sahip olan 60M5 taşı ile yapılan taşlama işleminde görülmüştür.

Taş sertliğine göre yapılan karşılaştırmalar da ise her iki malzeme için de benzer davranışlar görülmüştür (Çizelge 5.3). Yumuşak taşla (60I5) yapılan taşlama işlemi sonucunda oluşan (ilk dört geçiş) taşlama kuvvetlerinin teorik olarak hesaplanan taşlama kuvvetlerinden daha düşük olduğu ve orta sertlikteki taş (60M5) ile yapılan taşlama işlemlerinde ise deneysel ve teorik olarak elde edilen kuvvetler birbirine yakın olmuştur. 60Q5 taşı ile yapılan taşlama işlemi sonucunda oluşan taşlama kuvvetleri teorik olarak hesaplanan taşlama kuvvetlerinden daha yüksek gerçekleşmiştir. Mekanik özellikleri ve kimyasal bileşimi AISI 1050'den farklı olan AISI 4140 malzemesinde bu fark daha da artmıştır.

Orta taneli (60M5) taşla, AISI 1050 ve AISI 4140 malzemesinin taşlanması sonucunda elde edilen taşlama kuvveti (Ft) ile teorik taşlama kuvveti (Ft) Şekil 5.38a ve Şekil 5.38b'de verilmiştir. Yapılan çizelgelerde de görüldüğü gibi, taşlama işleminde ilk üç geçişte oluşan kuvvetlerin toplamı teorik taşlama kuvvetine yakın çıkmıştır. Bu nedenle taşlama kuvveti hesaplamalarında geçiş sayısının dikkate alınması gerekmektedir. Buradan elde edilen en çarpıcı sonuç, teorik olarak hesaplanan kesme kuvvetlerinde, hesaplamada kullanılan kesme derinliğinin en az üç geçişten sonra kaldırabildiği, dolayısı ile üç geçiş için deneysel olarak belirlenen kesme kuvvetlerinin toplamının teorik kuvvetlere %9,65~%32 hata ile yaklaştığı görülmektedir.

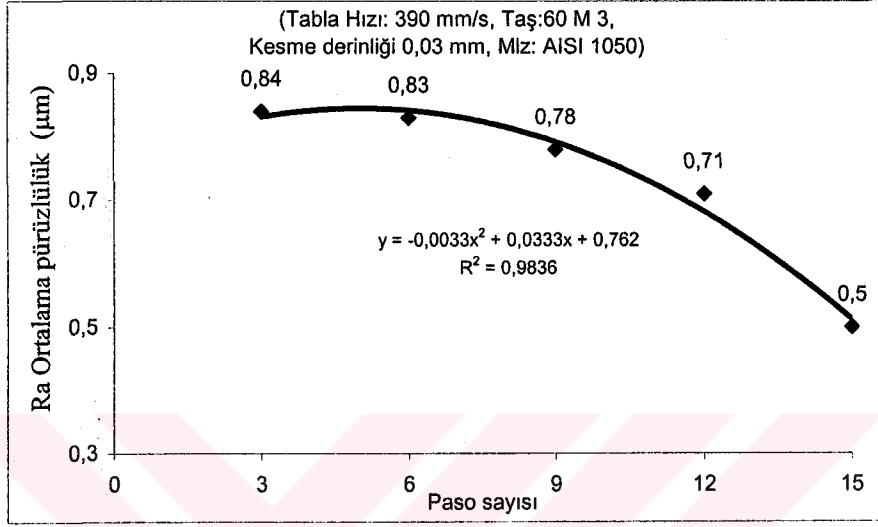


Şekil 5.38. Değişik kesme derinliklerinde, deneysel ve teorik taşlama kuvvetlerinin ilişkisi a) AISI 1050 malzemesinde, b) AISI 4140 malzemesinde

5.5. Paso Sayısının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

Taşlama diskleri ile taşlanacak olan iş parçasından istenilen talaşı bir defada kaldırmak ve istenilen yüzey kalitesini elde etmek mümkün görülmemektedir. Geleneksel taşlama metodlarında, bir pasoda iş parçasının bütün yüzeyinde istenen talaşın kaldırılması, taş tanelerinin talaş kaldırma kapasitesinden, talaş kaldırma anında oluşan taşlama kuvvetlerinden dolayı rijit olarak iş parçası bağlama zorluklarından ve taşlama tezgahının gücünden dolayı mümkün olmamaktadır. Bu çalışmada bütün deneylerde paso sayısı üç olarak alınmış, fakat paso sayısının

etkisini ayrıca görmek için 60M3 taşı ile, paso sayısı kademeli artırılarak 15 pasoya kadar deneyler yapılmıştır. Paso sayısının yüzey pürüzlülük değerlerinin azalmasında önemli derecede etkili olduğu görülmüştür (Şekil 5.39).

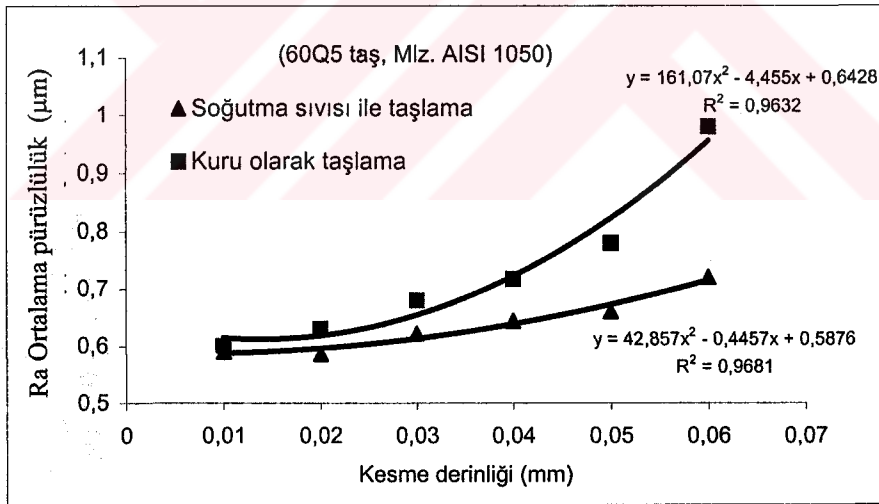


Şekil 5.39. Paso sayısı ve yüzey pürüzlülüğü ilişkisi (Kesme derinliği 0,03 mm)

Paso sayısı üçten altıya çıkarıldığında yüzey pürüzlülüğünde bir miktar azalma olmuş ancak paso sayısı daha da artırıldığında yüzey pürüzlülük değerlerinde önemli derecede azalma olmuştur. Taşlama işleminde kullanılan taşlama disklerindeki kesici görevi yapan tanecikler rastgele dizildikleri için taş taneleri aralarında düzensiz boşluklar oluşmaktadır. Taş taneleri belirli bir kesici geometrisine sahip olmadıkları için birinci pasoda, taşlanacak malzemeyi keserek değil adeta kazıyarak malzemenin yüzeyinde pürüzlülükler oluşturarak talaş kaldırır. Taşlama işleminde, taş tanelerinin boşluklarına denk gelerek oluşan iş yüzeyindeki tepecikleri, sonraki pasolarda taş taneciklerinin çarparak koparması veya ezerek yüzeyin pürüzlülük değerlerini azaltması bir düzeltme etkeni olarak yorumlanmıştır. Paso sayısını daha da artırılarak taşlama işlemine devam edilirse taneciklerin koparacakları (talaş oluşturacakları) kadar büyük tanecikler kalmadığından dolayı tepeciklere çarparak düzleştirme işlemi yapacaktır. Paso sayısına bağlı olarak yüzeyin pürüzlülüğündeki iyileşmenin sebebinin, bu durum olduğu düşünülmektedir.

5.6. Soğutma Sıvısının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

0,01-0,06 mm kesme derinliklerinde, 60Q5 taşı ile (TransparentA) soğutma sıvısı kullanılarak ve soğutma sıvısı kullanılmadan yapılan taşlama işlemi sonucu elde edilen ortalama yüzey pürüzlülüğünün (R_a) değişimi Şekil 5.40'da görülmektedir. Kesme derinliğinin değişmesiyle ortalama yüzey pürüzlülük değerleri; soğutma sıvısı kullanılan malzemede 0,59-0,68 μm , soğutma sıvısı kullanılmayan malzemede ise 0,60-0,98 μm arasında değiştiği görülmüştür. Aynı taşlama şartlarında, değişik kesme derinliklerinde soğutma sıvısı kullanılmadan yapılan taşlama işlemlerinde yüzey pürüzlülüğünün önemli (%44) derecede arttığı görülmüştür. Soğutma sıvısı kullanılarak elde edilen yüzey pürüzlülüğü kesme derinliğinin artmasıyla doğrusal bir artış gösterirken, kuru olarak taşlanan malzemeden elde edilen yüzey pürüzlülüğünün aşırı derecede arttığı görülmektedir (Şekil 5.40).

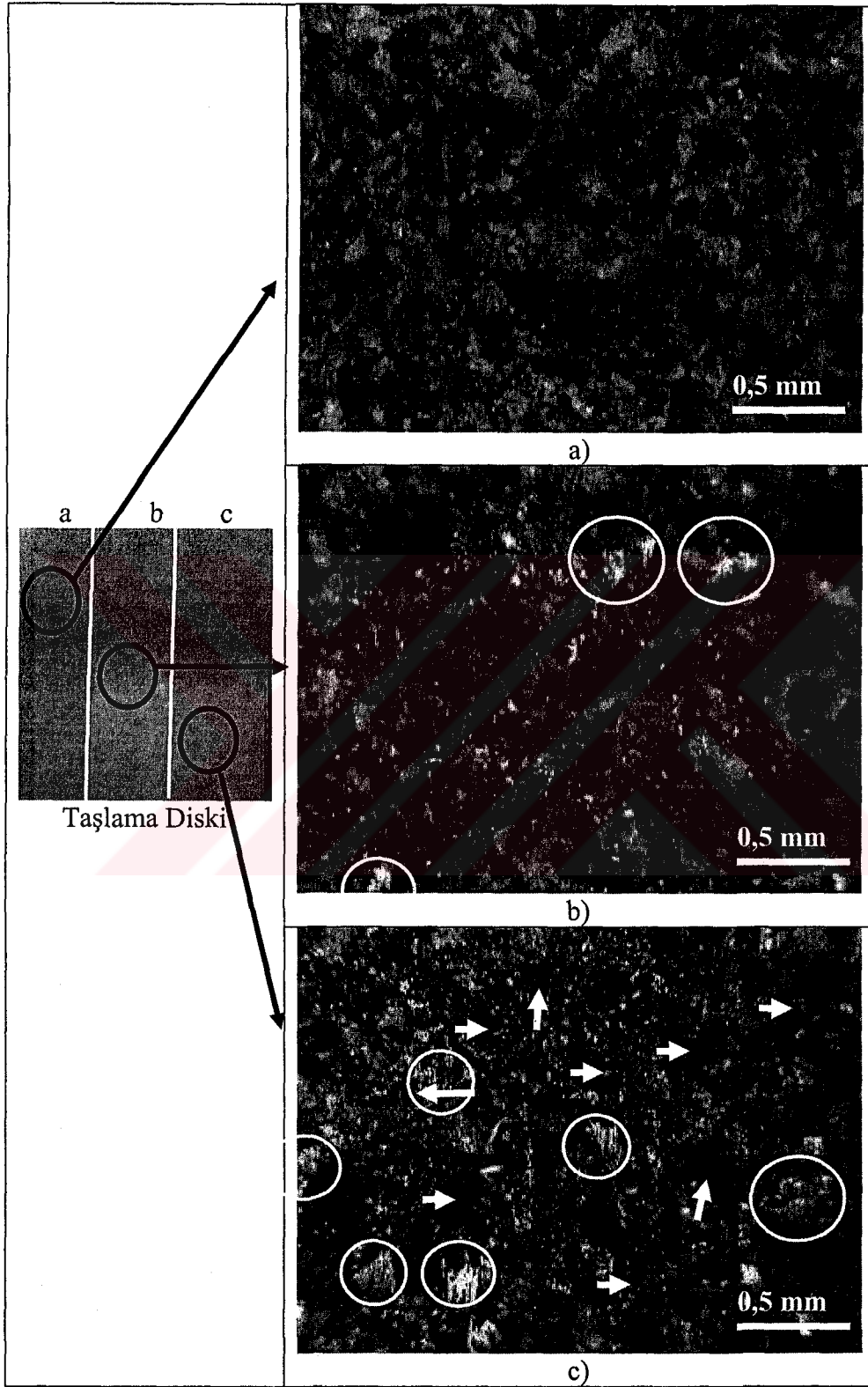


Şekil 5.40. Değişik kesme derinliklerinde, soğutma sıvısı ve yüzey pürüzlülüğü ilişkisi

Takım tezgahlarında soğutma sıvıları; korozyonu önlemek için yağlama yapmak; soğutmayı sağlamak; ve çıkan talaşın kaynak oluşturmasını (yapışmayı) engellemek için kullanılmaktadır. Taşlama tezgahlarında ise, önemli kullanıma sebeplerinin başında, talaşın taş taneciklerine yapışmasını engellemek ve oluşan ısıyı transfer etmek gelmektedir (8,32,33).

Taşılama diskleri, tane boyutlarına göre elmasla bilendikten sonra (Resim 5.9, a bölgeleri), soğutma sıvısı kullanılarak (taşın b bölgeleri) ve kuru olarak (taşın c bölgeleri) taşılama işlemi yapılmıştır. Soğutma sıvısı kullanılarak yapılan taşılama işlemlerinde taş yüzeyinde bir miktar talaş yapışmaları ve taşın körlenmesinden dolayı parlaklıklar oluşmuştur (Resim 5.9, b bölgeleri). Kuru olarak taşılama işlemi yapan bölgede (c) gözeneklerin tamamen dolduğu ve bunun da kirli bir görüntü oluşturduğu görülmektedir. Taş gözeneklerinin dolmasıyla malzemeden kaldırılan talaşların atılması zorlaşmış taşılama esnasında taneler yeterli kesme yapamadığından kazıma işlemi artmış ve titreşime sebep olmuştur. Bu olumsuz şartlar neticesinde taşlanan iş parçasının yüzey pürüzlülüğünün arttığı ve iş parçası yüzeyinde önemli derecede metalürjik yanmaların oluştuğu gözlenmiştir.

Taşılama diskinde daire içine alınan bölgelerde mikroskopla büyütülerek resimleri çekilmiştir. Taşılama diskini bileme işleminden sonra çekilen (Resim 5.9a bölgesi) resimde taş taneleri ve taneleri birbirine bağlayarak taşılama diskini oluşturan bağlama maddeleri görülmektedir. Soğutma sıvısı kullanılarak yapılan taşılama işleminde (Resim 5.9b bölgesi) yer yer daire içine alınarak gösterilen malzemelerin parçacıklarının, taşılama diskine yapışması tespit edilmiştir. Soğutma sıvısı kullanmadan, kuru olarak yapılan taşılama işleminde (Resim 5.9c bölgesi) taşılama gözeneklerinin tamamen dolduğu (Resim 5.9c'de oklarla gösterilen bölgeler) ve soğutma sıvısı kullanılarak yapılan taşılama işlemine göre daha fazla talaşın taşılama diskine yapıştığı görülmüştür.



Resim 5.9. Taş tanesi ve taş gözeneğinin durumu
 a) Bilenmiş, b) Soğutma sıvısı ile, c) Kuru taşlanmış

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, düzlem taşlama tezgahında taşlama parametrelerinin taşlama kuvvetlerini nasıl etkilediğini araştırmak amacıyla bir dinamometre tasarlanarak imal edilmiştir. Bu dinamometre; düzlem taşlama tezgahında, taşlama işlemine göre uygun olarak konumlanan iki adet yük hücresi kullanılarak, F_t ve F_n 'yi aynı anda ölçecek şekilde tasarlanarak imal edilmiş ve bir bilgisayar sistemi ile entegrasyonu sağlanarak, elde edilen verilerin süratli ve sağlıklı bir şekilde değerlendirilmesi mümkün olmuştur. AISI 1050 ve AISI 4140 çelik malzemeleri üzerinde, taş bileme oranı, soğutma sıvısının debisi gibi parametreler sabit tutulup, dört farklı taş tane büyüklüğünde, üç farklı taş dokusunda, üç farklı taş sertliğinde, altı farklı kesme derinliğinde yapılan taşlama işlemlerinde oluşan taşlama kuvvetleri değerlendirilmiştir. Ayrıca paso sayısı ve soğutma sıvısının yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi ve taşlanan iş parçasının yüzey resimleri değerlendirilmiştir. Yapılan deneysel çalışmalarda elde edilen bulgular değerlendirildiğinde, bulunan önemli sonuçlar aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir:

- 46, 60 ve 80 taneli taşlarla yapılan taşlama işlemlerinde taşlama kuvvetleri 0,01-0,03 mm kesme derinliklerinde önemli bir farklılık göstermemiş, ancak artan 0,03-0,06 mm kesme derinliklerinde, taş tane büyüklüğü ile doğru orantılı olarak kesme kuvvetlerinin de arttığı tespit edilmiştir.
- 80 taneli taşla yapılan taşlama işlemlerinde kesme derinliklerinin artmasıyla (0,06 mm) taşın aşırı miktarda zorlandığı gözlenmiştir. Bu zorlama neticesinde taşlanan iş parçası yüzeyinde gözle görülür yanmalar ve kalıntı gerilmelerinden dolayı kılcal çatlakların oluştuğu tespit edilmiştir.
- Tabla hızındaki artışla taşlama kuvvetlerinin doğru orantılı olarak arttığı görülmüştür. Tabla hızının artmasıyla (390 mm/s'den 510 mm/s) 80 taneli taşla yapılan taşlama işleminde oluşan taşlama kuvvetleri 46 taneli taşta oluşan taşlama kuvvetlerine nazaran daha fazla artmıştır. Bu artışın sebebi, tabla hızının

artmasıyla küçük taneli taşlarda, tane başına birim zamanda kaldıracakları talaş miktarının da artmış olmasına atfedilmiştir.

- AISI 1050 numunelerinde taşlama kuvvetleri; 46M5 taşında 2,57-18,1 N, 60M5 taşında 2,18-16,03 N ve 80M5 taşında 2,1-11,8 N arasında değerler almıştır. 0,05-0,06 mm kesme derinliklerindeki taşlama kuvvetleri 80 taneli taşa göre 60 taneli taşa %33 ve 46 taneli taşa %50 daha fazla olduğu tespit edilmiştir.
- AISI 1050 numunelerinde kesme derinliğinin değişmesiyle ortalama yüzey pürüzlülük değerleri; 60M7 taşında 0,74-1,07 μm , 60M5 taşında 0,50-0,84 μm ve 60M3 taşında 0,45-0,70 μm arasında değişmiştir. Kesme derinliğinin artmasıyla ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinde %44-68 arasında bir artma olmuştur.
- AISI 1050 malzemesinde taş sertliklerinin taşlama kuvvetlerine etkisi düşük kesme derinliklerinde (0,01 mm, 0,02 mm) fazla bir farklılık göstermezken, sert taşlarda kesme derinliğinin artmasıyla yapılan taşlama işlemlerinde daha büyük taşlama kuvvetlerinin olduğu görülmüştür.
- AISI 1050 malzemesinde tabla hızı 390 mm/s ve kesme derinlikleri 0,01 mm, 0,02 mm ve 0,03 mm derinliklerinde taşlama kuvvetleri, taş serliğinin artmasıyla belirgin bir değişiklik göstermemiştir. Ancak kesme derinliğinin 0,04 mm ve daha fazla olduğu taşlama işlemlerinde, taşlama kuvvetleri, taş sertliği ile doğru orantılı olarak artmıştır. 510 mm/s tabla hızında kesme derinliği artırıldıkça, taşlama kuvvetleri, taş sertliğine göre ayırt edilebilecek miktarlarda (%27-77) artmıştır.
- 3, 5, 7 dokulu taşlarla düşük (390 mm/s) tabla hızında, AISI 1050 ve AISI 4140 malzemesinin taşlanmasıyla oluşan taşlama kuvvetlerinde önemli bir farklılık görülmemiştir. Kesme derinliğinin artmasıyla (0,04 mm, 0,05 mm) taş

dokusunun taşlama kuvvetlerine etkisi daha belirgin olmuş ve taş dokusu ile doğru orantılı olarak taşlama kuvvetleri de artmıştır.

- AISI 4140 malzemesinde yapılan taşlama işlemlerinde kesme derinliğinin artmasıyla (0,02 -0,06 mm) I ve M sertliklerindeki taşlarda oluşan taşlama kuvvetleri, taş sertliği ile doğru orantılı olarak artmıştır. Sert taşları temsilen seçilen 60Q5 taşı ile elde edilen taşlama kuvvetlerinin sertliğe bağlı olarak, I ve M sertliklerindeki taşlarla elde edilen taşlama kuvvetlerine nazaran yaklaşık % 50 oranında daha fazla olduğu görülmüştür.
- 3, 5, 7 dokulu taşlarla 510 mm/s tabla hızında, her iki (AISI 1050 ve AISI 4140) malzeme kullanılarak yapılan taşlama işlemlerinde, taş dokusu küçük olan taşlarda talaşın tahliyesi zorlaştığından taşlama kuvvetleri de artmıştır. Taş dokusuna göre yapılan taşlama işlemlerinde, taşlama kuvvetleri açısından en düzenli sonuçlar orta doku olan 60M5 taşıyla elde edilmiştir.
- Bütün taşlama işlemlerinde AISI 4140 malzemesinde oluşan taşlama kuvvetleri, AISI 1050 malzemesinde oluşan taşlama kuvvetlerine nazaran daha fazla olmuştur.
- Yapılan taşlama işlemlerinin genelinde yaklaşık olarak $F_n \cong 2 \sim 2,2$ Ft şeklinde gerçekleşmiştir. AISI 4140 malzemesinde oluşan taşlama kuvvetleri ile AISI 1050 malzemesinde oluşan taşlama kuvvetleri karşılaştırıldığında, teğet ve normal kuvvetler arasındaki oranın yaklaşık aynı olduğu görülmüştür.
- Her iki malzemedede de taşın iş üzerinde ilk geçişinde meydana gelen deneysel taşlama kuvveti Ft ile teorik Ft karşılaştırıldığında, deneysel olarak ölçülen taşlama kuvvetinin, teorik olarak bulunan taşlama kuvvetinden 3-4 kat daha küçük olduğu görülmüştür. Taşlama işlemlerinde kesme derinliğinin bir defada kaldırılamaması teorik sonuçlardan sapmanın en temel sebebi olarak yorumlanmıştır. Ancak ilk üç-dört geçişte ölçülen taşlama kuvvetlerinin toplamı,

teorik olarak hesaplanan taşlama kuvvetlerine yakın değerlere ulaşmıştır. Bu nedenle taşlama kuvvetinin teorik hesaplamalarında paso sayısının dikkate alınması ve paso sayısına bağlı bir teorik hesaplama modelinin geliştirilmesi gerekmektedir.

- AISI 1050 numunelerle yapılan taşlama işlemlerinde yüzey pürüzlülük değerleri; 36 taneli taşta 1,29-2,56 μm , 46 taneli taşta 0,63-1,11 μm , 60 taneli taşta 0,46-0,80 μm ve 80 taneli taşta 0,37-0,61 μm aralığında değerler almıştır. AISI 4140 numunelerle yapılan taşlama işlemlerinde kesme derinliğinin değişmesiyle ortalama yüzey pürüzlülük değerleri; 46M5 taşında 0,97-1,41 μm , 60M5 taşında 0,59-0,89 μm ve 80M5 taşında 0,37-0,74 μm arasında değişmiştir.
- AISI 1050 numunelerde en düşük yüzey pürüzlülük değerleri (0,37-0,61 μm) 80 taneli taşla yapılan taşlama işlemlerinde elde edilmişken, en yüksek yüzey pürüzlülük değerleri (1,29-2,56 μm) 36 taneli taşla yapılan taşlama işlemlerinde oluşmuştur. AISI 4140 numunelerde en düşük yüzey pürüzlülük değerleri (0,37-0,74 μm) 80 taneli taşla yapılan taşlama işlemlerinde elde edilmiştir.
- Taş tane büyüklüğünün artırılmasıyla yüzey pürüzlülük değerlerinin aşırı miktarda artışı görülmüştür. Örnek olarak, 46 taneli taşla elde edilen Ra yüzey pürüzlülük değeri ortalama 0,60 μm olurken, 36 taneli taşla elde edilen Ra yüzey pürüzlülük değerinin ortalama 1,80 μm civarında olduğu gözlenmiştir. Tane boyutundaki 1,41 kat büyüme, Ra pürüzlülük değerini 4 kat artırmıştır. Bu durum, taş tane boyutunun az miktarda artmasının taşlanan iş parçasının yüzey pürüzlülük değerinin de önemli ölçüde artmasına neden olduğunu göstermiştir.
- Taşlanan malzemelerin yüzey görüntüleri karşılaştırıldığında kesme derinliği ve taş tane boyutunun artması ile iş parçası yüzeyinde oluşan olukların genişlediği ve derinliklerin de arttığı görülmüştür.

- Tane boyutu küçük olan (80 taneli) taşla 0,03 mm kesme derinliklerinde yapılan taşlama işleminde küçük lekeler ve kopan taşlardan dolayı krater aşınmasının olduğu görülmüştür. 80 taneli taşta, kesme derinliği artırılarak (0,04 mm, 0,05 mm, 0,06 mm) yapılan taşlama işlemlerinde, taş tanelerinin koparak taşlanan iş parçasının yüzeyine nüfuz ettiği ve aynı zamanda iş parçasında kopan malzemenin taşlama diskinin gözeneklerini doldurduğu tespit edilmiştir.
- AISI 4140 numunelerinde kesme derinliğinin değişmesiyle ortalama yüzey pürüzlülük değerleri; 60M3 taşında 0,53-0,74 μm , 60M5 taşında 0,59-0,89 μm ve 60M7 taşında 0,9-1,32 μm arasında değişmiştir. Kesme derinliğinin 0,01mm'den 0,06 mm'ye artırılmasıyla ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinde yaklaşık %39-50 oranında artış olmuştur.
- AISI 4140 malzemesinde taş tane büyüklüğüne göre yapılan taşlama işlemleri yüzey pürüzlülük değerlerinin taş dokusunun büyümesi ile (60M3 'den 60M5) bir miktar arttığı, ancak taş dokusunun 7 olmasıyla, bu artışın küçük dokulu taşlara göre yaklaşık %35 daha fazla olduğu görülmüştür.
- 0,01-0,05 mm kesme derinliklerinde 60I5 ve 60M5 taşlarıyla AISI 1050 malzemesinde yapılan taşlama işlemlerinde elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinde önemli bir fark oluşmadığı gözlenmiştir. Q sertliğindeki taşla elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinin diğer 60I5 ve 60M5 taşlarla elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerine nazaran daha fazla olduğu gözlenmiştir. Q sertliğindeki taş ile taşlanan malzemelerde yüzey pürüzlülüğü yüksek değerlerde oluşmuştur.
- AISI 4140 malzemesinin M sertliğindeki taşla yapılan taşlama işleminde yüzey pürüzlülük değerleri I sertliğindeki taşla elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerine oranla daha fazla olduğu (%32) ve aynı kesme derinliklerde Q sertliğindeki taşla yapılan taşlama işleminden elde edilen yüzey pürüzlülük

değerlerinin ise diğer yumuşak taşlarla elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerine göre %58 daha fazla olduğu görülmüştür.

- 46M5 taşı ile yapılan taşlamalarda AISI 4140 ile AISI 1050 malzemesinde oluşan yüzey pürüzlülük değerleri bütün kesme derinliklerinde büyük farklılıklar göstermiştir. 60M5 taşı ile yapılan taşlamalarda oluşan yüzey pürüzlülük değerleri her iki malzemede azalmış, aynı zamanda her iki malzemede oluşan yüzey pürüzlülük değerleri birbirine önemli oranlarda yaklaşmıştır. Taş tane boyutunun daha da küçülmesiyle (80M5) her iki malzemedeki yüzey pürüzlülük değerleri düşük kesme derinliklerinde yaklaşık olarak aynı seviyelerde kalmakla beraber, kesme derinliğinin artmasıyla AISI 4140 malzemesinde oluşan yüzey pürüzlülük değerleri, AISI 1050 malzemesinde oluşan yüzey pürüzlülük değerlerine oranla daha fazla oluşmuştur. AISI 4140 malzemesindeki alaşım elementlerinin yüzey pürüzlülük değerlerine olumsuz etkisi olmuştur.
- AISI 1050 ve AISI 4140 malzemelerinde oluşan yüzey pürüzlülük değerleri üzerinde, taş tane boyutunun kesme derinliğine oranla daha fazla etkili olduğu görülmüştür.
- Paso sayısının artırılması yüzey kalitesinin iyileşmesinde en önemli etken olarak belirlenmiştir.
- Soğutma sıvısı kullanılarak elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri, kesme derinliğinin artmasıyla doğrusal bir artış gösterirken, kuru olarak taşlanan malzemeden elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri aşırı derecede yükselmiştir.
- Soğutma sıvısı kullanılarak yapılan taşlama işlemlerinde taş yüzeyinde bir miktar talaş yapışması olurken, kuru olarak yapılan taşlama işleminde taş gözenekleri tamamen dolmuş ve kirli bir görüntü oluşmuştur. Taş gözeneklerinin dolmasıyla malzemeden kaldırılan talaşların atılması zorlaşmış ve taneler kesme yerine kazıma yapmaya başladığı için taşlanan iş parçasının yüzey pürüzlülüğü artmış

ve iş parçası yüzeyinde önemli derecede metalurjik yanmaların oluştuğu gözlenmiştir.

Elde edilen bu sonuçlar ışığında bundan sonra yapılacak çalışmalara ışık tutmak amacıyla aşağıdaki öneriler yapılabilir:

- Kullanıldıkları yerlere göre taşlama işlemi gerektiren farklı malzemeler seçilerek yeni çalışmalar yapılabilir.
- Taşlamada kesme derinliğinin bir pasoda alınamaması sebebiyle, paso sayısına bağlı olarak taşlama kuvvetlerinin hesaplanmasını sağlayan bir yüzey pürüzlülüğü modeli geliştirilebilir.
- Taş bileme parametrelerinin taşlama kuvveti ve yüzey kalitesi üzerindeki etkileri incelenebilir.
- Farklı soğutması sıvısı ve soğutma sıvısı debisinin taşlama kuvveti ve yüzey kalitesi üzerindeki etkileri incelenebilir.
- Taş tanesi ve taş dokusu küçük olan taşlarda fazla kesme derinliğinden kaçınılarak malzeme ve taş yüzeyinde oluşan çizikler, yanmalar ve dalgalanmalar gibi olumsuzluklar azaltılabilir.
- Taşlama kuvvetlerinin kendi içindeki tutarlılığı, taşlama işleminde ilk üç-dört geçişte elde edilen deneysel verilerin toplamı ile teorik kesme kuvveti sonuçlarının birbirine yaklaşması, tasarımı ve imalatı yapılan dinamometrenin kullanılabilirliğini ortaya koymakla beraber, söz konusu dinamometrenin uluslararası kabul görmüş bir dinamometre ile kalibrasyonu, tasarımın geçerliliğini güçlendirecektir. Aynı deneyler böyle bir dinamometre ile tekrarlanarak, tasarımı yapılan dinamometrenin kalibrasyonu mümkün olabilir.

Literatürdeki çalışmaların bir çoğu, torna tezgahlarında kullanılan kesici takımlar üzerine yoğunlaşırken bir kısmı ise freze tezgahlarında kullanılan kesici takımlarda meydana gelen kesme kuvvetleri, gerilme, aşınma ve sıcaklık değerlerinin tespitini amaçlamaktadır. Freze tezgahı için, tasarlanan ve imalatı gerçekleştirilen dinamometrelerin taşlama tezgahında da kullanılabileceği belirtilmektedir. Ancak taşlama tezgahında oluşan kuvvetler diğer takım tezgahlarında oluşan kesme kuvvetlerine oranla daha küçük boyutlarda ve parametre sayısı frezelemeye göre daha fazladır. Bu nedenle taşlama tezgahları için imal edilebilecek dinamometrelerin daha küçük kuvvetleri ölçebilecek hassasiyette olması gerekmektedir. literatürde düzlem taşlama parametrelerinin taşlama kuvvetlerine ve yüzey pürüzlülüğüne etkileriyle ilgili detaylı bir çalışmaya rastlanmamış, yapılan çalışmalarda genellikle çanak taş kullanılmış ve tezgah parametreleri değiştirilmiştir. Bu açıdan bakıldığında yapılan bu çalışmada, taşlama parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ve taşlama kuvvetleri üzerindeki etkisi üzerine elde edilen sonuçlar, literatürdeki bilgilerin geçerliliğini ortaya koymak ve eksik hususları tamamlamak veya işaret etmek açısından önemli özellikler arz etmektedir.

KAYNAKLAR

1. Kalpakjian, S., "Manufacturing process for engineering materials", *Addison-Wesley*, New York, 120-121 (1991).
2. Demir, H. ve Güllü, A., "Silindirik taşlamada yüzey pürüzlülüğü ve taşlama oranı ilişkisinin araştırılması" *Z.K.Ü. Karabük Teknik Eğitim Fakültesi TEKNOLOJİ*, 1-2: 151-167 (1999).
3. Şeker, U., Kurt, A. and Çiftçi, İ., "Design and construction of a dynamometer for measurement of cutting forces during machining with linear motion", *Materials and Design*, 23: 355-360 (2002).
4. Günay, M., "Talaş kaldırma işlemlerinde kesici takım talaş açısının kesme kuvvetlerine etkisinin deneysel olarak incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 40-49 (2003).
5. Demir, H. ve Güllü, A., "Taşlama parametrelerinin taşlama kalitesine etkilerinin incelenmesi", *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7: 189-198 (2001).
6. Güllü, A. ve Poyrazoğlu, O., "İmalatta süper bitirme işlemi ve taşlama ile karşılaştırılması", *Z.K.Ü. Karabük Teknik Eğitim Fakültesi TEKNOLOJİ*, 1-2: 67-82 (2000).
7. Gondi, P., Mattogno, G., Sili, A. and Foderaro, G., "Structural characteristics at surface and barkhausen noise in AISI 4340 steel after grinding", *Nondestructive Testing and Evaluation*, 10: 255-267 (1993).
8. Shaw, M.C., "A production engineering approach to grinding temperatures", *Journal of Materials Processing Technology*, 44: 59-69 (1994).
9. Srivastava, A.K., Yuen K.M., and Ebustavi M.A., "Surface finish in robotic disk grinding", *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 32: 269-297 (1992).
10. Lidsay R.P., "On the metal removal and wheel removal parameters, surface finish, geometry and thermal damage in precision grinding", Ph.D. Dissertation, *Worhester Polytechnic Institute*, Worchester, England, 22-60 (1971).
11. Subramanian, K. and Lindsay, R. P., "A systems approach for the use of vitrified bonded superabrasive wheels for precision production grinding", *ASME Journal of Engineering For Industry*, 114: 61-66. (1992).
12. Chen, X. and Brian, W., "Analysis and simulation of the grinding process, Part II: Mechanics of grinding", *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 36: 883-896 (1996).

13. Ramseh, N., Radhakrishnan, V. and Muriti, Y.V.S., "Investigations on laser dressing of grinding wheels - Part I. Preliminary study", *ASME Journal of Engineering for Industry*, 102: 244-251 (1980).
14. Rajmohan, B. and Radhakrishnan, V., "On the possibility of process monitoring in the grinding by spark intensity measurements", *ASME Journal of Engineering For Industry*, 116: 124-129 (1994).
15. Srihari, G., and Lal, G.K., "Mechanics of vertical surface grinding", *Journal of Processing Technology*, 44: 14-28 (1994).
16. Huang, L., Chen Joseph C., and Chang, T., "Effect of tool/chip contact length on orthogonal turning performance", *Journal of Industrial Technology*, 15(2): 88-91 (1999).
17. Saini, D.P., Wager, G.J., and Brown, R.H., "Practical significance of contact deflections in grinding", *Annals of the CIRP*, 31(1): 215-219 (1982).
18. Nakayama, K., Brecker, J. and Shaw, M. C., "Grinding wheel elasticity", *ASME Journal of Engineering For Industry*, 93(5): 609-614 (1971).
19. Verkerk, J., "Final report concerning CIRP cooperative work on the characterization of grinding wheel topography", *Annals of the CIRP*, 26(2): 385-395 (1971).
20. Fuh, K. and Wabg, S., "Force modelling and forecasting in creep feed grinding using improved BP neural network", *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 37: 1167-1178 (1997).
21. Wen, M., Tay, A.O. and Nee, A.C., "Micro-computer based optimization of the surface grinding process", *Journal of Materials Processing Technology*, 29: 75-90 (1992).
22. Cander, P., "The intrinsic characteristics of ground surface", *The Proceedings of The Abrasive Engineering Society's International Technical Conference* (1975).
23. Akkurt, M., Talaş Kaldırma Yöntemleri Ve Takım Tezgahları, *İ.T.Ü. Makina Fakültesi*, İstanbul, 167-188 (1996).
24. McFarland, D.M. and Bailey, G.E., "The design and analysis of a polypropylene hub CBN wheel to suppress grinding chatter", *ASME Journal of Manufacturing Science And Engineering*, 121: 28-31 (1999).
25. Srihari, G. and Lal, G.K., "Mechanics of vertical surface grinding", *Journal of Materials Processing Technology*, 62: 393-396 (1996).

26. Kim., S.H, and Ahn, J.H., "Decision of dressing interval and depth by the direct measurement of the grinding wheel surface", *Journal of Materials Processing Technology*, 88: 190-194 (1999).
27. Güllü, A., "Silindirik Taşlamada İstenen Yüzey Pürüzlülüğünü Elde Etmek İçin Taşlama Parametrelerinin Bilgisayar Yardımı İle Optimizasyonu", Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 27-85 Ankara (1995).
28. Güllü, A. and Ercan, F., "Zımpara taşlarının bilenmesi ve taşlama verimliliği", *Endüstriyel Teknoloji Bilimsel ve Teknik Dergi*, 1: 54-59 (1994).
29. Matsumoto, Y., Barash, M. and Liu, C. R., "Effecting of hardness on the surface integrity of AISI 4340 steel", *ASME Journal of Engineering For Industry*, 108: 175-196 (1986).
30. Brinksmeier, E., Cammett, J.J., Leskovar, P., Peters, J. and Tonshoff, H.K., "Residual stresses-measurement and causes in machining processes", *Annals of the CIRP*, 31: 491-510 (1982).
31. Tonshoff, H. K. and Brinksmeier, E., "Determination of mechanical and thermal influences on machined surfaces by microhardness and residual stresses analysis. *Annals of the CIRP*, 29: 519-530 (1980).
32. Yui, A. and Soo Lee, H., "Surface grinding with ultra high speed CBN wheel", *Journal of Materials Processing Technology*, 62, 393-396 (1996).
33. Lim, G.H., "Tool wear in machine turning", *Journal of Materials Processing Technology*, 25-36 (1995).
34. Zhong P.S., Zhu, C.B. and Trmal G., "An application of expert system approach to production grinding, lapping and polishing processes for optical products", *Journal of Materials Processing Technology*, 44, 179-186 (1994).
35. Yu, X.X. and Lau, W.S., "A finite-element analysis of residual stress in stretch grinding", *Journal of Materials Processing Technology*, 94: 13-22 (1999).
36. Okuyama, S., Nakamura, Y. and Kawamura, S., "Computation of grinding temperature considering the convective heat transfer", *Journal of Japan Society of Precision Engineering*, 59: 631-636 (1993).
37. Fuh, K.H. and Huang, J.S., "Thermal analysis of creep-feed grinding", *Journal of Materials Processing Technology*, 43: 109-124 (1994).
38. Lavine, A.S. and Jen, T.C., "Thermal aspects of grinding: Heat transfer to workpiece, wheel and fluid", *ASME Journal of Heat Transfer*, 113: 296-303 (1991).

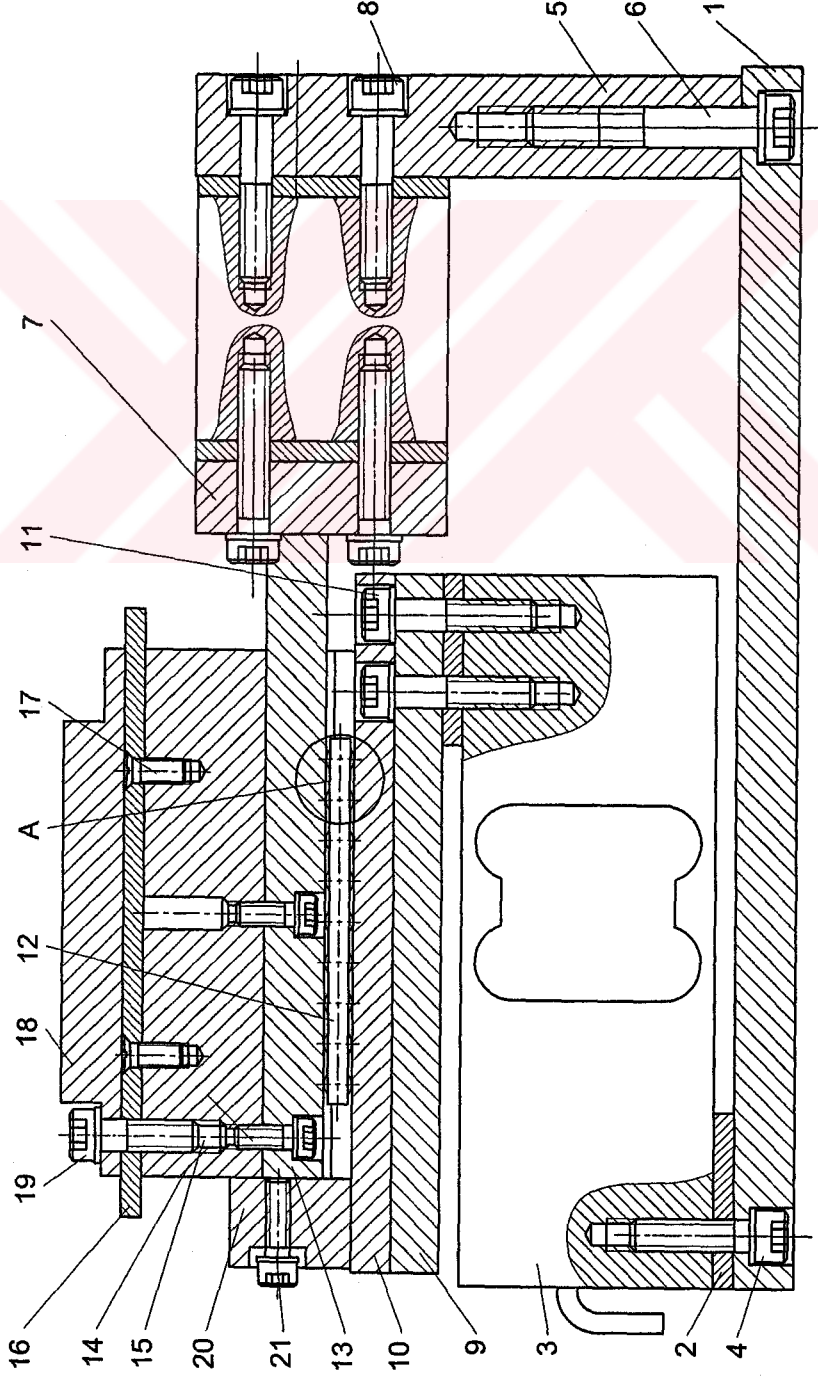
39. Lavine, A.S. and Jen, T.C., "Coupled heat transfer to workpiece, wheel and fluid in grinding and the occurrence of workpiece burn", *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 34: 983-992 (1991).
40. Jen, T.C. and Lavine, A.S., "Variable heat flux model of heat transfer in grinding with boiling", *ASME Journal of Heat Transfer*, 118: 463-470 (1996).
41. Chang, C.C. and Szeri, A.Z., "Thermal analysis of grinding", *ASME Mechanics in Materials Processing and Manufacturing*, 194: 103-113 (1994).
42. Zheng, H.W. and Gao, H., "General thermal model for grinding with slotted or segmented wheel", *Annals of the CIRP*, 43: 287-290 (1994).
43. Jaeger, J., "Moving sources of heat and the temperature at sliding contacts", *Journal of Proceedings of the Royal Society of New South Wales*, 76: 203-224 (1942).
44. Des Ruisseaux, N.R. and Zerkle, R.D., "Temperature in semi-infinite and cylindrical bodies subjected to moving heat sources and surface cooling", *ASME Journal of Heat Transfer*, 24: 456-464 (1970).
45. Chiu, N. and Malikin, S., "Computer simulation for cylindrical plunge grinding", *Annals of the CIRP*, 42: 383-387 (1993).
46. Harris, M.W. and Lavine, A.S., "Thermal aspects of grinding: The effect of the wheel bond on heat transfer to abrasive grain", *ASME Journal of Engineering For Industry*, 113: 395-401 (1991).
47. John, A.S., "Introduction to manufacturing processes", *McGraw Hill Book Company, Second Edition*, Singapore, 441-553 (1987).
48. Holmberg, K. and Matthews, A., Coating tribology, *Elsevier*, London, England 11-268 (1994).
49. Malikin, S., "Grinding technology and applications", *Ellis Horwood*, Chichester, 47-48, (1989).
50. Pandey, S.J., Halder S.N. and Lal, G.K., "Evaluation of grinding wheel performance", *Wear*, 58: 237-245 (1980).
51. Matsuo, T. and Sonoda, S., "The rating of wheel in laboratory snag grinding", *Annals of the CIRP*, 29: 221-225 (1986).
52. Miller, M.H. and Dow, T.A., "Influence of the grinding wheel in the ductile grinding of brittle material: development and verification of knematic based

- model", *ASME Journal of Manufacturing Science And Engineering*, 121: 638-646 (1999).
53. Saini, D.P., "Wheel hardness and local elastic deflections in grinding", *International Journal of Machine Tools Manufacture*, 119: 509-519 (1990).
 54. Jiang, L. and Paro, J., "Comparison of hiped austenitic 316L, duplex 2205 and super duplex 2507 and as-cast 304 stainless steels using alumina wheel", *Journal of Materials Processing Technology*, 62: 1-9 (1996).
 55. Demir, H., "Alüminyum oksit zımpara taşlarıyla silindirik taşlamada çeşitli çelikler için taşlama oranlarının belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 65-100 (1998).
 56. ISO 5725-1, "Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results, Part 1: General principles and definitions", *International Standards*, (1994).
 57. ISO 5725-2, "Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results, Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of standard measurement method", *International Standards*, (1994).
 58. ISO 5725-3, "Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results, Part 3: Intermediate measure of the precision of a standard measurement method", *International Standards*, (1994).
 59. ISO 5725-4, "Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results, Part 4: Basic method for the determination of the trueness of a standard measurement method", *International Standards*, (1994).
 60. ISO 5725-5, "Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results, Part 5: Alternative methods for the determination of the precision of a standard measurement method", *International Standards*, (1998).
 61. ISO 5725-6, "Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results, Part 6: Use in practice of accuracy values", *International Standards*, (1994).
 62. Güllü, A., Özdemir, A. ve Demir, H., "Yüzey pürüzlülüğü ölçme yöntemleri ve mukayesesi", *Z.K.Ü. Karabük Teknik Eğitim Fakültesi TEKNOLOJİ*, 6 (1-2): 79-92 (2003).
 63. Sherington, I. and Smith, E.H., "Parameters for characterising the surface topography of engineering components", *Proceedings of the Institute of Mechanical Engineers, Part C*, 201: 297-306, (1987).

64. Thomas, T.R., "Characterising of surface roughness", *Precision Engineering*, 3: 97-104 (1981).
65. Thomas, T.R. and Charton, G., "Variation of roughness parameters on some typical manufactured surfaces", *Precision Engineering*, 3: 91-96 (1981).
66. King, T.G. and Spedding, T.A., "On the relationships between surface profile height parameters". *Wear*, 83: 91-108 (1982).
67. Barash, M., "Shop built instrument checks surface finishes", *Machinery*, 72: 177-185 (1966).
68. Korkut, İ., Dönertaş, M.A. and Şeker, U., "Üç boyutlu dinamometre tasarımı ve imalatı", *Z.K.Ü. Karabük Teknik Eğitim Fakültesi TEKNOLOJİ*, 2(1-2): 115-129 (1999).
69. Noltingk, B.E., Jone's instrument technology-Volume 1: Mechanical measurements, *Butterworths*, London, 144-151 (1989).
70. Firma Katalogları, (*Stellram, Turning tools-Sandvik Coromant, Tedeo Hunleight*).
71. Kurt, A., "Doğrusal hareketle talaş kaldıran vargel tezgahında kesme kuvvetlerinin ölçülmesi için bir dinamometre tasarımı ve imalatı". Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 13-48 (2001).
72. Beckwith, T.G., and Marangoni, R.D., "Mechanical measurements", *Addison-Wesley*, New York, 224-226 (1990).
73. Holman, J. D., Experimental methods for engineers, *McGraw Hill Book Company*, Singapore (1989).
74. Kim, T. Y. and Kim, J., "Adaptive cutting force control for a machining center by using indirect cutting force measurement", *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 36(8): 925-937 (1996).
75. Strafford, K. N., Audy, J., "Indirect monitoring of machinability in carbon steels by measurement of cutting forces", *Journal of Material Processing Technology*, 67 (1-3): 150-156 (1997).
76. Dönertaş, M. A., "Freze tezgahında gerinim ölçme esaslı, bilgisayar bağlantılı dinamometrenin tasarımı ve imalatı". Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 40-62 (1999).
77. Salmon, S.C., Modern grinding process technology, *McGraw-Hill*, New York, 103-109 (1992).

78. TS 291, “Taşlama taşları”, *Türk Standardları*, Ankara (1977).
79. Bağcı, M., Erişkin, Y. ve Aslaner, M., Taşlamacılık ve alet bileme teknolojisi, *MEB Basımevi*, İstanbul, 95-104 (1982).
80. Mendi, F., Takım tezgahları teori ve hesapları, *72TDFO Ltd Şti.*, Ankara, 178-186 (1996).
81. Güllü, A. ve Demir, H., “Silindirik taşlamada taş tane büyüklüğü, taş dokusu ve taş sertliğinin taşlama oranına etkileri”, *Makina Tasarım ve İmalat Dergisi*, 3(5): 193-199 (2000).
82. Thelning K.E., Çelik ve ısıt işlemleri, *Bofors El Kitabı*, Çeviren: Adnan Tekin, *İ.T.Ü.*, İstanbul, 4-52 (1984).
83. Smith W.F., Mühendislik alaşımlarının yapı ve özellikleri, Cilt:1, Çeviren: Mehmet Erdoğan, *Nobel Yayın Dağıtım*, Ankara, 221-245 (2000).
84. Tekiner, Z. ve Şeker, U., “Bağlama kalıbı tasarımında bağlama kuvveti hesaplarının otomasyonu”, *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 25: 19-30 (2001).





50	Parça Sayısı	21			
1	M8x15 Aryan Başlı Cıvata	20	00-01-15	AISI 1050	Hazır
2	M8x20 Aryan Başlı Cıvata	19	00-01-11	Değişken	Hazır
3	İş Parçası	18	00-01-10	AISI 1050	Hazır
4	M6x20 Havaşa Başlı Cıvata	17	00-01-09	AISI 1050	Hazır
5	Kapak	16	00-01-08	AISI 1050	Hazır
6	M6x25 Aryan Başlı Cıvata	15	00-01-07	AISI 1040	Hazır
7	İş Parçası Altılığı	14	00-01-06	AISI 1050	Hazır
8	Kızak	13	00-01-05	AISI 1050	Hazır
9	Rulman	12	00-01-04	AISI 1040	Hazır
10	M8x60 Aryan Başlı Cıvata	11	00-01-03	AISI 1030	Hazır
11	Serbestleştirilmiş Altılık	10	00-01-02	AISI 1040	Hazır
12	Altılık	09	00-01-01	AISI 1040	Hazır
13	M8x50 Aryan Başlı Cıvata	08	00-01-00	AISI 1040	Hazır
14	Dayanma	07	00-01-00	AISI 1040	Hazır
15	M10x100 Aryan Başlı Cıvata	06	00-01-00	AISI 1040	Hazır
16	Yan. Tabla	05	00-01-00	AISI 1040	Hazır
17	M8x45 Aryan Başlı Cıvata	04	00-01-00	AISI 1040	Hazır
18	Yük Hüfresi	03	00-01-00	AISI 1040	Hazır
19	Yük Hüfresi Altılığı	02	00-01-00	AISI 1040	Hazır
20	Tabla	01	00-01-00	AISI 1040	Hazır
21	Parça Adı	Mon. Nr.	Resim Nr.	Gereç	Açıklama
Sayı	Çizen	Halil DEMİR			
Ölçek	Kontrol	Yrd. Doç. Dr. Abdulkadir GÜLLÜ			
		Prof. Dr. UMI ŞEKER			
		DÜZLEM TAŞLAMA TEZGAHI İÇİN			
		DYNAMOMETRE			
1/2			Resim No:	00-01-00	

ÖZGEÇMİŞ

01.01.1969 tarihinde Malatya'nın Hekimhan kazasında doğan Halil Demir, ilkokulu Hekimhan'da, ortaokulu Malatya Sümer Ortaokulu'nda ve lise tahsilini Malatya Şehit Kemal Özalper EML ve Teknik Lisesi'nde tamamladı. 1990 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi'nde lisans eğitimine başladı. 1994 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü'nden mezun oldu ve aynı yıl Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak göreve başladı. Şubat 1995'te Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitiminde yüksek lisans eğitimine başlayarak, Ocak 1998 tarihinde yüksek lisans eğitimini tamamladı. Ekim 1998'de Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitiminde doktora eğitimine başladı.