T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TAŞLAMA İŞLEMİNDE TİTREŞİMİN İZLENMESİ VE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN REGRESYONLA MODELLENMESİ

Levent ÇELİK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

KONYA, 2010

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TAŞLAMA İŞLEMİNDE TİTREŞİMİN İZLENMESİ VE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN REGRESYONLA MODELLENMESİ

Levent Çelik
Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Eğitimi Anabilim Dalı
Danışman: Yrd. Doç. Dr. İlhan ASİLTÜRK
2010, 117 Sayfa
Jüri: Yrd. Doç. Dr. İlhan ASİLTÜRK
Doç.Dr. Hayrettin DÜZCÜKOĞLU
Yrd.Doç.Dr.Mete KALYONCU

Bu çalışmada, 62 HRC sertlikte AISI 8620 sementasyon çeliği CNC taşlama tezgahın da dış silindirik taşlama işlemine tabi tutulmuştur. Kesme parametreleri olarak işin devri, ilerleme ve talaş derinliği alınmıştır. Bu değerlere karşılık çıkış olarak; offline ölçülen ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra), ortalama pürüzlülük yüksekliği (Rz) ve online olarak ölçülen z yönündeki titreşim (a_z) sinyalleri alınmıştır. Deneysel sonuçlardan istatistiksel regresyonla I. derece, II. derece ve logaritmik olarak Ra, Rz ve a_z değerlerini tahmin eden regresyon denklemleri elde edildi. Modelde faktörlerin etkinliği varyans analizi (ANOVA) ile tespit edildi. Regresyon için MİNİTAB 14 adlı istatistik programı, ANOVA testi için SPSS 16.0 istatistiksel programı kullanıldı. Üç farklı regresyon modeli ile elde edilen tahmin değerleri karşılaştırıldı. Bu çalışma için verilen şartlarda en yüksek belirtme katsayısı (R^2), II. dereceden regresyon modeliyle Ra için % 84,6, Rz için % 89 ve a_z için % 92,7 bulunmuştur. Elde edilen teorik ve pratik kazanım imalat sektöründe çeşitli alanlarda kullanılacaktır.

Anahtar Kelimeler: CNC Silindirik Taşlama, Yüzey Pürüzlülüğü, Titreşim, Regresyon Analizi, Varyans Analizi

ABSTRACT

POST GRADUATE THESIS

MONITORING VIBRATION IN GRINDING PROCESS AND REGRESSION MODELLING OF SURFACE ROUGHNESS

Levent ÇELİK
Selçuk University
Institude of Natural and Applied Sciences
Mechanical Education Branch
Advisor: Asst. Prof. Dr. İlhan ASİLTÜRK
2010, 117 Page
Jury: Asst. Prof. Dr. İlhan ASİLTÜRK
Asoc.Dr. Hayrettin DÜZCÜKOĞLU
Asst. Prof. Dr.Mete KALYONCU

In this study, 62 AISI 8620 steel which was hardened by carburizing process used in external cylindrical grinding process. Cutting speed, tool feed rate and cutting depth were taken as cutting parameters. Corresponding to these parameters, offline mean surface roughness (Ra), maximum profile roughness height (Rz), and vibrations which are measured at z direction (a_z) signals were measured. Regression equations which can predict Ra, Rz and a_z were modeled as I. Degree, II. Degree and logarithmic equations, by using statistical regression due to experimental results. Effectiveness of factors in the model was determined by variance analysis (ANOVA). MINITAB.14 statistical software was used for regression analysis and SPSS 16.0 statistical software was used for ANOVA test. Predicted values which were obtained three different regression models, were compared with each other. For this study, the best correlation coefficient (R^2) values at given circumstances were obtained % 84,6 for Ra, % 89 for Rz and % 92,7 for a_z by II. Degree regression model. Obtained theoretical and practical acquisitions can be used in various areas of manufacturing sector in the future.

Key Words : CNC Cylindrical Grinding, Surface Roughness, Vibration, Regression Analysis, Variance Analysis

TEŞEKKÜR

Teknolojik gelişmelerin ışığında hızla gelişen ve büyüyen talaş kaldırma teknolojisine fayda sağlaması amacıyla yaptığım bu çalışmanın planlanması ile teorik araştırma ve deneysel çalışmalar sırasında sağladığı araştırma olanakları, rehberlik ve yardımlarıyla kesintisiz çalışma fırsatı verdiği için öncelikle danışman hocam Yrd. Doç. Dr. İlhan ASİLTÜRK'e, deneysel çalışmanın yapılmasında yoğun iş tempolarına rağmen bize vakit ayırıp deneylerin yapılmasına katkı sağlayan Erdiren dişli imalat yönetimi ve personeline, deney sonuçlarının yorumlanmasında yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Mehmet Turan DEMİRCİ hocama ve yüksek teknik öğretmen Harun AKKUŞ'a, maddi ve manevi destekleriyle hayatım boyunca bana hep yardımcı olan sevgili aileme en içten duygularımla teşekkür ederim.

Levent ÇELİK

Haziran 2010

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **i**
ABSTRACT ..... **ii**
İÇİNDEKİLER ..... **iv**
ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **ix**
SEMBOLLER LİSTESİ ..... **xiii**
KISALTMALAR ..... **xiv**
1.GİRİŞ **1**
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **3**
2.1 Taşlama İşleminde Talaş Kaldırma Mekaniği **3**
2.2 Taşlamada Parametrelerin Etkisi **6**
2.2.1 Taşlama İşleminde Kullanılacak Aşındırıcıların ve Birleştirme Maddelerinin Etkisi **7**
2.3 Taşlama İşleminde Bilemenin Etkisi **7**
2.4 Taşlama Kuvvetleri ve İşleme Parametreleri Arasındaki İlişki **8**
2.5 Silindirik Taşlamada Taşlama Parametreleriyle Yüzey Pürüzlülüğü Ve Taşlama Oranı Arasındaki İlişki **9**
2.6 Taşlamayı Etkileyen Faktörlerin Gruplanması **9**
2.7 Titreşimli Durumunda Taşlama Kuvvetlerinin Ölçümü **11**
2.8 Yüzey Bütünlüğünün Haddeleme Değme Yorulmasında Taşlama İle Sert Tornalamadaki Etkisi Bölüm 1: Akustik Emisyon Sinyalleri ile Yorulma Ömrünün Karşılaştırılması **12**
2.9 Yüzey Taşlama İşleminde Geometrik Hata İçin Taguchi ve Tepki Yüzey Metodolojilerinin Uygulanması **12**
2.10 Taşlamada Tırlamanın Nedenleri ve Bastırılması **13**
2.11 En Uygun Soğutma Şartları Kullanılarak Sertleştirilmiş Çeliklerin Taşlanması **13**
2.12 Taşlama İle Sertleştirme İşleminde Taşlama Taşının Etkisi **14**
2.13 Yüzey Taşlamada Taşlama Kuvvetlerinin Deneysel Olarak Ölçülmesi ve Modellenmesi **14**
3.TAŞLAMA İŞLEMİ **15**
3.1Taşlamanın Tanımı **15**
3.2 Taşlama İşleminde Talaş Kaldırma Olayı **17**

3.3 Kesme Hızı 18
3.4 Kesme Teorileri 21
3.5 Taşlama Çeşitleri 22
3.5.1 Silindirik Taşlama 22
3.5.1.1 Silindirik Dış Yüzey Taşlama 22
3.5.1.2 Silindirik İç Yüzey Taşlama 25
3.5.2 Düzlem Yüzey Taşlama 26
3.5.2.1 Yatay Düz Yüzey Taşlama 26
3.5.2.2 Düşey Düz Yüzey Taşlama 26
3.6 Genel Taşlama İşlemi Hataları 27
3.6.1 Kullanıcı Hataları Ve Teknolojik Bilgi Hataları 27
3.6.2 Taşma İşleminde, İş Parçasından Kaynaklanan Hatalar 28
3.6.3 Taşlama Taşının İmalat Hataları 28
3.6.4 Otlama 28
3.6.4.1 Otlamanın nedenleri 28
3.6.4.2 Taşlama İşleminde Otlamanın Gerçekleşmesi 30
4.TAŞLAMAYA ETKİ EDEN FAKTÖRLER 32
4.1 Taşlama Taşının Özellikleri 32
4.1.1 Aşındırıcı Taşın Sertliği 33
4.1.2 Tane Büyüklüğü 34
4.1.3 Tane Sertliği 35
4.1.4 Taşın Dokusu 36
4.2 Malzeme ve Şekli 37
4.3 Kesme Hızı 37
4.4 İş Parçasının Hızı 39
4.5 Tabla İlerleme Hareketi 39
4.6 Talaş Derinliği 40
4.7 Temas Yüzeyi 41
4.8 Kesme Sıvısı 41
5. TAŞLAMA İŞLEMİNDE İZLEME VE KONTROL 43
5.1 Kesici Takımların Aşınması ve Profilinin Ölçümünde CCD Kameranın kullanımı 44
5.2 Taşlamada Yapay Zekanın Uygulamaları 46

5.3 Taşlamada Yanma Hatalarının AE Sinyalleri Vasıtasıyla Bulanık Mantıkla Tanınması **46**
6.TAŞLAMA İŞLEMİNDE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN İNCELENMESİ.... 50
6.1 Yüzey Pürüzlülüğü **50**
6.1.1 Tanımı **50**
6.1.2 Yüzey Yapısının Özellikleri **51**
6.1.3 Yüzey Pürüzlülüğünün Önemli Olduğu Durumlar **52**
6.1.4 Yüzey Kalitesini Etkileyen Faktörler **52**
6.1.5 Yüzey Kalitesinin Sayısal Olarak Değerlendirilmesi **53**
6.1.5.1 Ortalama Çizgi Sistemi(M) **53**
6.1.5.2 Zarf sistemi (Z) **57**
6.2 Yüzey Pürüzlülük Ölçme Metotları **58**
6.2.1 Dokunma Metodu **59**
6.2.2 Mekanik Metot **59**
6.2.3 Hidrolik metot **59**
6.2.4 Pnömatik Metot **59**
6.2.5 Yüzey Dinamometresi Metodu **61**
6.2.6 Kapasitans Metodu **61**
6.2.7 X Işın Metodu **61**
6.2.8 Elektron Mikroskobu Metodu **61**
6.2.9 Optik Mikroskop Metodu **62**
6.2.10 Kesit Alma Metodu **62**
6.2.11 Karşılaştırma Mikroskoplu Metot **62**
6.2.12 Optik Yansıtma Metodu **62**
6.2.13 İnterferometri Metotları **63**
6.2.14 İzleyici Uçlu Cihazlarla Pürüzlülük Ölçümü **63**
6.2.15 Optik Parazit Aletleri Metodu **65**
6.2.16 Replika (Mask) Metodu **66**
6.2.17 Elektro-Fiber-Optik Sistem Metodu 66
6.3 İşleme Metotlarının Yüzeye Etkileri **66**
6.3.1 Titreşimin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi **70**
6.3.1.1 Titreşim Sınıflandırılması **71**

6.3.1.2 Titreşim Testleri 72
6.3.1.3 Titreşim Ölçer (İvme metre) Seçiminde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar.... 73
6.3.1.4 Titreşimin Ölçülmesi 74
7. TAŞLAMA İŞLEMİNDE İSTATİSTİKSEL REGRESYON İLE TAHMİN MODELLERİ 76
7.1 Regresyon Analizi İle Tahmin 76
7.1.1 İstatistik 76
7.1.2 Deneye ve Gözleme Dayalı Çalışmalar 76
7.1.3 Regresyon Analizi 77
7.1.3.1 I. Dereceden (Lineer) Regresyon Modeli 79
7.1.3.2 II. Dereceden Regresyon Modeli 79
7.1.3.3 Logaritmik Regresyon Denklemi 79
7.1.4 Regresyon Tahmin Modeli Örnekleri 79
7.2 Varyans Analizi (ANOVA) 81
8.TAŞLAMADA YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ VE TİTREŞİMİN İSTATİKSEL OLARAK TAHMİN EDİLMESİ 82
8.1 Materyal ve Metot 82
8.1.1 Kullanılan Taşlama Taşı 84
8.1.2 Veri alma ekipmanları 84
8.1.3 Deneyde Kullanılan Taşlama Tezgahı 86
8.1.4 Deney Tasarımı 86
8.1.5 Deneyin Yapılışı 87
8.2 Deney Sonuçları 89
8.2.1 Ra (Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü) Ölçüm Sonuçları 89
8.2.2 a_z Titreşim Ölçüm Sonuçları 93
8.2.3 Titreşim (a_z) ile Ra (Ortalama Yüzey pürüzlülüğünün)Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması 96
8.2.4 Verilerin Regresyon Modeli İle İstatistiksel Modellenmesi 97
8.2.4.1 Ra (Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü) İçin Regresyon Denklemleri 97
8.2.4.2 Rz (Ortalama Pürüz Yüksekliği) İçin Regresyon Denklemleri 101
8.2.4.3 a_z Titreşimi İçin Regresyon Denklemleri 104
9.SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE ÖNERİLER 107

10.KAYNAKLAR..... 109
Ek 1 : Deney Sonuçları **114**
Ek 2 : Ra (Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü) İçin Regresyon Model Sonuçları **115**
Ek 3 : Rz (Ortalama Pürüz Yüksekliği) İçin Regresyon Model Sonuçları **116**
Ek 4 : a_z Titreşim İçin Regresyon Model Sonuçları..... **117**

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 Talaş Oluşumunun Üç Aşaması. **5**
Şekil 2.2 Taşlamada Talaş Oluşum Modeli **6**
Şekil 2.3 Hassas Taşlamada Taş Aşınmasının Kaldırılan Talaş Miktarı İle İlişkisi. **7**
Şekil 3.1 Metallerin Taşlama Taşı İle İşlenerek Taşlanması **16**
Şekil 3.2 Kesme İçin Taşın Kendi Ekseni Etrafında Dönmesi **16**
Şekil 3.3 Kesme İçin Taşın İşe Dalması **16**
Şekil 3.4 Kesme İçin İşin Hareket Etmesi **16**
Şekil 3.5 Zımpara Taşının Tane Açıları **17**
Şekil 3.6 Zımpara Taşının Aşındırma (Kesme) Etkisi. **18**
Şekil 3.7 Kesme Hızının Hesaplanmasında Kullanılan Harfler **19**
Şekil 3.8 Kademeli Kasnakla Hız Değişimi **20**
Şekil 3.9 Supap Tablasının Taşlanması **23**
Şekil 3.10 Krank Millerini Taşlama İşlemi **23**
Şekil 3.11 Puntasız Taşlama İşlemi **24**
Şekil 3.12 Çeşitli Silindirik İç Yüzey Taşlama İşlemleri **25**
Şekil 3.13 Silindirik İç Çap Taşlama İşlemi **25**
Şekil 3.14 Motor Bloklarının Taşlanması **26**
Şekil 3.15 Taşlama İşleminde Otlama Olayının Meydana Gelmesi **30**
Şekil 3.16 Taşlama İşleminde Otlama Olayının Grafiksel Çıktısı **31**
Şekil 4.1 Taşlama Taşının Üzerindeki Rakam Ve Harflerin Anlamı **32**
Şekil 4.2 Taş malzemeleri **34**
Şekil 4.3 Taş dokuları; a) Seyrek doku, b) Sık doku. **36**
Şekil 4.4 Taşlama taşı üzerindeki sembollerin anlamı. **38**
Şekil 4.5 Taşlama İşleminde Taşın Hareketi **40**
Şekil 4.6 Taşlama İşleminde Verilen Talaş Derinliği **40**
Şekil 4.7 Taşlamada Soğutma İşlemi **42**
Şekil 5.1 Lazerle Taşının Tarama İşlemi **45**
Şekil 5.2 Taşlama İşleminin Kontrolü Prosesi **49**
Şekil 6.1 İşlenmiş Bir Yüzey Yapısı **51**
Şekil 6.2 M sistemine göre yüzey pürüzlülük profili. **54**
Şekil 6.3 Alanlarla Ra değerinin gösterimi **55**

Şekil 6.4 On nokta yükseklik parametresinin tanımlanması **56**
Şekil 6.5 Ordinatlarla R_q değerinin gösterimi..... **56**
Şekil 6.6 Zarf eğrisinin elde edilişi **57**
Şekil 6.7 (a) Düz Yüzeyler İçin Çanak Biçimli Dairesel Başlık **60**
Şekil 6.8 İzleyici Uçun Yüzey Pürüzlülüğü Takibi **64**
Şekil 6.9 İzleyici Uçlu Elektronik Cihazların Şematik Gösterilmesi..... **64**
Şekil 6.10 (a)Taşlama yapılmış yüzey (b) Leplenmiş yüzey..... **65**
Şekil 6.11 Şekil İşleme Metotlarının Metalurijik Etkileri..... **68**
Şekil 6.12 Titreşim Ölçer (Akselometre) iç yapısı **75**
Şekil 8.1 Ç8620 Malzemesinin Boyutları **82**
Şekil 8.2 Deney şeması **83**
Şekil 8.3 Deney Düzeneğinde Titreşim Ölçümü İçin Sensörün Yerleşimi..... **85**
Şekil 8.4 Amplifikatör Kistler Marka 5134B **85**
Şekil 8.5 Mitutoyo SJ 201 yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı..... **85**
Şekil 8.6 CNC Taşlama Tezgahı..... **86**
Şekil 8.7 (a)Taşlanmamış malzeme,(b)Taşlanmış Malzeme..... **87**
Şekil 8.8 Matlab 7.0 Programıyla Titreşimlerin Kaydedilmesi..... **88**
Şekil 8.9 Yüzey Pürüzlülüğünün Ölçülmesi..... **88**
Şekil 8.10 İşin devri n=175 dev/dk ve f=0,2-0,4-0,6mm/dev için talaş deriliği ve yüzey pürüzlülüğü grafiği..... **89**
Şekil 8.11 ilerleme f=0,2mm/dev ve a=0,01-0,05-0,1mm için devirle yüzey pürüzlülüğünün grafiği **90**
Şekil 8.12 a=0,05mm ve n=175-225-275 dev/dk için ilerleme-yüzey pürüzlülüğü grafiği **90**
Şekil 8.13 f=0,6 mm/dev ve a=0,01-0,05-0,1mm için devir sayısı ile yüzey pürüzlülüğü grafiği..... **91**
Şekil 8.14 Üç Boyutlu Ra-n-f Grafiği..... **92**
Şekil 8.15 Üç Boyutlu Ra-f-a Grafiği **92**
Şekil 8.16 n=175 dev/dk ve f=0,2-0,4-0,6 mm/dev için talaş derinliği ve titreşim grafiği **93**
Şekil 8.17 a=0,01mm ve n=175-225-275 dev/dk İçin İlerleme-Titreşim Grafiği **94**
Şekil 8.18 f=0,6 dev/mm ve a=0,01-0,05-0,1 mm İçin İşin Devri-Titreşim Grafiği **95**

Şekil 8.19 Üç Boyutlu a_z-n-f Grafiği **95**
Şekil 8.20 Üç Boyutlu a_z-a-n Grafiği **96**
Şekil 8.21 a_z (Titreşim) İle Ra (Ortalama Yüzey Pürüzlülük) sonuçlarının karşılaştırılması **97**
Şekil 8.22 Ra İçin Regresyon Sonuçları ve Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması **100**
Şekil 8.23 Rz İçin Regresyon Sonuçları ve Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması **103**
Şekil 8.24 a_z için Regresyon Sonuçları ve Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması **106**

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1 İş Parçasının Çevre Hızları ve İlerleme Değerleri **21**
Tablo 4.1 Standart tane büyüklükleri **34**
Tablo 4.2 Zımpara Taşı Sertlikleri **35**
Tablo 4.3 Zımpara Taş Dokuları **36**
Tablo 4.4 Taşlama taşlarının çalışma hızlarının renklerle gösterilmesi. **38**
Tablo 4.5 Ortalama Hız Değerleri **39**
Tablo 6.1 ISO Tarafından Ra Değerinin Simgelenmesi **55**
Tablo 6.2 Yapım Yöntemlerine Göre Erişilebilecek Ra Pürüzlülükleri **69**
Tablo 8.1 AISI 8620 Çeliğinin kimyasal birleşimi **82**
Tablo 8.2 Taşlama Taşının Genel Özellikleri **84**
Tablo 8.3 ST SUPERTEC G32A-80CNC Taşlama tezgahının özellikleri **86**
Tablo 8.4 Kesme Parametrelerinin Üç Seviye Değerleri **87**
Tablo 8.5 Ra için I. Dereceden Regresyon Denklem Katsayıları **98**
Tablo 8.6 Ra için II. Dereceden Regresyon Denklem Katsayıları **98**
Tablo 8.7 Ra için II. derece regresyon modelinde SSPS'de ANOVA sonuçları **99**
Tablo 8.8 Ra İçin Logaritmik Regresyon Denklem Katsayıları **99**
Tablo 8.9 Rz için I. Dereceden Regresyon Denklem Katsayıları **101**
Tablo 8.10 Rz için II. Dereceden Regresyon Denklem Katsayıları **101**
Tablo 8.11 Rz için II. derece regresyon modelinde SSPS'de ANOVA sonuçları **102**
Tablo 8.12 Rz İçin Logaritmik Regresyon Denklem Katsayıları **102**
Tablo 8.13 a_z için I. dereceden regresyon denklem katsayıları **104**
Tablo 8.14 a_z için II. dereceden regresyon denklem katsayısı **104**
Tablo 8.15 a_z için II. derece regresyon modelinde SPSS'de ANOVA sonuçları **105**
Tablo 8.16 a_z için logaritmik regresyon denklem katsayıları **105**

SEMBOLLER LİSTESİ

f : İlerleme(mm/dev)

a_z : Titreşim(mV/g)

a : Talaş derinliği(mm)

Ra : Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü(µm)

Rz : Ortalama pürüzlülük yüksekliği(µm)

L : Örnekleme uzunluğu

M : Profil ortalama çizgisi

n : İşin devri(dev/dk)

V : Kesme hızı(mm/dk)

D_s : Taşlama Taşının çapı (mm)

R : Taşın yarı çapı (mm)

V_s : Taşlama Taşının Çevresel Hızı(m/sn)

n_v : Taşın devri (dev/dk)

d_1 : Kademeli kasnağın küçük çapı (mm)

d_2 : Kademeli kasnağın büyük çapı (mm)

KISALTMALAR

ANOVA : Varyans Analizi

CNC : Computer Numeric Control

HRC : Rocwell C sertlik değeri

AE : Akustik Emisyon

R^2 : Regresyon için belirtme katsayısı

df : serbestlik derecesi

sig : güvenirlilik

γ : Talaş Açısı

β : Kama Açısı

α : Boşluk Açısı

tbb : Taş Tane Büyüklüğü

ts : Taş Sertliği

td : Taş Dokusu

tbo : Taş Bileme Oranı

td : Talaş Derinliği

Ft : Teğetsel kuvvet

Fn : Dik kuvvet

R : Bileşke kuvvet

1.GİRİŞ

Teknolojinin gelişmeye başladığı ilk dönemlerde talaş kaldırmayı etkileyen parametreler, takım aşınması, takım ömrü ve yüzey kalitesini etkileyen faktörler fazla önemsenmiyordu. Ancak talaşlı imalatta, seri imalatın önemli olduğu günümüzde, bu faktörler büyük önem kazanmaktadır.

İmalat sanayindeki temel üretim işlemlerinin şüphesiz en önemlisi talaş kaldırarak yapılan üretimdir. Üreticinin globalleşen dünyada ayakta kalabilmesi ve rekabet edebilmesi; en düşük maliyet ve en kısa sürede istenen boyutta ve yüzey kalitesinde parça üretmesine bağlıdır (Asiltürk, 2007).

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

Taşlama; kullanılan takımlarının sayısına bağlı olarak metallerin işlenmesinde geniş kullanım alanına sahip metotlardandır. Hem silindirik hem de deliklerin işlenmesinde kullanılabilmesi özelliği ile bazı temel üstünlükleri vardır.

Taşlama bir aşındırma işlemidir. Bu yüzden diğer metal işleme şekillerinin çoğundan farklıdır. Bu işlemler metal kesme şeklindedir. Çünkü kesici takım iş parçasından keskin kenarlar yardımıyla parça koparak çalışır. Taşlamada ise, aşındırıcı taneler yardımıyla iş parçası üzerinden parça koparılır. Bu taneler düzenli bir şekle sahip değildir. Birbirine benzemeyen bu aşındırıcı taneler, iş parçasının içine işleyerek birbirine benzeyen parçalar koparırlar.

Metal işleme takımları olarak aşındırıcılar diğer işlemlerde geniş uygulama alanlarına sahiptir. Aşındırma esnasına bağlı takımların kullanıldığı tüm metal işleme yöntemleri “Aşındırma metotları “ olarak adlandırılır.

Aşındırma ile iş parçasına şekil verme en eski metotlardan biridir. Eski tarihlerde bile silahlar ilkel aşındırma metotları ile yapılırdı.

Genel aşındırma metotları ve taşlama, modern metal işleme şekillerinin en önemlilerinden biridir. Bu metotlar, imalatta bazı avantajlar sağlamaktadır. Metal işlemedeki bilinen bütün avantajlar karlı değildir. Metodun üstünlüğü, fiyatta karlılık ve işlem (operasyon) zamanı göz önüne alındığında yüksek niteliklerinden dolayı diğer operasyonların iş durumuna göre belli bir üstünlük sağlar.

Makine elemanlarının istenilen yüzey pürüzlülük değerinde üretilmesi için taşlama işlemi uygulanmaktadır. Taşlama işlemi ister konvansionel ister CNC tezgahlarla yapılsın tezgaha giriş parametreleri doğrultusunda proses sonunda yüzey pürüzlülüğü ölçülmektedir. Ölçü tamlığı ve yüzey pürüzlülük değerinin uygun olmaması ıskarta oranlarını artırmaktadır. Bunu önlemek için gerçek zamanlı kesme kuvvetleri, titreşim, akustik emisyon v.b. sensörlerle prosesin izlenmesi ve kesme parametreleri olan hız ilerleme değerlerinin amaç fonksiyonu doğrultusunda adaptif kontrolü amaçlanmaktadır.

Bu çalışmada talaşlı veya talaşsız imalat yöntemleri için bitirme işlemi olan taşlama prosesinin izlenmesi ile yüzey pürüzlülüğünün regresyon yöntemi ile tahmini amaçlanmıştır. Taşlama taşının izlenmesi ve kontrolü konusunda, literatürde akademik anlamda yapılmış çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu amaçla yapılmış olan deneysel tez çalışması gelecek çalışmalara temel teşkil edecek özellikte görülmektedir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Taşlama işleminin uygulanmasındaki en önemli nedenlerden biri; yüzey pürüzlülük değerlerinin istenilen değerlere getirilmesidir. Bu nedenden dolayı, yüzey pürüzlülük değerini belirlemede, hangi parametrelerin ne derece etkili olduğunu belirlemek amacı ile çok çeşitli araştırmalar yapılmaktadır. Yapılan çalışmalardan bazıları aşağıda verilmiştir.

2.1 Taşlama İşleminde Talaş Kaldırma Mekaniği

Srivastava (1992) yaptığı çalışmada; Bir yüzeyin taşlanması için, ideal kesme, yanal yer değiştirmeyle oluşan kazıma, iş parçasının hareketi, aşındırıcı taş, iş parçasının elastikliği, titreşim gibi birçok işlem kombinasyonunun gerekmekte olduğunu belirtmiştir. Kontrol edilebilen ve edilemeyen çok sayıda değişik parametresinin taşlama işleminde etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Demir ve Güllü (2000) yaptığı çalışmada; Taş ve iş aşınma parametrelerinin fiziksel anlamını vererek, taşlamacılar için yarı deneysel bir eşitlik çıkartmıştır. Taş aşınma parametresi eşitliği, deneysel olarak tayin edilerek, iki parametrenin ilişkisi olarak bilinen G oranı ve özgül enerjiyi ifade etmiştir.

Araştırmada 90º ve 120º koni biçimli taneler ve düzensiz biçimli tanelerden oluşan taşlar kullanılmıştır. İki çelik malzeme üzerinde ve 450 gram kuvvet altında ve 300 m/dak çevresel hızda yapılan araştırmada, taş keskinliğinin artması ile talaş kaldırma oranının da arttığı ve taş aşınma oranın azaldığı gözlenmiştir.

Chen (1996) yaptığı çalışmada, zımpara taşlarının performansı ile ilgili şunları belirtmiştir. Zımpara taşlarının performansı; taş taneleri ile iş parçasının etkileşimine bağlıdır. Bu etkileşimin belirleyicileri ise; tane dağılımı, bileme ve taşlamanın kinematiğidir.

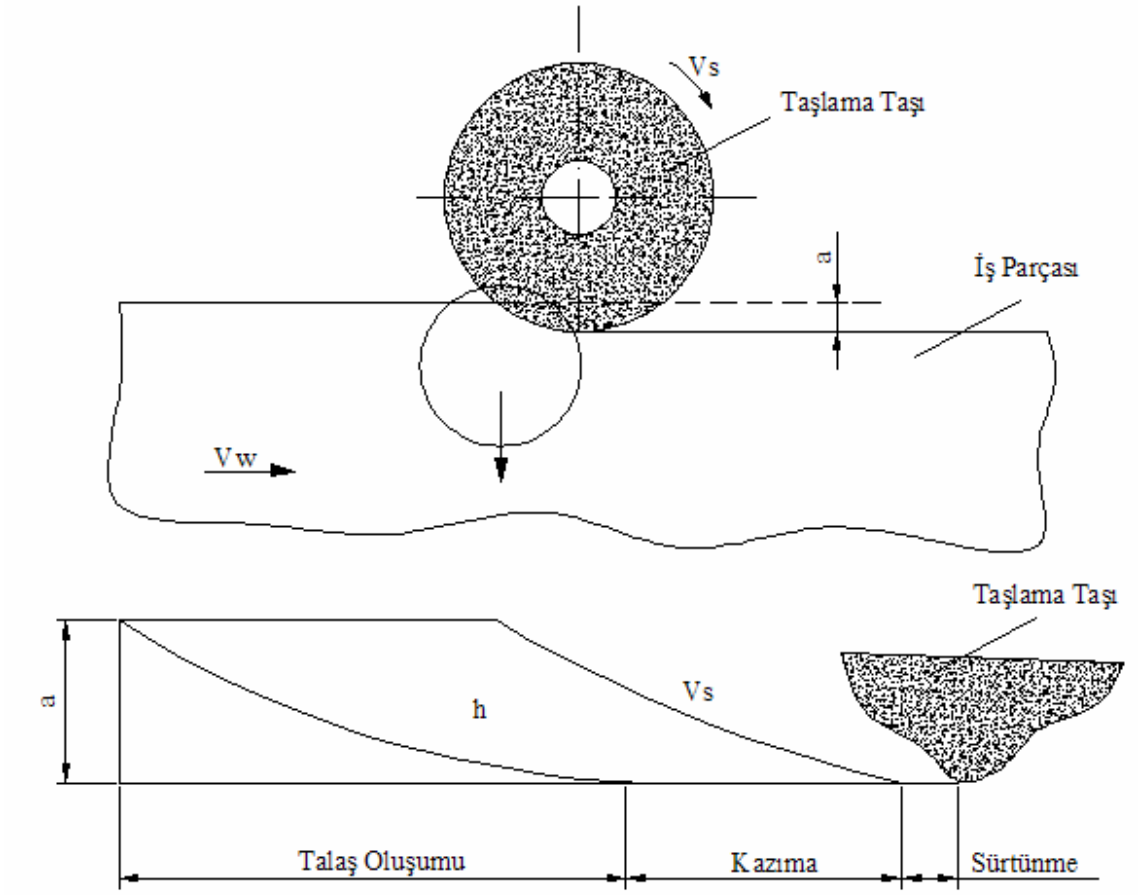
Bu etkileşimin tanımı simülasyon oluşturmak amacı ile kullanılmaktadır. Bilgisayar simülasyonu ile taşlamadaki çeşitli aşamalar görsel olarak temsil edilebilmekte ve sonuçların daha iyi anlaşılmasını sağlamaktadır. İş parçası ile taş arasındaki etkileşim değeri aktif kesici tanelerin şekline, aralığına ve kesit alanına

bağlıdır. Taşlamanın mekaniği, iş parçasının bir kısmını taşıyan, her taş tanesinin harcadığı enerji miktarı ile analiz edilmektedir(Demir ve Güllü, 2000).

Subramanian (1992) yaptığı hassas taşlama işleminde, seramik birleştirmeli süper aşındırıcı taşların kullanımı için bir sistem yaklaşımı yoluyla, daha düşük toplam maliyet, özdeş geometrik parçalar, daha iyi yüzey kalitesi ve daha düşük tolerans elde etme amacına yönelik gereklilikler üzerine" çalışmalar yapmıştır(Demir ve Güllü, 2000).

Chen (1999) yaptığı çalışmada; taşlamanın oluşumu ile ilgili aşağıdaki üç aşamayı belirlemiştir; Taşlamanın oluşumu; sürtünme, kazıma ve kesme olmak üzere üç ardışık kısma ayrılabilir. Şekil 2.1' de talaş oluşumunu üç aşaması görülmektedir. Zıt yönlü 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. Enerjinin en etkin kullanıldığı aşama, talaş kaldırdığı aşamadır. Sürtünme ve kazımada kullanılan enerji verimi düşürmektedir. Çünkü enerjinin bir kısmı deformasyon ve sürtünmeyle harcanmakta, talaş kaldırmak için ise, bu aşamalarda kullanılan enerji çıkarıldıktan sonrası kalmaktadır. Bununda ötesinde iş parçası yüzeyinde büyük sıcaklık oluşarak, yüksek oranda takım aşınması meydana gelmekte ve iş parçasının yüzeyinden belirli bir derinlikte metalürjik hasarlar oluşturmaktadır.

Aşındırıcı taş taneleri; düzensiz şekilli bir kesici takım kabul edilmektedir. Bununla birlikte, Shaw, taş yüzeyinde ki bir taneyi bir küre olarak modellemiştir. Tanenin büyük negatif kesme açılarına sahip olduğu düşünüldüğünde bu modelleme doğru kabul edilebilir. Deformasyon işlemi bir elastik-plastik değeri ile sınırlandırılmıştır. Küre yatay olarak hareket ettikçe, iş parçası yüzeyi altında deformasyona uğramış bölge yüzeyle açılı hale gelmektedir. İş parçası malzemesi yukarı doğru sıkıştırılmakta deformasyonun devamında yüzeyden ayrılacak bir talaş oluşmaktadır.



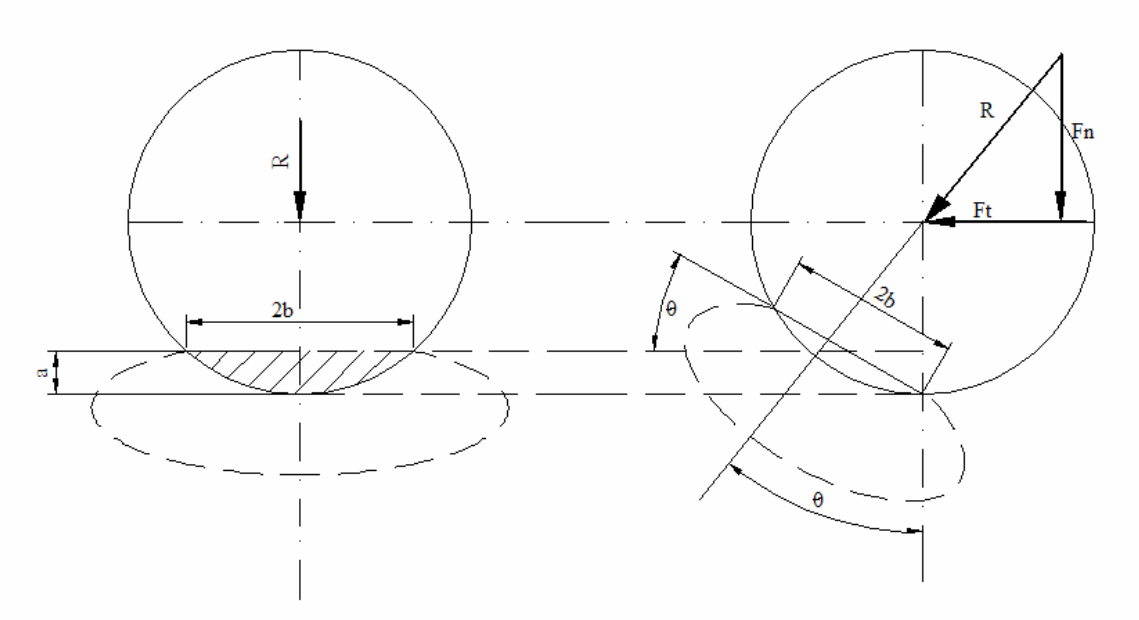
Şekil 2.1 Talaş Oluşumunun Üç Aşaması.

a : Talaş derinliği

V_w : İş parçasının hızı

Vs : Taşlama taşının hızı

Chen (1999) yapmış olduğu çalışmasında küre (taş tanesi) ve iş parçası yüzeyi arasında sürtünme olmadığı zaman, iş parçasına batmak için gerekli olan kuvvetin büyüklüğü sabit ve yüklenme yönünden bağımsız olduğunu belirtilmiştir. Şekil 2.2'de talaş oluşum modeli görülmektedir. Toplam talaş kuvveti ise; taşlama bölgesinde her bir taneye gelen kuvvetleri toplayarak elde edilmektedir. Taşlama işleminde tüketilen enerji ile taşlama kuvveti için bir eşitlik kabul edilmiştir(Kaya,2007).



Şekil 2.2 Taşlamada Talaş Oluşum Modeli

a : Talaş derinliği
Ft : Teğetsel kuvvet
Fn : Dik kuvvet
R : Bileşke kuvvet

2.2 Taşlamada Parametrelerin Etkisi

Demir ve Güllü (2000) yaptıkları çalışmada; yüzey pürüzlülüğünün imalattaki amacı; en yüksek verimlilikle, az maliyetle ve minimum zamanda kabul edilebilir bir yüzey kalitesi elde edilmesi olarak açıklanmıştır. Bu amaçla yüzey pürüzlülüğünü etkileyen değişik parametrelerin araştırılması bir ihtiyaçtır.

Endüstriyel alanda yeni ve modern üretim teknikleri gelişmektedir. Bu gelişmelerle birlikte, mevcut işleme tekniklerinin de iyi analiz edilerek üretimde ekonomiklik ve üründe kalitenin yükselmesi gerekmektedir. İyi seçilemeyen parametreler kesicilerin kırılması, hızlı aşınması ve yanması gibi ekonomik kayıpların yanın da iş parçasının bozulması veya yeni bir işlem gerektirecek derecede, iş yüzey kalitesinin yetersizliği gibi, yine ekonomik kayba ve zaman israfına neden olmaktadır.

2.2.1 Taşlama İşleminde Kullanılacak Aşındırıcıların ve Birleştirme Maddelerinin Etkisi

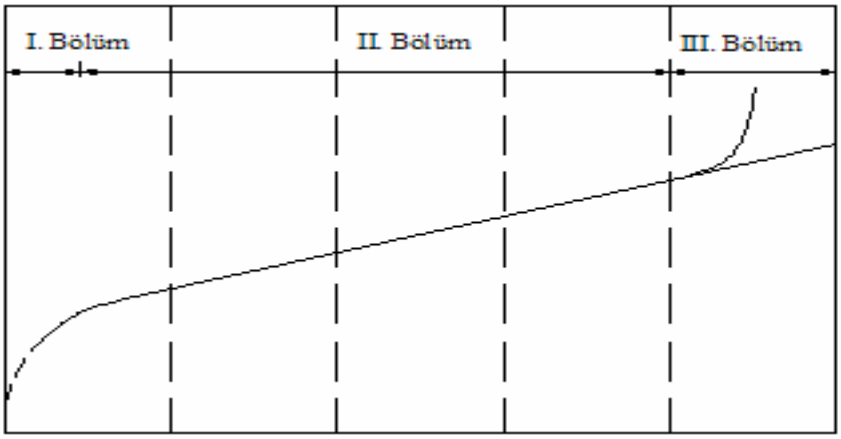
Demir (2003) yaptığı çalışmada; taşlama parametreleriyle ilgili ve aşındırıcı malzemelerinin mekanik etkileri ile ilgili şunları belirtmiştir. Taşlamada parametrelerini etkilerinin belirlenmesi ile taşlama kuvvetleri ve bu kuvvetlerin etkisiyle oluşan mekanik ve ısıl zararların en aza indirgeneceğini de ifade etmiştir.

Aşındırıcı malzemelerin mekanik özellikleri, sertlik, tokluk, aşınmaya karşı mukavemet ve kırılganlıktır. Sertlik, bir malzemenin başka bir malzemeye nüfuz etme özelliğidir. Aşındırıcı ile işlenecek malzeme arasında sertlik farkı ne kadar büyükse aşındırıcı o kadar etkili olmaktadır. Tokluk, malzemenin darbelere karşı mukavemetidir. Aşınma, talaş kaldırma sırasında aşındırıcı taneciğin keskin uçlarının körelmesine neden olan, çok ince toz şeklinde parçacıkların taştan ayrılmasıdır. Aşınma özelliğinden sonraki aşınma ise, kristal yapısının kırılarak parçalanmasıdır.

Birleştirme malzemeleri, aşındırıcı tanecikleri birbirine birleştiren malzemelerdir. Taşın, birleştirme malzemesine bağlı olarak, tanecikleri belirli bir dirence kadar taş bünyesinde tutma kabiliyetine sertlik denmektedir. Taşların sertliği, aşındırıcı taneciklerin sertliği ile karıştırılmamalıdır.

2.3 Taşlama İşleminde Bilemenin Etkisi

Hassas taşlamada, taş aşınmasının kaldırılan talaş miktarı ile ilişkisi Şekil 2.3'de gösterilmiştir. Başlangıçta hızlı bir aşınma olmakta, daha sonra bu aşınma hızı yavaşlamaktadır.



Şekil 2.3 Hassas Taşlamada Taş Aşınmasının Kaldırılan Talaş Miktarı İle İlişkisi.

Şekil 2.3'de 3. kısımda da hızlı bir aşınma olmakta ve kuvvet, sıcaklık ve titreşim artmaktadır. Bu sebepten, taşta ki aşınma son aşamaya gelmeden taş bilenmelidir(Srivastava ve ark. 1992).

Güllü (1995) yaptığı çalışmada ise; Bileme derinliğinin taşlama gücü üzerindeki etkisinin, bileme adımının etkisinden daha fazla olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte bilme derinliğinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi bileme adımından daha zayıftır. Deneysel çalımsalar 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 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.

Ercan ve Güllü (1994) yaptıkları çalışma ile; Zımpara taşlarının bilenmesi ve taşlama verimliliği ile ilgili bir çalışmada; Bileyicinin tipi, geometrisi (etkili kesme profilinin genişliği ve aşındırıcı yüzey uzunluğu), bileme ilerlemesi ve talaş derinliği gibi, bileme şartları ile elde edilen taş aktif yüzey yapısının, taşlama performansını etkilendiğini ifade etmişlerdir.

Yeni bilenmiş keskin bir taşın, aktif yüzeyindeki tane çıkıntılarının toplam sayısının, bileme hızından hemen hemen bağımsız olduğu tespit edilmiştir. Taşın aktif yüzeyindeki çukur ve çıkıntılarda taş köreldiği zaman önemli değişiklikler ortaya çıkar. Çukurlar talaş dolarken, çıkıntılar aşınır ve parlak bir yüzey oluştuğu görülmüştür. Taşın kesme yüzeyi üzerindeki bir hat boyunca rastlanan tanelerin, ince bilenmiş bir taşla yaklaşık % 35 'i, taşlama anında kullanılan gerçek talaş derinliğinde kesme işlemine katılırken, kaba bilenmiş bir taşla bu oran % 15 civarında olduğu saptanmıştır.

2.4 Taşlama Kuvvetleri ve İşleme Parametreleri Arasındaki İlişki

Güllü (1995) ve Demir (1998) çalışmalarında; Silindirik taşlama tezgâhında, alüminyum oksit zımpara taşları kullanılarak taşlanan çeliklerin aşınma oranı ile yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çeşitli fiziksel özellikler ihtiva eden değişik zımpara taşlarının, taşlama oranı ve yüzey pürüzlülüğüne etkileri karşılaştırılmıştır.

Yapılan deneyler de taş tane büyüklüğü, taş dokusu ve taş sertliğinin taşlama oranı ve yüzey pürüzlülüğünü önemli derecede etkilediği görülmüştür. Aynı çalışmalarda çeşitli malzemeler kimyasal bileşim ve fiziksel özelliklerine göre farklı etkiler gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Sonuç olarak; taşlama işleminde taş tanelerinin körlenmesinden dolayı bitirme yüzeyi kalitesinin, verilen tolerans sınırlarını aşmasından taşlar zamanında bilenmelidir. Belirli bir miktarda talaş kaldırmış, taşlarda oluşan taşlama kuvvetleri, yeni bilenmiş taşlarda oluşan taşlama kuvvetlerinin üç katı olduğu görülmüştür. Taşlama işleminde; taşlama oranı ve yüzey pürüzlülüğüne etki eden en önemli parametrelerden biri taş tane büyüklüğü olduğu görülmüştür(Demir ve Güllü, 2000).

2.5 Silindirik Taşlamada Taşlama Parametreleriyle Yüzey Pürüzlülüğü Ve Taşlama Oranı Arasındaki İlişki

Endüstride bazı makine parçaları, ölçme aletleri, kızak hatları, miller, dişli çarklar, merdane, yatak bilezikleri gibi çeşitli makine parçalarının, yüzeylerinin parlak (pürüzsüz) olması mecburiyeti vardır. Bu yüzeylerin korozyona karşı dayanıklı olması için gerekli şartlardan biride taşlama işleminde geçmektir. Bu sisteme göre her parçanın görevini en iyi şekilde yapabileceği, ortalama yüzey pürüzlülük değeri (Ra) standartları belirlenmiştir(Demir ve Güllü, 1995).

Yapılan araştırmalarda, yüzey pürüzlülük değeri azaldıkça, yorulma dayanımı değerinin arttığı tespit edilmiştir(Özkara, 2001).

Güllü (1995) yaptığı çalışmada; silindirik taşlamada istenilen yüzey pürüzlülüğünü elde etmek için taşlama parametrelerinin bilgisayar yardımıyla optimizasyonu adlı doktora tezinde; Yumuşak malzemelerin daha kolay aşındığı için daha az kuvvetle talaş kaldırmakta ve kesici aşınması ve kırılması daha geç olmakta olduğunu belirtmiştir.

2.6 Taşlamayı Etkileyen Faktörlerin Gruplanması

Hassas taşlama işlemleri, daha düşük toplam maliyet, özdeş geometrik parçaların üretimi, daha iyi yüze kalitesi ve daha dar tolerans elde etmek amacına yönelik

çalışmalardır. Bu amaçla, taşlama sonuçlarını etkileyen faktör aşağıdaki gibi gruplandırılmıştır(Demir ve Güllü,1995).

Takım Tezgâhı Faktörü;

- Tasarım; rijitlik, hassasiyet, dinamik kararlılık,
- Özellikler; kontroller, güç, hız vb., kayma ve eksen hareketleri, bileme ve düzeltme donanımı,
- Soğutma; çeşidi, basınç, akış hızı, filtreleme sistemi.

İş Malzemesi Faktörü;

- Özellikler; mekanik, ısıl, kimyasal, aşındırma direnci, mikro yapı.
- Geometri; taş – iş uyumu, soğutma yolu için gerekli form.
- Parça kalitesi; geometri, tolerans, yekparelik.

Taş Seçimi Faktörü;

- Aşındırıcı; çeşidi, özellikleri, tane büyüklüğü, dağılımı, yüzdesi,
- Birleştirme elemanı; sertlik derecesi, çeşidi, rijitliği, gözenekliliği, ısıl iletkenliği.
- Taş tasarımı; biçim, boyut, göbek malzemesi.

Operasyon Faktörü;

- Teknikler; taşlamanın yapılış biçimi, soğutma uygulaması, kullanılan taşlama tekniği, muayene metotları, taş dengesi.
- Cihazlar; kullanılan araç ve gereçlerin tamamı

Demir ve Güllü (1995) yaptıkları çalışmada, tane aşınması ve talaş kaldırma parametreleri incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Talaş kaldırma ve tane aşınması incelenmiştir. Tanenin aşındırırken kendisinin de aşınması olarak adlandırılan G oranı (Taşlama Oranı) değerinin aşındırıcı cinsi, iş malzemesi ve iş-taş arasındaki ilerleme hızına bağlı olarak değiştiği ve talaş kaldırma oranının, her zaman malzeme sertliğine bağlı olmadıkları tespit edilmiştir.

Demir ve Güllü (2000) taşlama oranını (G), malzemeden kaldırılan talaş hacminin, talaş aşınma hacmine oranı (cm^3/cm^3) olarak ifade etmiştir. Yapılan çalışmalarda çeliklerin taşlanmasında, yüksek yüzey kalitesi ve ölçü tamlığı temin edecek olan, bir taşlama parametresi seçilebileceği üzerinde durulmuştur. Hassas taşlama şartlarında, 0,02 mm ölçü tamlığı ve 0,05 μm ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri (Ra) elde etmek mümkün olmaktadır. Taşlama işlemine başlarken iş parçası ve taş taneleri arasında üç ardışık işlem oluştuğu belirtilmiştir. Bunlar; sürtünme, kazıma ve kesme işlemidir. Aynı araştırmacılara göre malzemeler, kolay taşlanabilen ve zor taşlanabilen malzemeler olmak üzere gruplandırılmıştır. Kolay taşlanabilen malzemelerde sürtünme ve kazıma bölgeleri dar ve kesme kuvveti küçük olurken, zor taşlanabilen malzemelerde sürtünme ve kazıma bölgeleri daha geniş olmakta ve kesmeye başlama kuvveti de büyümektedir. Sonucuna ulaşılmıştır.

Taşlama parametrelerinin (taşın tane büyüklüğü (ttb),taşın sertliği (ts),taşın dokusu (tad), vb.) yüzey pürüzlülüğü ve taşlama oranına etkisi ayrı ayrı incelenmiştir. Tüm malzemelerde Ra ve G lineer bir artma ve azalma gösterirken, Ç51420 (Paslanmaz çelik) lineer olmayan bir değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Taş doku numarası büyüdükçe yüzey pürüzlülüğü büyümekte ve taşlama oranları küçülmekte olduğu, iş ilerlemesinin arttırılması ile taşlama oranı önemli derecede düşmekte ve yüzey pürüzlülüğü de artmakta olduğu, talaş derinliği de talaş kesitini arttırdığı için, iş ilerlemesi gibi aynı yönde etki ederek taşlama oranını azaltmakta ve yüzey pürüzlülüğü değerini büyültmekte olduğu, her malzeme değişik aşınma karakterleri gösterdiğinden, taşlama oranları ve yüzey pürüzlülükleri farklı olduğunun gözlemlemiştir.

2.7 Titreşimli Durumunda Taşlama Kuvvetlerinin Ölçümü

Drew ve ark. (2001) yaptıkları çalışmada; Tırlama üzerine yapılan birçok araştırmada burulma titreşiminin çok önemli bir etken olmadığı varsayımında bulunmaktadır. Son zamanlarda yapılan çalışmalar ise işlenen parçanın burulma sertliğindeki bir değişimin taşlamadaki tırlama üzerinde etkisi olduğunu göstermektedir. Ayrıca, burulma etkilerinin önemini gösteren bir taşlama tırlama teorik modeli geliştirilmiştir. Ancak, taşlama kuvveti modeli daha önceden yayınlanan kararlı durum modelinin dinamik bir eşleniği olarak kabul edilmektedir. Bu çalışma, kullanılan

parçanın hızındaki titreşimler sonucu oluşan farklı kuvvet değerlerini ölçmek için yapılan testleri tanımlamaktadır. Titreşim test sonucu, kullanılan parçadaki burulma titreşiminin taşlamadaki tırlama üzerinde önemli bir etkisi olabileceğini irdelemektedir. Daha da fazlası, materyal hızı ile taşlama kuvveti değiştiği takdirde, tırlamayı azaltmak için yüksek frekansta farklı materyal hızlarının kullanılması mümkün olabilmektedir.

2.8 Yüzey Bütünlüğünün Haddeleme Değme Yorulmasında Taşlama İle Sert Tornalamadaki Etkisi Bölüm 1: Akustik Emisyon Sinyalleri ile Yorulma Ömrünün Karşılaştırılması

Warren ve Guo (2007) yaptıkları çalışmada; Sert tornalama ve taşlama rulman, dişli ve kam gibi hassas bileşenlerin üretiminde bitirme işlemidir. Buna rağmen, değme yorulmasında taşlama ile sert tornalama arasındaki yüzey bütünlüğü farkı çok az anlaşılmaktadır. Dört çeşit temsili yüzey tipi hazırlanmıştır; torna edilmiş, taşlanmış, torna edilip parlatılmış ve taşlanıp parlatılmıştır. Yüzey bütünlüğü, yüzey topografyası, mikro yapı ve mikro/nano sertlik ile karakterize edilir. Yorulma testleri akustik emisyon sensörü ve sinyal işleme yazılımı ile yapılmıştır. Yüzey topografyaları öğütülmüş yüzeyin torna edilmiş yüzeyden daha eğik olduğunu ve diğer iki parametrenin de ise eşit olduğunu göstermektedir. Torna edilmiş yüzey öğütülmüş olana oranla daha kalın bir gerilim kuvvetlendirilmiş bölgeye ve daha ince bir termal etkilenmiş bölgeye sahiptir. Taşlanmış yüzey de torna edilmiş yüzeye oranla yüzeyde ve yüzey altında daha yüksek bir mikro ve nano sertliğe sahiptir. Akustik emisyon sinyali genliği yorulma yenilmesine karşı en hassas ve en istikrarlı sinyaldir. Eşit giriş yüzeyler karşılaştırıldığında torna edilmiş yüzeyin ömrü (>% 84) taşlanmış yüzeye oranla daha fazladır.

2.9 Yüzey Taşlama İşleminde Geometrik Hata İçin Taguchi ve Tepki Yüzey Metodolojilerinin Uygulanması

Kwak (2005) yaptığı çalışmada; Yüzey taşlama işlemindeki geometrik hataların genellikle taşlama sisteminin sertliği ve termal etkisinden kaynaklandığı belirtilmiştir. Geometrik hatayı azaltmak için taşlama parametrelerinin seçimi oldukça önemlidir. Bu

çalışmada geometrik hata için Taguchi ve tepki yüzey metodolojilerinin uygulanmasını sunmaktadır. Taşlama parametrelerinin geometrik hata üzerindeki etkisi değerlendirilip bu hatayı en aza indiren en uygun taşlama koşulları belirlenmiştir. Geometrik hata için ikinci dereceden bir tepki modeli geliştirilmiş ve tepki yüzey modelinin geliştirilmesi malzeme atım hızı ve yüzey pürüzlülüğü kısıtlamaları ile değerlendirilmiştir. Onaylama deneyleri optimal bir durumda yapılmış ve geliştirilen tepki yüzey modelinin doğruluğunu gözlemlemek için iki durum seçmiştir.

2.10 Taşlamada Tırlamanın Nedenleri ve Bastırılması

Inasaki ve ark.(1999) yaptıkları çalışmada; Taşlamada tırlamanın yapılan en kritik hatalardan biri olduğunu belirtmiştir. İş parçasının son geometrik şeklinde de büyük bir etkiye sahiptir. Yüzey taşlamasında tırlama olduğu kadar iç ve dış silindirik taşlamada da çap boyunca olan rejeneratif etkilere bağlı olan taşlama tırlamasının kökeni bu çalışmada açıklanmıştır. Yüzey kalitesine olan etkisi tartışıldıktan sonra taşlama sırasında tırlama tespiti için prosesin izlenmesi ile ilişkili olasılıklar sunulmuştur. Aktif veya pasif sönümleme yöntemleri uygulanarak tırlamanın bastırılması gibi konulara değinilmiştir. Taşlama tezgahları için sabit bir değerlendirme yapabilmesi uygun bir prosedür de bilgi sağlanmıştır.

2.11 En Uygun Soğutma Şartları Kullanılarak Sertleştirilmiş Çeliklerin Taşlanması

Manoel ve ark. (2008) yaptıkları çalışmada; İş parçasının taşlanmasında yağlama, soğutma amaçlı yüksek miktarda kesme sıvısı gerekliliğini ifade etmişlerdir. Bu sıvılar çevreye karşı oldukça zararlıdır. Son yıllarda gelişen teknoloji ile, düzgün geometrisiyle ve boyutları, iyi bir bitmiş yüzeyi, düşük maliyette ve çevreye zarar vermeden sağlamak mümkün olmuştur. Taşlama işleminde kullanılan kesme sıvısının miktarının azaltılması veya maliyetli bir yöntem olan kesme sıvısının geri dönüştürülmesi ile sağlanabilir. Bu alternatif, ABNT D6 çeliğinin daldırmalı silindirik taşlamasında iş hızı çeşitliliği, iki kesme sıvısının uygulamasının gerçekleştirilmesi ve CBN (kübik bor nitrat) süper aşındırıcısı taşlama taşı kullanılarak araştırılmış ve yüzeysel kesme parametreleri çıktıları, akustik emisyon, sertlik, yuvarlaklık, taş aşınması, artık gerilim ve yüzey bütünlüğü test numunelerini denemek için elektron tarama mikroskobu (SEM)

kullanılarak değerlendirilmiştir. Geometrik ve boyutsal parametreleri, yüzey pürüzlülüğü ve işlenen parçaların bütünlüğünü zedelemeden, işleme zamanını düşüren kesme sıvısının hacminin azaltılmasını sağlayan en iyi işleme koşullarını belirlemek için kesme sıvısı, taşlama taşı ve iş hızı performansları analiz edilmiştir.

2.12 Taşlama İle Sertleştirme İşleminde Taşlama Taşının Etkisi

Salonitis ve ark. (2007) yaptıkları çalışmada; Taşlama ile sertleştirme işleminin, iş parçası yüzeyine uygulanan metalürjik değişim sırasında ortaya çıkan ısıdan yararlanma dayalı olduğunu belirtmişlerdir. İş parçası yüzeyi bölgesel olarak ostenitleme sıcaklığına yükseltilir ve daha sonra yüzey sertliğini arttırmak için soğutulur. İşlem parametreleri ve taşlama taşı karakteristiği olarak ısı üretimi kestirim teorik modeli geliştirilmiştir. Model, iş parçasına giren ısı, işlem parametreleri ve sertlik penetrasyon derinliği (HPD) arasındaki ilişkilerin veri tabanı bilgilerinden oluşmaktadır. Bu, işlemin sertlik çıktısının karakteristiği üzerinde taşlama taşı etkisinin değerlendirilmesini sağlar. Deney sonuçları modelin tahmin sonuçlarını doğrulamıştır.

2.13 Yüzey Taşlamada Taşlama Kuvvetlerinin Deneysel Olarak Ölçülmesi ve Modellenmesi

Jinyuan ve ark. (2009) Taşlama kuvvetlerinin talaş kaldırma kuvveti ve kayma kuvvetinden oluştuğunu belirtmiştir. Yüzey taşlamada taşlama kuvvetlerinin yeni bir matematiksel modeli geliştirilmiştir. Bu modelin etkinliği, deneysel sonuçlar ve model hesaplama sonuçlarının karşılaştırılası ile kanıtlanmıştır. Talaş formasyonu enerjisi, statik talaş formasyonu enerjisi ve temel olarak kesme gerilimi, kesme-deformasyon hızı ve metal atım işlemindeki ısıdan oluşan dinamik talaş formasyonu enerjisinden oluşmaktadır. Belli bir talaş formasyonu enerjisi ve talaş formasyon kuvveti arasındaki ilişki incelenerek talaş formasyonu kuvvetini hesaplamak için bir formül geliştirilmiştir. Diğer araştırmalardan elde edilen sonuçlarla birlikte, sürtünme katsayısı üzerinde işleme parametrelerinin etkisini, kayma kuvveti için yeni bir formül belirlemişlerdir.

3.TAŞLAMA İŞLEMİ

3.1 Taşlamanın Tanımı

Taşlama, parça yüzeylerinin, taşlama taşları ile talaş kaldırılarak işlenmesidir. Metaller üzerinden talaş kaldıran, taşlama taşı içindeki kesici tanelerdir. Bu taneler, bir taraftan kesme işlemini yerine getirirken bir taraftan da körlenerek yerinden koparlar. Kesme işlemi, kopan tanelerin altından çıkan keskin köşeli yeni tanelerin devreye girmesiyle süreklilik kazanır.

Taşlama işlemi sonucunda 0,01 mm ile 0,002 mm arasında ölçü tamlığı ve 6,3 μm ile 0,05 μm ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri (Ra) elde etmek mümkündür (Güllü, 1995).

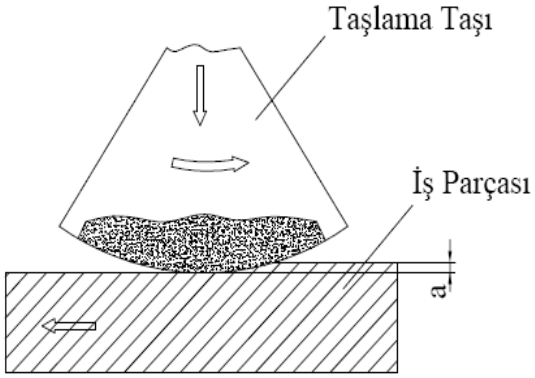
Taşlamacılık, iş parçası yüzeylerinde yüksek ölçü tamlığı ve düşük yüzey pürüzlülüğü sağlaması yönünden endüstride büyük önem taşır. Hassas makine parçalarının üretimi, öncelikle çeşitli takım tezgâhlarında işlenerek belirli bir ölçüye getirilir; sonra tamamlama işlemi olarak, taşlama işlemi yapılarak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

Taşlamanın, endüstriyel üretimde sağladığı üstünlükler şunlardır:

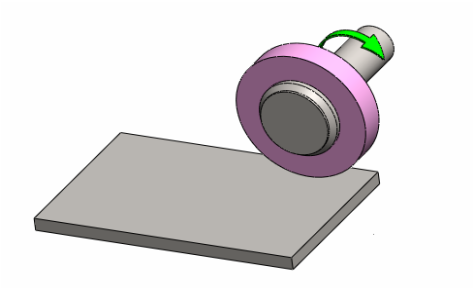
- Yüksek ölçü tamlığı
- Üstün yüzey kalitesi
- Sertleştirilmiş parçaların işlenebilmesi
- Birlikte çalışacak parçaların alıştırılması kolaylığı
- Diğer takım tezgâhlarında işlenemeyen parçaların işlenebilmesi
- Üretimde serilik
- Alet ve takım bileme vb.

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

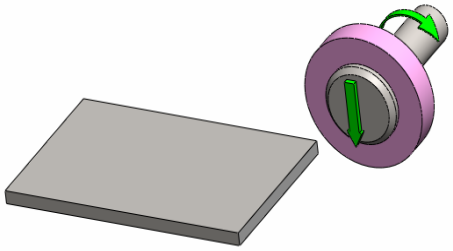
Taşlamada, taşlama taşı kendi ekseni etrafında dairesel dönme hareketi yaparken (Şekil 3.2),aynı zamanda, verilen talaş derinliği kadar işe dalar (Şekil 3.3); bu sırada iş parçası da taşlama taşına doğru ilerleyerek kesmeyi kolaylaştırır(Sak ,1986).



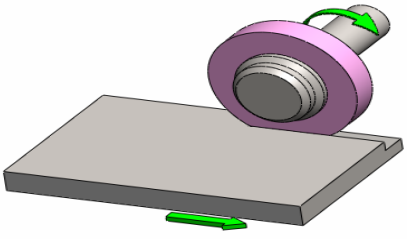
Şekil 3.1 Metallerin Taşlama Taşı İle İşlenerek Taşlanması



Şekil 3.2 Kesme İçin Taşın Kendi Ekseni Etrafında Dönmesi



Şekil 3.3 Kesme İçin Taşın İşe Dalması

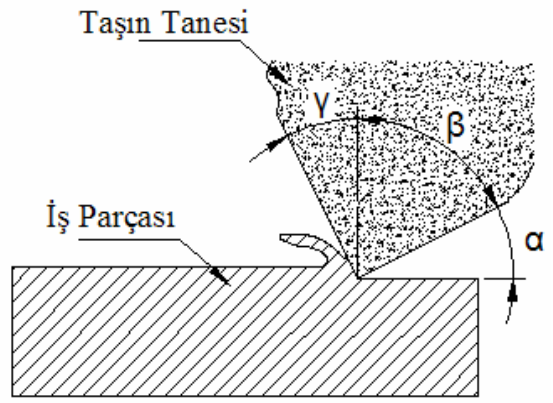


Şekil 3.4 Kesme İçin İşin Hareket Etmesi

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

3.2 Taşlama İşleminde Talaş Kaldırma Olayı

Tüm kesici aletlerde olduğu gibi taşın kesici tanesinde de talaş açısı (γ), kama açısı (β) ve boşluk açısı (α) bulunmaktadır. Şekil 3.5'de görüldüğü gibi zımpara taşının tane açıları bulunmaktadır. Taneler iş parçası üzerinden talaş kaldırırlar. Çıkan talaşlar taşın boşluklarını (gözeneklerini) tam doldurmadan, tanelerin kopması ile yeni taneler ortaya çıkarlar ve taşlama böylelikle gerçekleşir. Şekil 3.6 'da zımpara taşının aşındırma etkisi görülmektedir. Taşlama sırasında ısınan talaşlar macunlaşarak gözenekleri dolduracaklardır. Ancak iş parçası ile birlikte taş da aşınacağından ve bileme işlemi ile gözenekleri boş olan noktalarda yeni taneler çıkarak, talaş kaldırma işlemi süreklilik kazanmaktadır (Özkara, 2002).

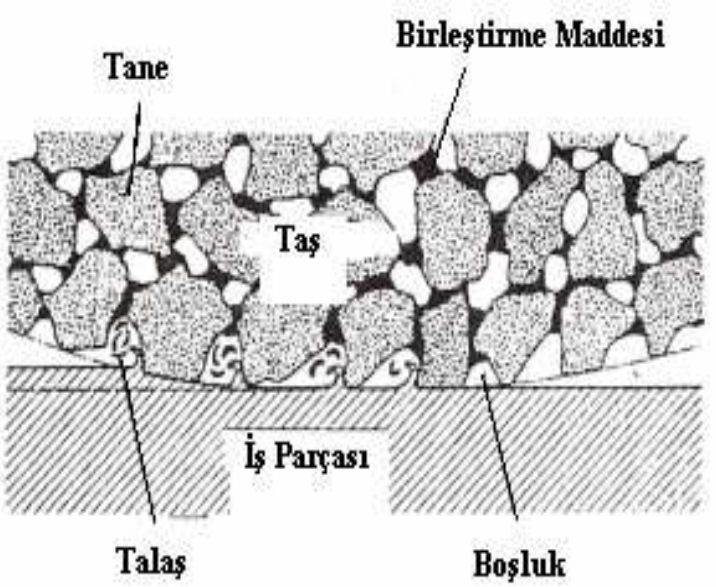


γ : Talaş Açısı

β : Kama Açısı

α : Boşluk açısı

Şekil 3.5 Zımpara Taşının Tane Açıları



Şekil 3.6 Zımpara Taşının Aşındırma (Kesme) Etkisi.

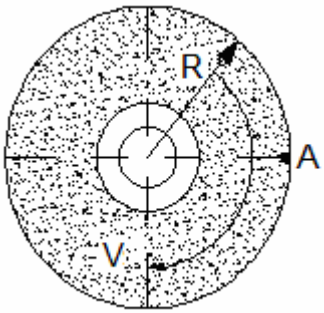
3.3 Kesme Hızı

Taşlama işlemini yapacak olan bir zımpara taşının kesme yüzeyi üzerindeki bir noktanın bir saniyede metre cinsinden almış olduğu yola o zımpara taşının kesme hızı veya çevresel hız denilmektedir.

Bir zımpara taşının normal kesme yapabilmesi için mutlaka uygun çevresel hızda çalışması gerekmektedir. Bu nedenle, pek çok taşlama tezgâhı motorları ya çift devirli veya tek devirli olarak yapılırlar. Tek devirli motorlarda, motor ve taş mili kasnakları kademeli olarak yapılır ve taş çapı küçüldükçe kademeli kasnaklar kullanılarak taşın çevresel hızı istenilen değerler arasında tutulur. Genellikle motor miline doğrudan bağlı olan zımpara taşları, motorun I ve II devrinde çalıştırmak suretiyle çevresel hız sabit tutulur.

Şekil 3.7'de yarıçapı R olan bir zımpara taşının çevresindeki A noktasının bir devrinde almış olduğu yol denklem 3.1 de gösterilmiştir.

$$L = 2\pi R \text{ mm} \tag{3.1}$$



Şekil 3.7 Kesme Hızının Hesaplanmasında Kullanılan Harfler

Taşın üzerinde herhangi bir A noktasının dakikadaki (n devrindeki) almış olduğu yol ise denklem 3.2 de gösterilmiştir.

$$L = 2\pi R.n_V \text{ mm/dak} \tag{3.2}$$

Denklem 3.2'de taşın yarıçapı yerine çapı belirten D, harfi yerine konulursa 2R=D yol denklemi 3.3'de hesaplanmıştır.

$$L = \pi D_S.n_v \text{ mm/dak} \tag{3.3}$$

Genellikle zımpara taşlarındaki çevre hızları veya kesme hızlarının birimi m/sn. olduğundan (3.3) nolu formülde bulunan değeri 1000'e bölerek milimetreyi metreye, 60'a bölerek dakikayı da saniye çevirmek suretiyle formül son şeklini alır.

$$V_S = \frac{\pi D_S.n_v}{1000.60} \text{ m/sn} \tag{3.4}$$

Denklem (3.4) nolu formüle göre taşın dakikadaki devir sayısı ve çapı bulunabilir.

$$n_v = \frac{1000.60.V_S}{\pi.D_S} \text{ dev/dak} \tag{3.5}$$

$$D_S = \frac{1000.60.V_S}{\pi.n_v} \text{ mm} \tag{3.6}$$

Vs= Zımpara taşının çevresel veya kesme hızı, m/sn

Ds= Zımpara taşının çapı, mm

n_v = Zımpara taşı milinin devir sayısı dev/dk

Kademeli kasnaklarla çapı küçültülmüş zımpara taşının çevresel hızını düzenlemek için aşağıdaki formüller uygulanır (Şekil 3.8). Bir zımpara taşının çapı küçüldüğü zaman dakikadaki devir sayısı uygun bir değerde artırılır. Küçük çaplı bu zımpara taşı yerine büyük çaplı bir zımpara taşı takılırsa, taş milinin devir sayısı düşürülür.

n= Motor mili devir sayısı (sabit), dev/dak

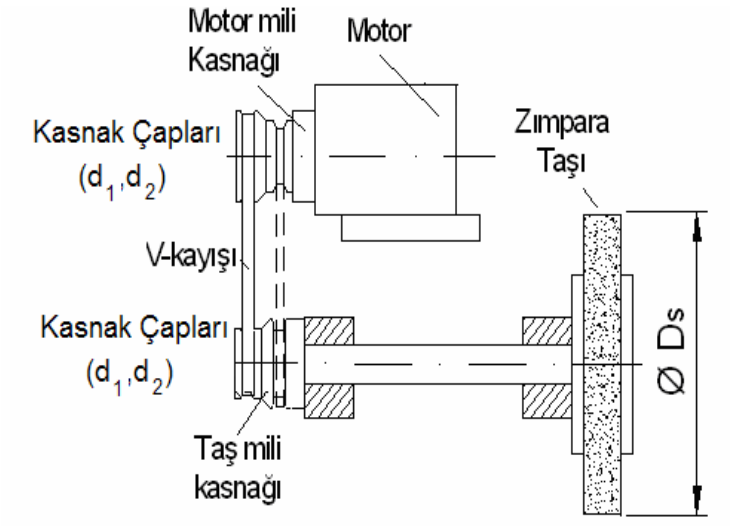
d_1=Kademeli kasnağın küçük çapı, mm

d_2=Kademeli kasnağın büyük çapı, mm

n_v=Zımpara taşının kademeli kasnakla elde edilen devir sayısı, dev/dak.

Kademeli kasnak çapının bulunuşu;

$$n.d_1 = n_v.d_2 \tag{3.7}$$



Şekil 3.8 Kademeli Kasnakla Hız Değişimi

Tablo 3.1 İş Parçasının Çevre Hızları ve İlerleme Değerleri

MALZEMENİN CİNSİ	KABA TAŞLAMA			İNCE TAŞLAMA		
	İşin çevresel hızı (mm/dk)	İlerleme Miktarı (mm/dev)	Talaş derinliği (mm)	İşin çevresel hızı (mm/dk)	İlerleme Miktarı (mm/dev)	Talaş derinliği (mm)
Yumuşak Çelikler	10-15	10-20	0.02	7-10	8-12	0.005
			0.03			0.01
Sertleştirilmiş Çelikler	13-18	10-15	0.01	8-13	5-8	0.005
			0.03			0.01
Dökme Demir	10-15	10-20	0.02	7-12	8-12	0.005
			0.03			0.01
Bakır, Prinç ve bronz	16-20	15-20	0.03	12-16	8-15	0.005
			0.05			0.01
Al. ve diğer hafif metaller	30-40	20-25	0.03	20-35	10-15	0.01
			0.05			0.02
Metal olmayan malzemeler	40-60	20-30	1.5	20-35	10-15	0.01
			3.0			0.02

3.4 Kesme Teorileri

Son yıllarda, temel maddesini aşındırıcı tanelerin oluşturduğu, zımpara taşlarıyla metal ve metal olmayan malzemelerin yüzeylerinde başarılı bir talaş kaldırma işlemi yapılmaktadır. Kesme etkisi yüksek olan zımpara taşlarını kullanarak metal yüzeylerden talaş kaldırmak, teoride kalmamış ve dünya endüstrisince kabul edilmiş bir talaş kaldırma yöntemi haline gelmiştir. Çünkü, zımpara taşlarını oluşturan aşındırıcı taneler, metal yüzeylerden aşındırarak değil, talaşlar incelendiği zaman, kesme açısı üzerindeki sürtünme etkisi, talaş biçiminin matematiksel analizi ve benzeri işlemler içeren bu yöntemde kaldırılan talaşların belli bir ölçü ve büyüklükte olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak torna, freze, planya, vargel ve benzeri tezgâhlarda kullanılan kesici aletlerin kaldırdığı talaş gibi zımpara taşlarını oluşturan aşındırıcı taneler de aynı teoriye dayanarak talaş kaldırmaktadır. Çok eski bir yöntem olarak tek ağızlı kesici aletler kısa

zamanda körelmediği halde zımpara taşlarını oluşturan aşındırıcı tanelerin körlenmesi uzun zaman almaktadır. Çünkü aşındırıcı taneler körlendiği zaman kendi kendilerini yenileyip, yerlerini yeni keskin kesicilere bırakırlar(Bağcı,1982).

3.5 Taşlama Çeşitleri

Taşlama işlemleri yapılış şekillerine göre çok değişik guruplara ayrılmaktadır. Örneğin, silindirik, dalma, biçim (profil, form),delik, alın, düz yüzey, puntasız taşlama, kesme ve takım bileme gibi.

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

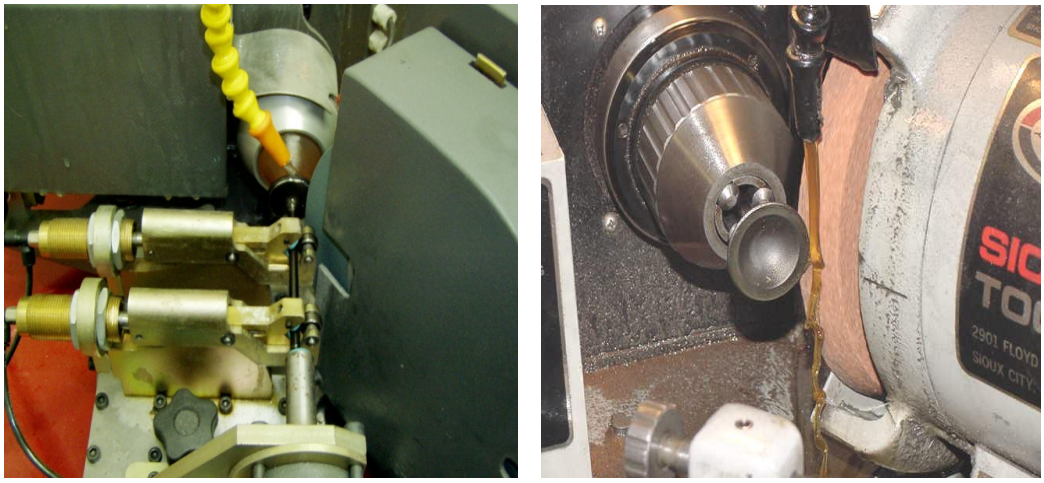
3.5.1 Silindirik Taşlama

Mil, pim, kovan, merdane gibi silindirik, konik, profil, küresel vb. makine parçalarının iç ve dış yüzeyleri silindirik taşlama yöntemi ile taşlanır. Silindirik taşlama yöntemi, dış ve iç yüzey taşlamak olmak üzere iki guruba ayrılır.

3.5.1.1 Silindirik Dış Yüzey Taşlama

Boyuna Taşlama: Boyuna taşlama iki değişik şekilde yapılır. Birinci türde iş, kendi ekseni etrafında dönerken, aynı zamanda boyuna ilerleme hareketi yapar. Taşlama taşı ise kendi ekseni etrafında dönerken, aynı zamanda boyuna ilerleme hareketi yapar. Taşlama taşı ise, kendi ekseni etrafında belli bir devirle dönerken işe doğru(enine) ilerler. Küçük kapasiteli taşlama tezgahları ile bazı özel amaçlı (piston ve supap taşlama tezgahları gibi) tezgahlar bu tür taşlama yöntemine göre çalışır(Oksel ve ark. 1991).

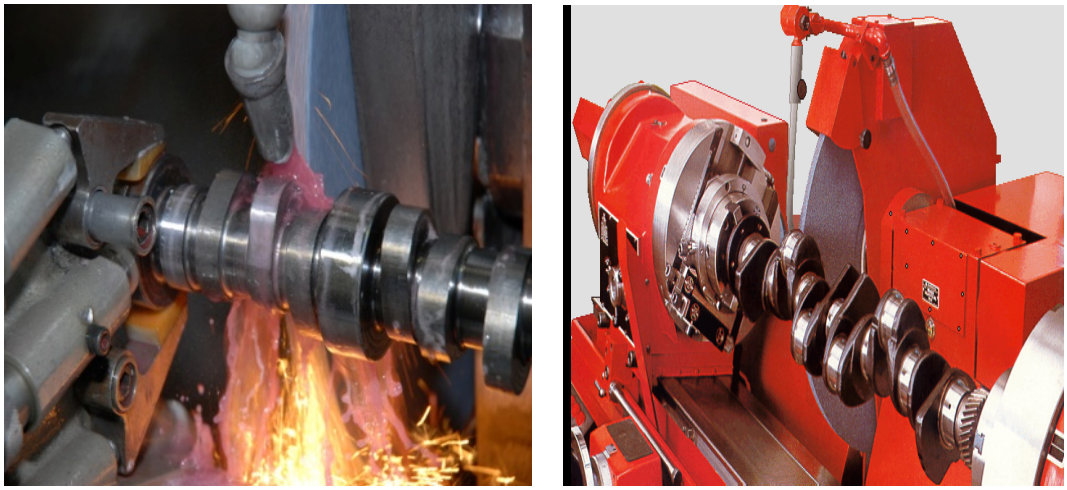
Taşlama taşı kendi ekseni etrafında dönerken, supap hem kendi ekseninde dönme hem de enine hareketle taşlama taşına doğru hareket ederek supapların tablaları taşlanmış olur. Şekil 3.9 a ve b'de supap tablasının taşlanması görülmektedir.



(a) (b)

Şekil 3.9 Supap Tablasının Taşlanması

Şekil 3.10 a ve b'de, taş kendi ekseni etrafında dönerken, aynı zamanda boyuna ve enine ilerler; iş parçası ise yalnız kendi ekseni etrafında döner. Büyük kapasiteli ve bir kısım özel (krank ve kam mili taşlama tezgâhları gibi) tezgâhlar bu yönteme göre çalışır(Oksel ve ark. 1991).



(a) (b)

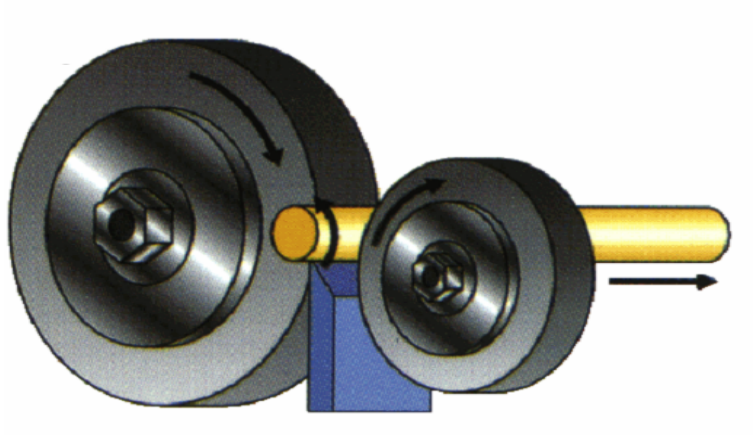
Şekil 3.10 Krank Millerini Taşlama İşlemi

Boyuna Dalma ve Biçim Taşlama; Bu yöntemle, taşlama taşı iş parçasının içine doğru ilerleyerek kademeli, silindirik, konik ya da biçimli dış yüzeyler taşlanır.

İş ve taş eksenleri yatay ve birbirlerine paraleldir. Supap sapı ile iticilerin alın yüzeyleri bu tür taşlama ile taşlanır.

Dalma biçim (profil) taşlama; İstenen biçime göre şekillendirilmiş bir taşlama taşıyla değişik biçimli iş parçalarının dış yüzeyleri taşlanır. Vida taşlama da bu türden bir taşlamadır.

Puntasız taşlama; İş parçası bağlanmadan, bir sevk yatağı üzerinde, iki değişik çaplı taş arasından geçirilerek yapılan silindirik taşlama işlemidir. İş parçası dönme hareketini kesici taştan, boyuna ilerleme hareketini ise sevk taşından alır. Şekil 3.11 bu hareketler görülmektedir.



Şekil 3.11 Puntasız Taşlama İşlemi

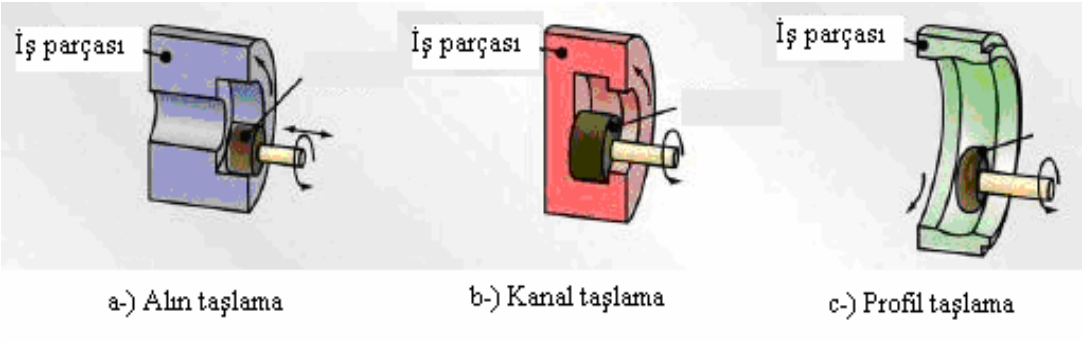
Puntasız taşlama işlemi, genel olarak boyuna, dalma ve konik taşlama olmak üzere üç değişik şekilde yapılır.

Boyuna taşlama ile mil, pim gibi düz silindirik parçalar boydan boya taşlanır. Düz supap iticileri ile piston ve piston pimlerini bu yolla taşlamak mümkündür.

Dalma taşlama ile kademeli, profilli silindirik parçalar taşlanır. Punta, punta kovanı ve mandren gibi konik parçaları, puntasız konik taşlama yöntemi ile seri bir şekilde taşlamak mümkündür(Oksel ve ark. 1991).

3.5.1.2 Silindirik İç Yüzey Taşlama

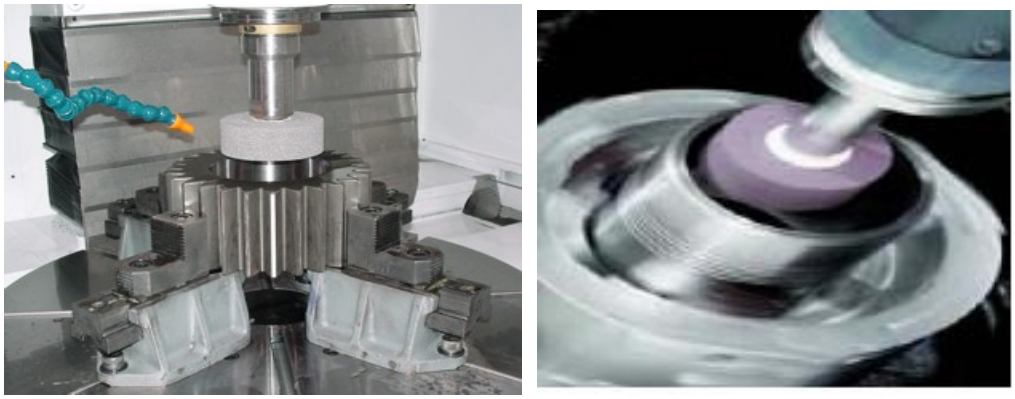
Bu yöntemle düz silindirik, konik ve biçimli deliklerle kör deliklerin iç yüzeyleri ve alın kısımları taşlanır. Şekil 3.12 (a),(b)ve (c) de görüldüğü gibi taşlama, iş ve taşın üç değişik hareketi ile yapılır.



Şekil 3.12 Çeşitli Silindirik İç Yüzey Taşlama İşlemleri

Şekil 3.12 a'da iş kendi ekseni etrafında dönerken, aynı zamanda boyuna; taş ise dönme ve enine ilerleme hareketi yapar. Şekil 3.12 b'de taş, dönme enine ve boyuna ilerleme; iş ise, sadece dönme hareketinde bulunur. Üçüncü türde ise, iş parçası dönmeden boyuna ilerleme hareketi yapar; taş, eksen etrafında dönerken, aynı zamanda delik içinde de planet (gezegen) hareketle birlikte ilerler. Biyel başı yatak yuvalarını bu yöntemle taşlayan özel tezgâhlar vardır.

Kademeli silindirik iç yüzeyler dalma taşlama, kör delikler ise, alın taşlama yöntemi ile taşlanırlar. Silindirik iç çap taşlama işlemi şekil 3.13 (a) ve (b) de gösterilmiştir.



(a) (b)

Şekil 3.13 Silindirik İç Çap Taşlama İşlemi

3.5.2 Düzlem Yüzey Taşlama

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

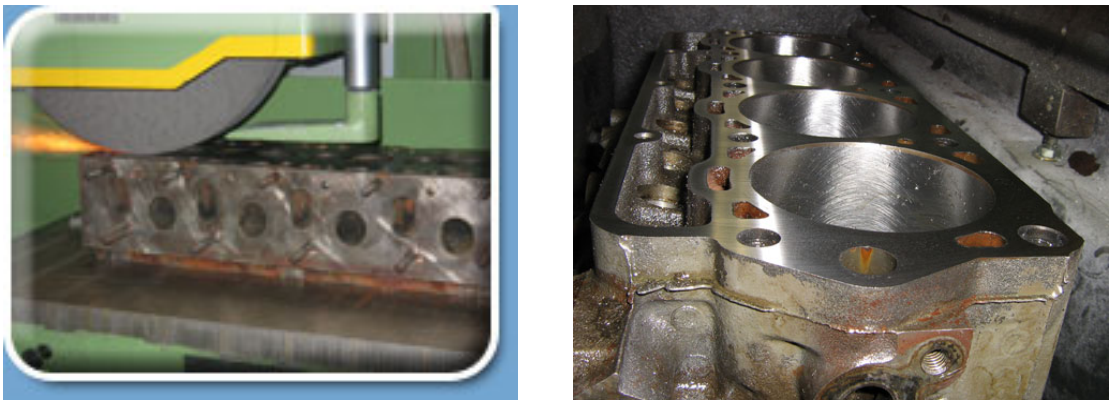
3.5.2.1 Yatay Düz Yüzey Taşlama

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

3.5.2.2 Düşey Düz Yüzey Taşlama

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

Şekil 3.14 (a) ve (b) de görüldüğü gibi silindir kapakları, manifoldlar, volan ve baskı plakaları ve motor bloklarının temas yüzeyleri bu yöntemden yararlanılarak taşlanır(Oksel ve ark. 1991).



(a) (b)

Şekil 3.14 Motor Bloklarının Taşlanması

3.6 Genel Taşlama İşlemi Hataları

Taşlama sırasında, meydana gelebilecek hatalar, yüzey kalitesine, işleme zamanına, işin bozulmasına, iş kazalarına, tezgâh hasarlarına, taş parçalanmalarına ve hatta yaralanmalara neden olabilir. Dolaylı olarak da iş gücü kayıplarına ve iş günü kayıplarına neden olmaktadır. Bu ise çok büyük ekonomik kayıplara neden olur. Taşlama taşları ile talaş kaldırma sırasında meydana gelebilecek hataları, aşağıdaki başlıklar altında toplamak mümkündür(Kaya, 2007).

3.6.1 Kullanıcı Hataları Ve Teknolojik Bilgi Hataları

- Kesme hızının yanlış hesaplanması,
- İlerleme hızının yanlış hesaplanması,
- Talaş derinliğinin fazla verilmesi,
- Yanlış taşlama taşının kullanılması, (sertlik, birleştirme maddesi, dokusu, taş genişliği vb. nedenlerden)
- Taş devir sayısının ve iş devir sayısının uygun seçilmemiş olması,
- Taşın dengelenmemiş olması,
- Kurs ayarlarının iyi belirlenmemiş olması,
- Taşın doğru bilenmemesi,
- Taşın işe ilk ayarlar sırasında dalması,
- Islak veya kuru taşlama yapılıp yapılmayacağına dair bilgilerin eksik olması,
- Taşın, tezgâha montajından kaynaklanan hatalar ve kazalar,
- Uygun soğutma sıvısının seçilmemiş olması,
- İş parçasının sağlam bir şekilde bağlanmaması,
- Uygun olmayan bir taşlama tekniğinin seçilmiş olması,
- Taşın çevresel hızının iyi hesaplanmamış olması,
- Fener milinin salgılı dönmesi,
- Otlamanın olması,
- Kör taşla çalışma yapılması,

3.6.2 Taşma İşleminde, İş Parçasından Kaynaklanan Hatalar

- Taşlamaya uygun malzeme profilinin olmaması,
- Uygun punta deliklerinin açılmamış olması,
- İş parçasının bağlanmasında kullanılan sistem hataları,
- İş parçasının çatlak olması,

3.6.3 Taşlama Taşının İmalat Hataları

- Birleştirici maddeden kaynaklanan hatalar,
- Pişirme hataları,
- Taşın çatlak olması,
- Taşın deliğinin büyük olması,
- Taşın deliğinin küçük olması,
- Taşın silindirik üretilememesi,

3.6.4 Otlama

Taşlama işleminde; taşın yüzeyindeki her noktanın, iş parçasının yüzeyindeki her noktaya, (talaş kaldırma noktasında) dengeli ve eşit olarak taşlama işlemi yapması esastır. Taşlama taşı, iş parçasının bir kısmına temas eder talaş kaldırır ve diğer kısmına temas etmesi gerekirken, bir takım nedenlerden dolayı sağlıklı bir şekilde temas edemezse, otlama meydana gelir.

Temel olarak taş, iş parçasına talaş kaldırmak için uygun bir şekilde temas etmemiş ve iş parçasının yüzeyde, çizikler oluşturmuştur. Bu ise yüzey kalitesini, olumsuz yönde etkilemektedir(Kaya, 2007).

3.6.4.1 Otlamanın nedenleri

Otlama, taşlama sırasında meydana gelen istenmeyen bir durumdur. Bu durumun meydana gelmesindeki unsurlar aşağıda belirtilmiştir.

- Taş için uygun malzemenin ve malzeme için uygun taşın seçilmemesi,
- Taşlama taşının milindeki boşluk,
- Taşın bir sebepten dolayı, salgılı ve titreşimli çalışması,

- Taş genişliğinin, iş parçasına göre büyük olması,
- Kesme hızının ve ilerlemenin uygunsuzluğu,
- Talaş derinliğinin uygunsuzluğu,
- Taşın körlenmesi,
- Uygun soğutma sıvısının kullanılmaması,
- Taşın sert olması,
- Taş dokusunun (gözeneklerinin) metal tozları ile dolması(Kaya, 2007).

Taşlama hataları iş yüzeyinin bozuk çıkmasına neden olur. Bozuk çıkan bir yüzeyde çizgiler, kademeler, kazınma ve yanmalar, cam gibi parlak alanlar vb. kusurlar görülür. Bu durumun çeşitli nedenleri vardır.

Bunların bir kısmı taşlama taşının özellikleri ve kullanım koşulları, kesme ve ilerleme hızları, talaş derinliği, iş tezgâhının yapısal nitelikleri, bağlama, ayarlama, soğutma, iş parçasının biçim ve gereci, taşlamacının bilgi ve beceri düzeyi ile ilgilidir.

İri taneli taşlarla işlenen yüzey kaliteleri kaba olmaktadır. Yüksek ilerleme hızlarında da aynı sonuç elde edilmektedir. Körlenen taşlar yüzeylerde yanma, çizilme, kazınma oluşturmaktadır. İnce taneli taşlama taşı ile yapılan taşlamada istenen kalite sağlanamıyorsa, ya taşın devri yükseltilerek sertlik etkisi artırılmalı ya da işin devri bir miktar azaltılmalıdır. İş yüzeyi çok parlak ve yer yer yanık çıkıyorsa taş körlenmiş demektir. Normal bir körlenme değilse, ya taşın devri düşürülüp yumuşak etki yapması sağlanmalı ya da iş devri artırılmalıdır. Yüzey bozukluğu taşın dengesizliğinden, çap küçülmesinden de ileri gelebilir.

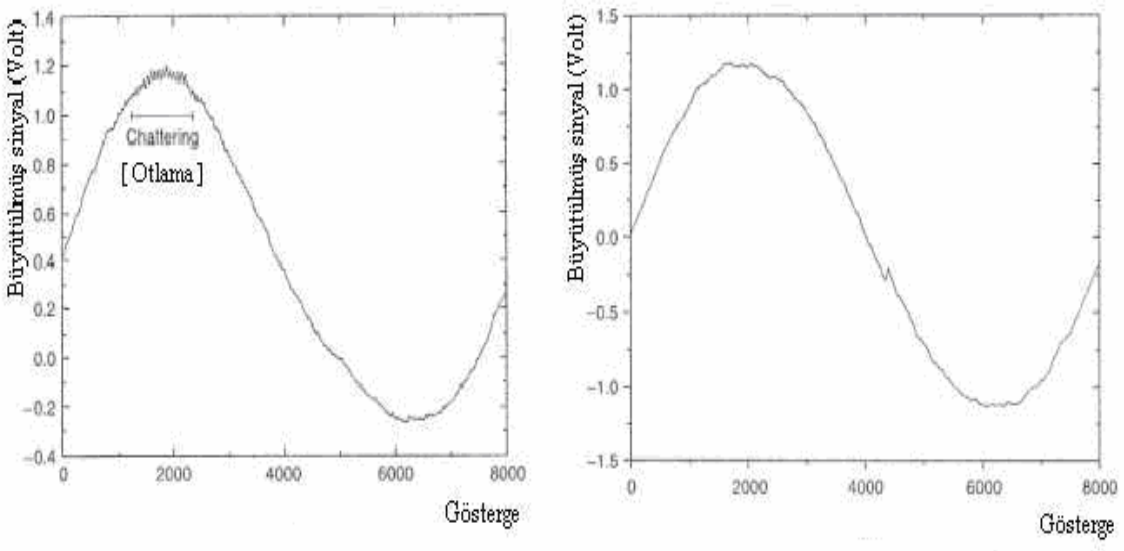
Bunların yanı sıra, tezgâhın iyi dengelenmemesi; işin iyi işin iyi bağlanıp ayarlanmamaması; tezgâhta fazla titreşim olması; kızak ve yataklarda aşınma nedeniyle boşlukların artması; işin çok ince olması; taşın uygun bilenmemesi; soğutma sıvısının pis ve yetersiz hale gelmesi; gerecin özelliklerine uygun taş seçilmemesi gibi faktörler de taşlama hatalarına neden olabilir.

Pirinç, bronz, alüminyum gibi yumuşak gereçlerin taşlanmasında, çok küçük gözenekli ya da çok sert taş kullanıldığında veya iş parçası çok yavaş döndüğünde, taşlama taşında sıvanmalar görülür. Sıvanmayı önlemek için büyük gözenekli taş seçilerek işin devri artırılmalıdır(Oksel ve ark. 1991).

3.6.4.2 Taşlama İşleminde Otlamanın Gerçekleşmesi

Brambila ve arkadaşları (2006) yaptıkları çalışmada; Silindirik malzemelerde, taşlama işlemi sonucunda otlamanın meydana gelmesi durumunda, otlama olayının meydana geldiği konum ve zamanı grafiksel çıktı olarak haber verebilen bir cihaz geliştirmişlerdir. Bu uygulamayı, zaman- frekans analizi yardımıyla yapmışlardır. Otlamayı yüzey dalgalılığı bilgisinden karakterize eden, sonuçlarla bu çıktıya ulaşmışlardır.

Wavelet Transform yönteminde bu cihazla, silindirik parçaların taşlanması sırasında otlamanın olup olmadığı net bir biçimde gözlenmektedir. Otlamanın olup olmadığını belirlemek için iki temel süreç izlenmiştir. Birincisi; görsel bir incelemedir ve sadece kuvvetli otlama olayını tanımlamadan ibarettir. İkincisi ise; malzeme üzerine yansıtılan bir lazer ışığından oluşmaktadır. Güçlü veya zayıf bir otlamayı beyaz bir ekran üzerine yansıtan koyu çizgiler olarak gösterir. Şekil 3.15 (a) ve (b) de bu durum görülmektedir(Brambila ve ark., 2006).



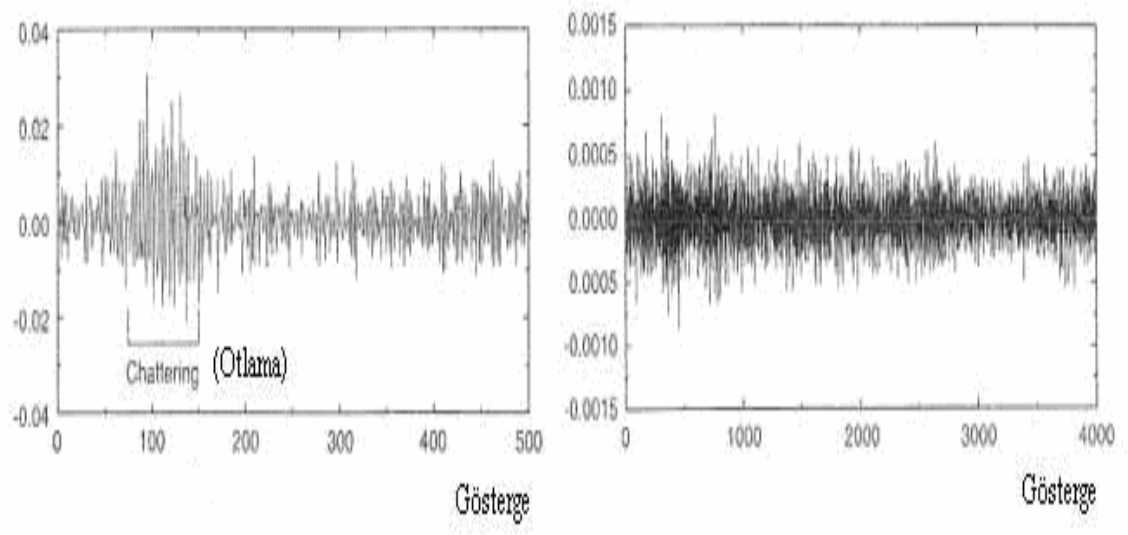
(a) (b)

Şekil 3.15 Taşlama İşleminde Otlama Olayının Meydana Gelmesi

a) Otlama sinyalinin meydana geldiği taşlama,

b) Otlama sinyalinin meydana gelmediği taşlama.

Wavelet Transform, otlamadan meydana gelen iş parçası yüzeyindeki izole edilmiş titreşim izlerini bulabilir. Hatta iş parçası üzerinde bunların yerlerini gösterebilir. İş parçasının yüzey kalitesini belirlemek için ise, iş parçasının bir kez dönme işleminde bulunması yeterli olacaktır. Elektronik cihazlar ve elmas uçlu iğne algılayıcı tarafından, grafiksel çıktılarda almak mümkündür. Şekil 3.16 (a) ve (b) de görülmektedir. Belirli skalalar da değerler grafiksel olarak da elde edilebilmektedir. Belirli ölçüde birleşen, veri analizi ölçüm araçlarının gelişmesi açısından ve yüzey kalitesi belirlemede önemli bir adımdır.



(a) (b)

Şekil 3.16 Taşlama İşleminde Otlama Olayının Grafiksel Çıktısı

a) Otlamanın olduğu taşlamanın grafiği

b) Otlamanın olmadığı taşlamanın grafiği

4.TAŞLAMAYA ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Taşlama işlemine etkileyen faktörleri aşağıdaki gibi belirtmek mümkündür.

Taşlama taşının özellikleri

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

4.1 Taşlama Taşının Özellikleri

Taşlama taşı üzerinde rakamlar ve sayıların anlamları Şekil 4.1'de bulunmaktadır.



Şekil 4.1 Taşlama Taşının Üzerindeki Rakam Ve Harflerin Anlamı(www.atlantic-bonn.de)

Taşlamada taşlama taşının uygunluğu büyük önem taşır. Bu nedenle, taş seçimine gerekli özen gösterilmelidir. Taşlamaya etkileyen taşlama taşının özellikleri, kesici tanelerin cinsi, sertliği ve dokusudur. Taş seçiminde, aşağıda belirtilen hususların göz önünde bulundurulması gerekir.

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

Taşlamada, kaba yüzey kalitesi için kaba, ince yüzey kalitesi için de sık dokulu taşlar kullanılmalıdır. Körlenmiş taşlarla işlem yapılmamalıdır. Bu tür taşlarla istenen ölçü tamlığı ve yüzey kalitesi sağlanamaz. Kaba taneli taşların iş yüzeyine basıncı, ince taneli taşa göre daha fazladır. Bu yüzden kesme alanında ısı artar; taşın dokuları çabuk dolar; körlenen tanelerin dökülmeleri ve kesme zorlaşır. Körlenen taşların yüzeyinde parlaklık ve kayganlık görülür(Oksel ve ark.,1991).

Taşın özellikleri, taşlama işleminde ısı dağılımını kesinlikle etkiler. Malzemeye ısı akışını artırabilmek için taş seçiminde ısı iletkenliğinin kötü olmasına dikkat edilmelidir. Cam gibi çok sert ve düşük ısı iletkenliğine sahip ve yüksek ısı dirençli malzemelerde bütün hepsi test edildiğinde seramik (cam gibi) bağ kullanılan taşlardaki dalma, sertliği reçine bağ kullanılan taşlardan daha düşüktür. Ayrıca seramik bağ kullanılan taşların yüksek mekanik yüklemelere dayanamayıp çabucak aşındığı da görülmüştür. Bu taşların termal dirençleri yerine reçine bağlı taşlarda daha iyi sertleşme sonuçları elde edilmiştir(Yılmaz ve Ataberk, 2009).

4.1.1 Aşındırıcı Taşın Sertliği

Aşındırıcı malzemelerin en önemli özellikleri ise sertlikleridir. Aşındırıcı malzemenin sertlik derecesi, taşın kesme kalitesini belirleyen en önemli unsurlardan biridir. Bunun yanında kesme sırasında, dayanabileceği sıcaklık derecesi de diğer önemli unsurdur(Kaya,2007).



Şekil 4.2 Taş malzemeleri(www.atlantic-bonn.de)

4.1.2 Tane Büyüklüğü

Zımpara taşlarını oluşturan değişik ölçü ve biçimdeki aşındırıcı kristal parçacıklara tane denir. Bu tanelerin boyutlarını belirleyen değerlere ölçü denir. Aşındırıcı bloklar, özel değirmenlerde öğütülerek standart ölçüleri belirten eleklerden geçirilir. Böylelikle taneler sınıflandırılır. Bu sınıflandırma, 1″ uzunluğundaki kare delikli eleklere göre yapılır. Örneğin bir eleğin 1″ uzunluğundaki (dizili kare biçimli) delik sayısı 120 ise bu elekten elenen tanelerin sayısı 120 ve bu tanelerle elde edilen zımpara taşına da tane büyüklüğü 120 olan zımpara taşı denir.

Tane büyüklüğü 240–250 ‘den daha büyük aşındırıcı taneler, hidrolik akışkanlarla ve tortu birikmesi yoluyla ayrılırlar ve hava akımı yardımıyla sınıflandırılırlar. Tablo 4.1 ‘de 1″ uzunluğundaki delik sayılarına göre standart tane büyüklükleri gösterilmiştir. Taneler çok kaba, kaba, orta, ince, çok ince ve toz olarak genel bir sınıflandırma ile değerlendirilmektedir(Kaya, 2007).

Tablo 4.1 Standart tane büyüklükleri (Kaya,2007).

Çok Kaba	Kaba	Orta	İnce	Çok İnce	Toz
6	14	30	70	150	320
8	16	36	80	180	400
10	20	46	90	220	500
12	24	54	100	240	600
-	-	60	120	280	800
-	-	-	-	-	1000
-	-	-	-	-	1200

4.1.3 Tane Sertliği

Zımpara taşlarını oluşturan tanelerin taş üzerinden sökülebilme özelliğine veya taneleri birleştiren birleştirme maddesinin taneleri bırakıp bırakmama özelliğine göre tanelerin birbirine olan bağlantı kuvvetine sertlik denir. Bir başka değişle zımpara taşının sertliği, birleştirme maddesinin aşındırıcı taneleri tutma direncidir. Zımpara taşı kesme işlemini yaparken taşı oluşturan aşındırıcı taneler birleştirme aracı tarafından kolayca bırakılıyor veya aşındırıcı tane yuvasını kolayca terk edebiliyorsa buna yumuşak zımpara taşı denir. Bunun aksi, aşındırıcı taneler yuvasını kolayca terk etmiyor veya birleştirme aracı aşındırıcı taneyi kolayca bırakmıyorsa buna da sert zımpara taşı denir.

Bir başka değişle, birleştirme maddesinin cinsine bağlı olarak taneler kolay kopuyorsa, taş yumuşak; zor kopuyorsa, taş sert demektir.

Yukarıdaki açıklamalar göz önüne alınarak, birleştirme aracı sert olan zımpara taşları ile genellikle yumuşak malzemeler taşlanır. Bu taşlarla sert malzemeler taşlanırsa, aşındırıcı tanelerin kısa zamanda körleneceği gözden uzak tutulmamalıdır. Diğer taraftan, birleştirme aracı yumuşak olan zımpara taşları ile genellikle sert malzemeler taşlanır. Böylece körelen taneler yerlerini kolayca terk ederek yeni ve keskin aşındırıcılara bırakırlar. Eğer sert zımpara taşları ile sert malzeme taşlanıyorsa, zımpara taşı kolayca körlenecek ve keskinliğini kaybedecektir. Yumuşak zımpara taşı ile de yumuşak malzeme taşlanıyorsa, zımpara taşı kesme yüzeyi çabucak dolacak ve taş kesme özelliğini kaybedecektir.

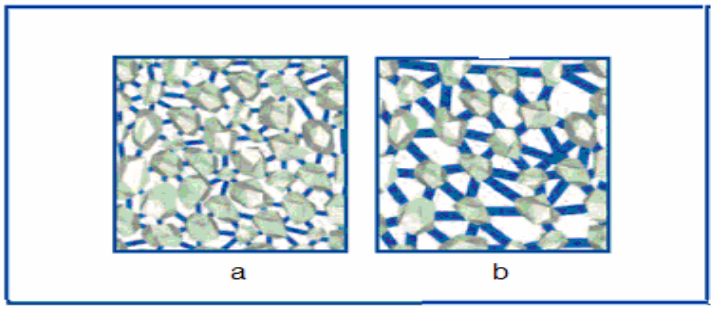
Zımpara taşlarının sertliği ve yumuşaklığı alfabetik sıraya göre belirlenmiştir. Zımpara taşlarının sertlikleri büyük harflerle ifade edilmektedir. Alfabetik sıraya göre "A" en yumuşak zımpara taşını, "Z" ise en sert zımpara taşını belirtmektedir. Tablo 4.2'de zımpara taşlarının sertlik dereceleri gösterilmektedir(Kaya, 2007).

Tablo 4.2 Zımpara Taşı Sertlikleri (Kaya,2007).

Olağanüstü Yumuşak	Çok Yumuşak	Yumuşak	Orta	Sert	Çok Sert	Olağanüstü Sert
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

4.1.4 Taşın Dokusu

Zımpara taşlarını oluşturan aşındırıcı tanelerin birbirine olan uzaklık veya yakınlılarına (tane aralılarına) taşın dokusu veya yapısı denir. Zımpara taşlarını oluşturan tanelerin birleştirme maddeleri ile birbirine bağlanması, taşın yapısı veya dokusu ya da tane aralıkları göz önüne alınarak standartlaştırılmıştır. Zımpara taşları gözenekli bir dokuya sahiptir. Taş, iri gözenekli ise doku seyrek; küçük gözenekli ise doku sık durumdadır. Şekil 4.3 'de gösterilmiştir.



Şekil 4.3 Taş dokuları; a) Seyrek doku, b) Sık doku.

Taşların dokusal gözenekliliği, Tablo 4.3 'de gösterildiği gibi sayılarla gösterilir. Seyrek dokulu taş, gözenekleri geç dolacağı için uzun süre keskinliğini korur. Taş ve iş parçası çok az ısınır. Bu taşlar, kaba işlemlerde kullanılır. Sık dokulu taşlar ise çabuk aşınmaz. Gözenekleri çabuk dolacağı için sık sık bilenmelidir. Bu taşlar, hassas ve ince işlemlerde kullanılmaktadır (Kaya,2007).

Tablo 4.3 Zımpara Taş Dokuları(Kaya,2007)

Dokular				
Çok Sık	**Sık**	**Orta**	**Seyrek**	**Çok Seyrek**
0, 1, 2	3, 4, 5	6, 7, 8	9, 10, 11, 12	13, 14

Seyrek Doku →

Sık Doku ←

4.2 Malzeme ve Şekli

Malzemenin cinsi, iş parçasının şekli, hem taş seçimi ve hem de talaş debisi (dakikadaki kaldırılan talaş hacmi) üzerine etkin olur.

Sert gereçlerin taşlanmasında seçilen taşlama taşı, yeterli talaş debisi ve yüzey kalitesi sağlayabilecek nitelikli olmalıdır. Sertleştirilmiş yüzeyler kesilmeye karşı fazla direnç gösterirler. Bu yüzeylerden yeterli talaş kaldırabilmek için seçilecek taşın küçük taneli, sık dokulu, yumuşak olması ve aynı zamanda taşın çevre hızının artırılması, talaş derinliği ile ilerleme miktarının azaltılması gerekir.

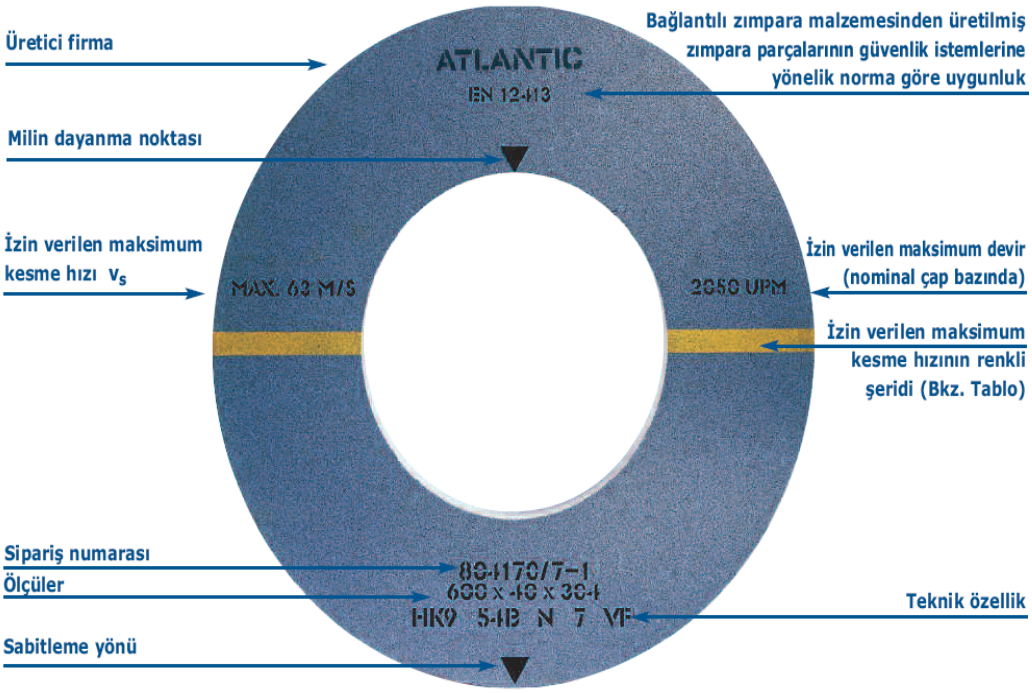
İş parçasının biçim ve kalınlığı, işin, taşa karşı göstereceği direnç ve rijitliği (esnemezliği)üzerine etkin olur. İş parçası ne kadar esnemesiz olursa, kesme baskısı, talaş derinliği ve talaş debisi o derece artırılabilir. Aksi hallerde, taşlama süresi artacağı gibi, yüzey kalitesi de beklenen derecede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

Biçimli (profili) yüzeylerin taşlanmasında, taş kenarının daima keskin ve köşeli kalması önemli olduğundan, aynı cins gereçten yapılmış silindirik bir parçanın taşlanmasında kullanılan taşlardan daha sert taşlar seçilmelidir(Oksel ve ark.,1991).

4.3 Kesme Hızı

Kesme (çevre) hızı, taşlama taşının kesme gücünü etkiler. Bu hız, taşın çapı ve devir sayısına bağlı olarak büyür ya da küçülür. Zamanla aşınan taşın çapı küçüldüğünden taşın kesme hızı azalmaya başlar. Küçülen taş çapına karşılık kesme hızına sabit tutmak için, ya daha büyük çaplı taş kullanılır ya da taşın devir sayısı artırılır. Küçülen taş çapına karşılık kesme hızına sabit tutmak için taşa verilecek devir sayılarını belirlemede bazı tezgâhlar üzerine konulmuş olan diyagramlardan da yararlanılır(Oksel ve ark.,1991).

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



Şekil 4.4 Taşlama taşı üzerindeki sembollerin anlamı(www.atlantic-bonn.de).

Taşlama taşının üzerinde kesme hızları belirtilmiştir. Kesme hızları Şekil 4.4'de taşlama taşı üzerindeki sarı renk kesme hızını(63 m/s) gösterilmiştir. Bu sarı renge karşılık gelen kesme hızı ise Tablo 4.4'de gösterilmiştir.

Tablo 4.4 Taşlama taşlarının çalışma hızlarının renklerle gösterilmesi (www.atlantic-bonn.de).

Çalışma Hızı	Renk
40 m/s'ye kadar	yok
50 m/s	mavi
63 m/s	sarı
80 m/s	kırmızı
100 m/s	yeşil
125 m/s	mavi/sarı

4.4 İş Parçasının Hızı

Normal bir kesme için taşlama taşının hızı ile iş parçasının hızı arasında uygun bir oran bulunmalıdır. Bu oran, taş yüzeyinde kesici tanelerin kırılmasını ya da yerlerinden kopmasını sağlayan kuvvetleri belirler. Genellikle iş parçasının hızı ayarlanarak bu oran korunur ve taşta kendiliğinden bir bilenme etkisi elde edilir. İş hızı, taş hızına göre dengesiz bir şekilde artırıldığında taşın dinamik sertliği azalacağından (yumuşak etki yapacağından), taş daha çabuk aşınır. İş parçasına verilebilecek ortalama hız değeri Tablo 4.5'de gösterilmiştir(Oksel ve ark.,1991).

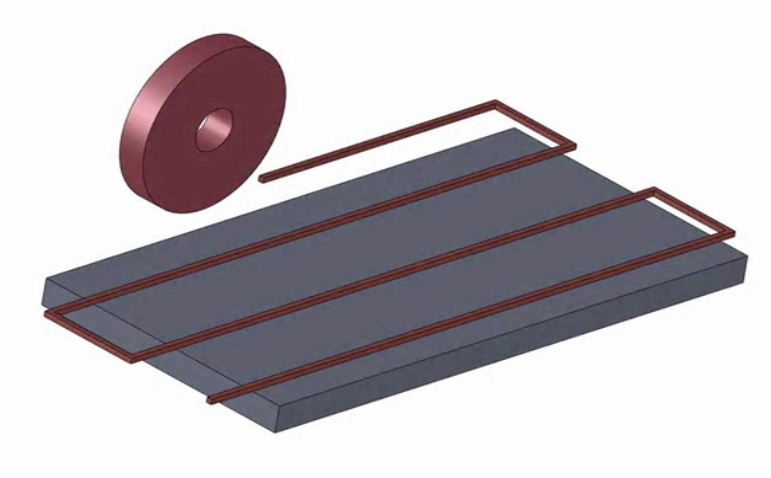
Tablo 4.5 Ortalama Hız Değerleri

Gereç	Kaba Taşlama (m/dak)	İnce Taşlama (m/dak)
Yumuşak çelik	15	22.5
Sertleştirilmiş çelik	7.5	12
Font	12	18
Bronz	18	22.5

4.5 Tabla İlerleme Hareketi

Tabla hareketi ile sağlanan taşlama işlemlerinde, tabla hareketi, taş ve iş hızları ile uyumlu olmalıdır.

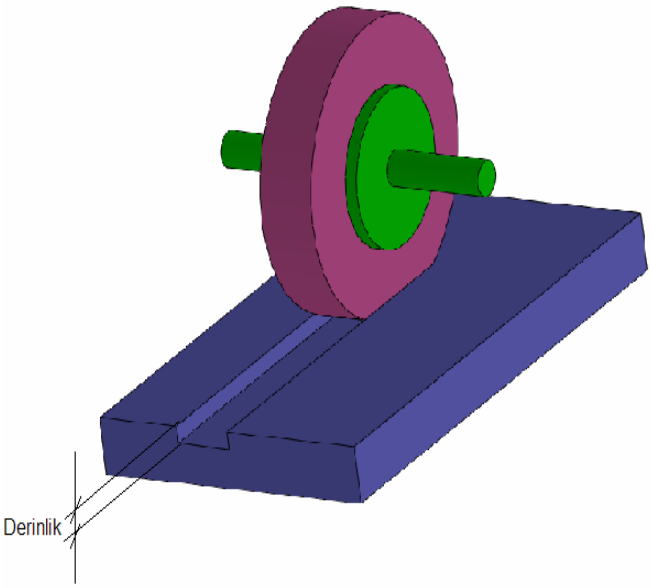
Tabla ilerlemesi, Şekil 4.5'de gösterilmektedir. Kaba taşlamada, iş parçasının her dönüşünde taş genişliğinden biraz az hareket edecek şekilde ayarlanmalı; ince taşlamada ise, aynı ayar korunarak iş parçasının hızı artırılmalıdır(Oksel ve ark.,1991).



Şekil 4.5 Taşlama İşleminde Taşın Hareketi

4.6 Talaş Derinliği

Talaş derinliği (Şekil 4.6) kesiciye bir defada verilen iş dalma miktarıdır. Taş ve iş parçasının hızı doğru seçilmiş, taşın tane büyüklüğü ve sertliği de uygun ise, verilecek talaş derinliği, tezgâhın gücüne, iş parçası malzemesi ve biçimine göre değişir.



Şekil 4.6 Taşlama İşleminde Verilen Talaş Derinliği

Talaş derinliği, yumuşak ve düz yüzeylere kıyasla sert ve biçimli yüzeyler için daha az seçilmelidir(Oksel ve ark.,1991).

Sabit hızla yüzey taşlamada, özellikle dengeli talaş kalınlıklarında talaş derinliği ile özgül talaş kaldırma hızı orantılıdır. Bu nedenle talaş derinliği fazla olan işlemlerde daha büyük kuvvetler ve daha büyük ısı ortaya çıkmaktır(Yılmaz ve Ataberk, 2009).

4.7 Temas Yüzeyi

Taşlama taşının metaller üzerinden talaş kaldırarak almış olduğu yol, taş ve iş parçasının temas yüzeyini oluşturur. Temas yüzeyinin büyüklüğü, iş ve taş çapına bağlı olarak değişir. İş çapı büyüdükçe temas yüzeyi artacağından, yüzeyden daha uzun bir talaş kaldırılır. Belirli bir zaman içinde aynı miktar metal daha uzun parçalarla kaldırıldığında daha ince olur. İnce ve uzun bir talaş kısa ve kalın bir talaşa göre daha az bir kesme basıncı ister. Bu nedenle, daha büyük çaplı parçalar uzun talaş kaldırılarak taşlanırsa, taşlama taşı daha sertleştirilmiş gibi etki eder ve daha geç aşınır.

Temas yüzeyinin değişmesi taşın sertliği de etkiler. Sözgelimi, çanak ya da silindirik taşlarla yapılan düz yüzey taşlamada, silindirik ya da düz taş ile yapılan düzlem taşlamaya göre daha büyük temas yüzeyi oluşur.

Temas yüzeyi büyüdükçe daha yumuşak taş kullanılmalı, ısıyı azaltmak için talaş boşluğu artırılmalıdır. Talaş boşluğu, kaba taneli, büyük gözenekli ya da her ikisini içeren taşlar kullanılarak artırılır(Oksel ve ark.,1991).

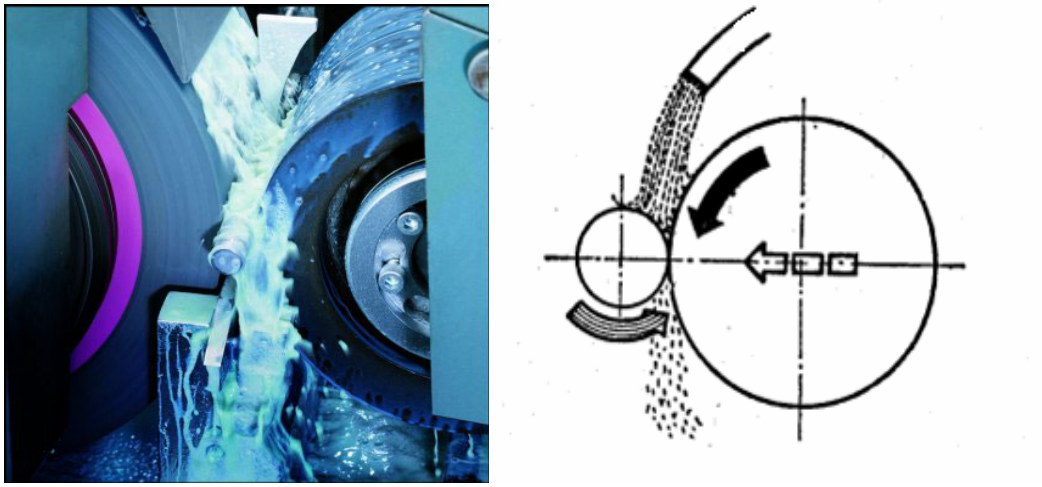
4.8 Kesme Sıvısı

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

Islak taşlamada ise, oluşan yüksek ısının etkisini azaltmak için uygun bir soğutma sıvısı kullanılır. Günümüzdeki yüksek devirli taşlama tezgâhlarının hemen hepsinde de soğutma sıvısı kullanılmaktadır.

Soğutma yapılmadığında ya da yetersiz olduğunda, taş üzerinden kopan parçalar, fazla ısı karşısında pişerler ve macun oluşturarak gözenekleri tıkarlar. Bunun sonucu, taşın kesme özelliği azalır; iş yüzeyi pürüzlü çıkar; ayrıca, fazla sıcaklık iş parçasında çarpıklıklara ve ölçüm hatalarına da neden olur(Oksel ve ark.,1991).

Bu sakıncalar, iş parçası uygun bir sıvı ile soğutularak giderilebilir. Soğutma sıvısı bol miktarda kesme alanı üzerine akacak şekilde taş ile malzemenin temas bölgesine uygulanmalıdır(Şekil 4.7 (a) ve (b)).



(a) (b)

Şekil 4.7 Taşlamada Soğutma İşlemi

5. TAŞLAMA İŞLEMİNDE İZLEME VE KONTROL

Taşlama işlemlerinin izlenmesi ve kontrolü konusunda çoklu sensör uygulamalarıyla; silindirik taşlama sistemi için çeşitli araştırmalar yapılmıştır. İzleme ve kontrol sistemlerine ait deneysel çalışmalar aşağıda verilmiştir. Sistemlerde akustik emisyon (AE), titreşim, kuvvet, akım ve güç sensörleri başta olmak üzere farklı sensör uygulamaları kullanılmıştır. Böylece taşlama işlemindeki birçok sorun tespit edilip, taşlama döngüsü otomatik olarak kontrol ve optimize edilebilmektedir. Bazı pratik taşlama sonuçlarını kullanarak otomatik olarak zeki taşlama sistemi tarafından geliştirilmiştir(Inasaki,1999).

Taşlama işlemi, düzensiz aşınmaya maruz kalan fazla sayıdaki kesme uçları ile karakterize edilir ve bu da ayrıca son derece kararlı olmayan bir işlemi simgelemektedir. İş sonuçlarını kestirebilmek ve taşlama mekanizmalarını anlamak için gerçek işleme modellemesi zordur. Bu konuya binaen akademik ve endüstriyel olarak birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada özetlenen, taşlama sırasında işlemin izlenmesinde yeni unsurları ve yaklaşımları özetlemektedir. Tönshoff ve ark. (2004) çalışmalarında taşlama işleminin kendisini uyarlayan bir kontrol çalışması yapmıştır. Farklı algılama teknikleri kullanmışlardır. Sonuç olarak, işlem kontrol döngüsünü yapabilmek için ölçülen verilerin yorumlanması ve sonraki kontrol eylemini içeren stratejiler ve teknikler için bir genel bakış açısı sunmuşlardır.

Taşlama esnasında ortaya çıkan akustik emisyon sinyalleri (AE) proses ve ürün kalitesi ile ilgili çalışmalarda kullanılabilmektedir. Taşlama işleminde termal hasarları tespit etmek için akustik emisyon sinyalleri dijital sinyal işleme araçlarıyla beraber kullanılabilir. Bunu sağlamak için, alüminyum oksit taşlama taşı ve ABNT 1045 ile çalışan bir yüzey taşlama tezgahında 15 kez tekrarlanarak, Aguiar ve ark. (2004) tarafından yapılmıştır. Akustik emisyon sinyalleri iş parçasını tutan yerde sabit bir şekilde yerleştirilmiş sensörden elde edilmiştir. İşlenmemiş akustik emisyon değerlerini sağlamak için, genellikle kullanılan ortalama karekök değerinin yerinde 2.5 MHz hızında yüksek örnekleme hızlı veri toplama sistemi kullanılmıştır. Ortalama karekök (RMS), AE korelasyonu, sabit yanlış alarm (CFAR), güç oranı (ROP) ve ortalama-değer sapması (MVD) gibi birçok istatistik yöntemler yanmayı tespit etmede başarılı

olarak kullanılmıştır. Buna rağmen, CFAR, ROP ve AE korelasyonu RMS ye oranla daha fazla hassasiyet göstermiştir.

5.1 Kesici Takımların Aşınması ve Profilinin Ölçümünde CCD Kameranın Avantajları

Talaşlı imalatta sabit duran iş parçalarının ölçümü ve dönen parçaların geometrik ölçümleri son derece önemlidir. Birincisinin bir çok çalışmada çözüldüğü görülmektedir (genel durumlarda) ancak mevcut literatüre göre ikincisi tam olarak çalışılmamıştır. Takım aşınmasının izlenmesi, geometrik parametrelerin belirlenmesi (bu genellikle dişli üreten takımlar durumunda) gerçekten de çok yaygındır, tabi optik parametrelerin değerlendirme prosedürün de etkisi vardır (örnek, taşlama taşının profillerinin incelenmesi). Çeşitli kesici takımlarının (delme ve tornalama takımı) aşınma kriterine bağlı olarak resim işleyen CCD kameralarıyla izlenmesi uyarı sistemli çalışmasını bir ölçme programı vasıtasıyla yapmıştır(Varga ve ark., 2005).

Lezanski (2001) dış silindirik taşlama işlemi için taşlama taşının kesme kabiliyetinin durumunu sınıflandırmak için yapay sinir ağı ve bulanık mantık kullanmıştır. Her bir ölçme sinyali için istatistiksel ve spektral özellikler hesaplanmış ve veri seçimi, sınıflandırma prosedürleri için bir girdi olarak kullanılmıştır. İlk olarak, çoklu sensör sisteminden özellik seçimi görevini gerçekleştirmek için ileri beslemeli geriye yayılmalı sinir ağı uygulanmıştır. Sonra, taşlama taşının konumu izlemesinde sensör entegrasyonu için bulanık mantık karar sistemli yapay sinir ağı kullanılmıştır.

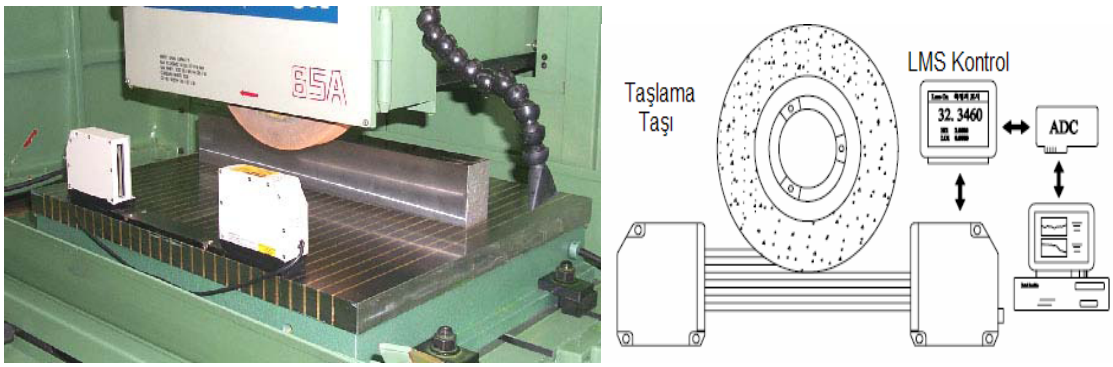
Yüksek verimli kaba taşlama (HEDG), yüksek taş hızlarına (250 m/s ye kadar), nispeten daha derin kesime (1-25 mm veya daha fazlası) ve 1000 mm/s gibi aşırı yüksek çalışma hızlarına olanak sağlayan gelişmekte olan bir teknolojidir. Ancak, bu yeni teknoloji tam olarak anlaşılabilmiş değildir, bu nedenle işlemin kontrolü için daha uygun stratejiler geliştirmek adına işlenme gereksinimleri için daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir. Batako ve Kopal (2007) ısıl çift tekniği kullanarak doğrudan yüzey sıcaklığı ölçümü gerçekleştirmiştir. 5 mm yi aşan kesikler ve 1 m/s ye ulaşan yüksek çalışma hızlarında derin taşlamada sıcaklık ölçümü oldukça zordur. Güvenilir sonuçlar sağlayan tek kutuplu ısıl çift tekniği kullanmışlardır. Bu çalışmada, kesme parametrelerine bağlı olarak HEDG işleminde ısı tahmininde kullanılan termal modelleme ve çeşitli taşlama kuvveti ölçüm tekniklerinde kullanmışlardır. Güç ve

sıcaklık ölçümlerini kullanan yüksek verimli derin taşlama işleminde elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

Üretim mühendisliğinde otomasyona bağlı olarak izleme sistemlerine olan talep devamlı olarak artmaktadır. Geçmişte kusurların tespit edilmesi yeterli idi ama günümüzde her türlü kusurdan kaçınmak gerekmektedir. Bu nedenle izleme sistemleri sıfır hatalı üretim sağlayıp hızlı olmak zorundadır. Birçok sistem işleme sırasındaki kuvvetleri, akustik emisyonu (AE) veya enerji tüketimini izlemektedir. Böylece, iş parçasının kalitesi dolaylı olarak tanımlanır ve iş parçası kalitesi karakteristiklerinin belirlenmesinde kullanılabilir.

Tönshoff ve ark. (1999) işleme sırasında iş parçası kalite karakteristiklerinin doğrudan ölçümünde kullanılabilen yeni bir mikro manyetik analiz sistemi sunmuşlardır. Bu sistem on iki değişik parametre kullanmaktadır ve bir girdap akımı analiz sistemi ve yukarıda belirtilen sistemin bir karışımıdır. Gerilimler, yüzey sertliği ve sementasyon derinliği işlem içerisinde ölçülür ve işlem kontrolü için kullanılabilir. Ölçüm prensibine göre çalışan sistem, otomotiv parçalarının taşlanmasında kullanılmıştır.

Yüzey taşlama işleminde taşlama taşlarının aşınmasının lazerle izlenmesi ile ilgili Ju ve ark. (2001) tarafından yapılmıştır. Lazer taramalı mikrometre kullanılan bir izleme sistemi, taşlama taşlarının eksensel profilini olduğu kadar dairesel şeklini de ölçmek için geliştirilmiştir. Deney sonuçları geliştirilen modelin sadece taşlama taşındaki aşınmayı tespit etmekle kalmayıp zemin yüzeyi kalitesinin geliştirilmesi ve taşlama taşının uygun bileme zamanının tespitinde de kullanışlı olduğunu göstermişlerdir. Taşlama taşının aşınmasının izlenmesi ile yüzey pürüzlülüğü kontrol şekil 5.1'de gösterilmiştir. Lazer tarama mikroskobuyla yüzey taranmıştır(Şekil 5.1).



Şekil 5.1 Lazerle Taşının Tarama İşlemi

5.2 Taşlamada Yapay Zekanın Uygulamaları

Modem bilgisayarları ve kontrolleri kullanan yapay zeka teknolojilerinin talaş kaldırmada uygulaması, çok değişik ve daha küçük parçaların daha yüksek kalitede daha verimli bir şekilde üretilmesinde ileri bir yöntem olarak görülmektedir. Bu daha az operatör etkisi ve daha fazla esneklik ile kullanıcılar daha iyi verimli, yüzey bütünlüğü ve daha kısa işleme zamanları elde etmeyi sağlamaktadır. Taşlama işlemlerinin planlaması, kurulması, kullanılması ve kontrol edilmesinde gerekli olan bilgi ve becerilerin harmanlanmasında yapay zeka yöntemlerinin kullanılması Rowe ve ark. (1994) tarafından incelenmiştir. Temel yapay zeka içerikleri özellikle taşlama uygulamasının içeriğinde öne sürülüp tartışılmıştır. Taşlamada yapay zeka teknolojilerinin gelişiminde iki ana yöntem kanıtlanmıştır; malzeme ve parametre seçimine yardımcı olmak için arayüz sistemleri ve makine kontrolörü ile birlikte kendini optimize eden sistem tasarlanmıştır. Gelecek gelişmelerin CIM (Computer Integrated Manufacturing) çevresi içerisinde bu iki çeşit kontrolün iletişiminin artacağına dair varsayımlar bulunmaktadır. Planlama, denetleme ve aşındırıcı işlemlerin kontrolü için yeterince kararlı olan modüler sistemlerin geliştirilmesi gelecek araştırmalar tarafından başarılabilecektir.

5.3 Taşlamada Yanma Hatalarının AE Sinyalleri Vasıtasıyla Bulanık Mantıkla Tanınması

Taşlama yanması, işlemesi zor olan malzemelerin taşlamasında ana kısıtlamalardan biri olan termal bozuklukların genel bir sonucudur. Taşlama yanması, çalışma parçası yüzeyinde çekme artık gerilimleri veya mikro çatlaklıklara neden olarak malzemeye zarar verip yüzey özelliklerini bozar. Taşlama yanmasını tanımlamak için bir çok yöntem kullanılmaktadır. Ancak, mevcut yöntemlerin temel sorunları duyarlılıkları ve sağlamlıklarıdır. Liu ve ark. (2005) yüksek hassasiyetli akustik emisyon (AE) teknikleri ile taşlama yanmasının tanımlanmasında yeni bir yöntem sunmuşlardır. AE sinyallerinden özellikleri ayıklamak için dalga formu dönüşümü kullanılmıştır ve özelliklerin optimize edilmesi ve taşlama durumu tespiti için bulanık

desen tanıması uygulanmıştır. Deneysel sonuçlar taşlama yanması tespitinin tatmin edici doğrulukta olduğunu göstermiştir.

Lı ve ark., (2005) taşlama işlemi için, bulanık kontrol ve adaptif kontrol kombinasyonları kullanan bir kontrol sistemini tasarlamışlardır. Kendini ayarlayamadığı için geleneksel taşlama tazgahında verim büyük oranda operatörün tecrübe ve becerilerine bağlıdır. Burada, taşlama işleminin karmaşıklığı ve modellemedeki zorluklara bağlı olarak, bulanık kontrol metodu ortaya atılmıştır. Verimlilik ve kalite arasındaki ilişki göz önüne alınarak adaptif kontrollü optimizasyon (ACO) sunulmuştur. Ayrıca, son taşlama işleminde iş parçasındaki yanıktan nasıl kaçınılabileceğine dair bir örnek çalışmada gösterilmiştir. Yukarıda belirtilene göre bir simülasyon gerçekleştirilmiştir. Simülasyonda çıkan sonuçlar bu yöntemin etkili olduğunu göstermektedir.

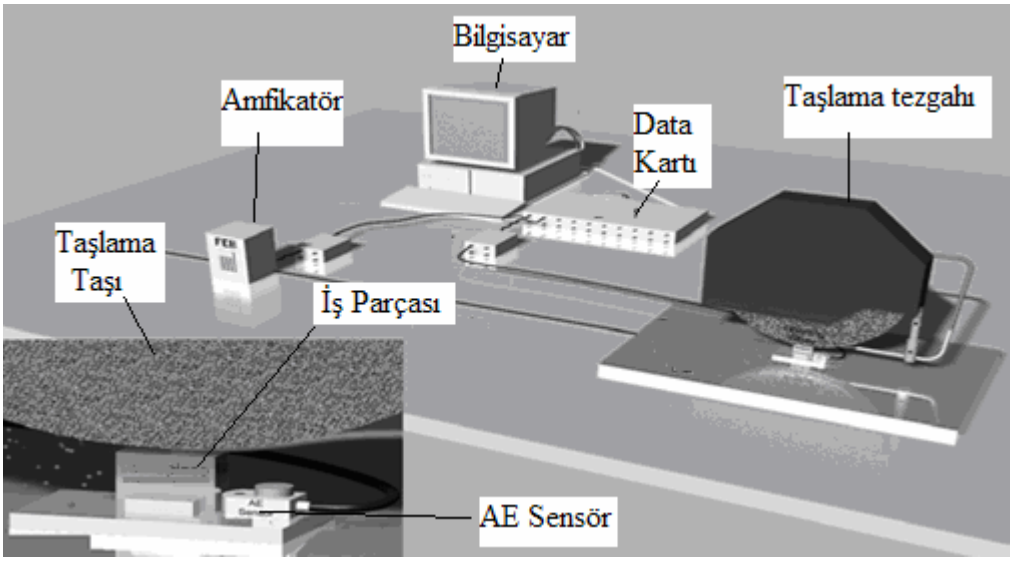
Guo ve ark. (2009) çalışmalarında profil taşlama işlemleri için taşlama kuvvetinin kontrolünü incelemişlerdir. Doğrusal olmayan modele dayanarak, küresel doğrusallaştırma tekniği kullanılarak ilk olarak doğrusal olmayan bir kontrolü türetilmiştir. Model parametreleri tam anlamı ile bilindiği vakit bu kontrolü arzu edilen sistem dinamiklerini sağlayabilir. Kuvvet alt modelinin parametrelerinin gerçek işlemde tahmin edilemeyen yollarla değişmesi göz önüne alınıp, model parametrelerinin belirsizliğine karşın kontrol sisteminin kararlılığı arttırılmalıdır. Bunun farkına varabilmek için, model parametrelerini inceleyen doğrusal olmayan uygulanabilir bir izleyici kullanmışlardır. Tüm bu konsept, bütün kapalı döngü kontrol sisteminin stabilitesini garanti altına alan doğrusal olmayan uygulanabilir bir kontrol şeması olarak görülebilir. Simülasyon sonuçları bu doğrusal olmayan uygulanabilir kontrolünün arzu edilen performansı sağladığını belirtmişlerdir.

Vishnupad ve Shin (1998) taşlama işleminin optimizasyonu için genel bir akıllı taşlama danışma sistemi (GIGAS) sunmuşlardır. Düz yüzey taşlama, iç ve dış silindirik daldırmalı taşlama işlemi için model tabanlı bulanık mantık kontrollü sistem kurulmuştur. GIGAS'ın ana özelliği, deneysel sonuçlardan kural tabanları oluşturarak taşlama işlemi yapabilmesidir. Bu amaçla, taşlama kuvveti, taşlama gücü, maksimum talaş kalınlığı, yüzey pürüzlülüğü, taşlama oranı, taşın parlaklığı ve taşlama sıcaklığı için genelleştirilmiş süreç modelleri kullanılmıştır. Optimizasyon için GIGAS tarafından kullanılan işlem modellerinin kullanıcı tarafından değiştirilebilmesine ve

dolayısıyla çok sayıda taşlama koşulu için hizmet verebilmektedir. Ayrıca, doğru çözümler birkaç saniye sırayla bulanık kestirim kullanılarak elde edilebilir ve bu da gerçek zamanlı kontrolün olabileceğini göstermiştir. GIGAS'ın performansı, iç silindirik daldırmalı taşlama işlemi gibi geleneksel bir yöntem ile karşılaştırılıp test edilmiştir.

Taşlamada yüzey pürüzlülüğünün çevrim içi izlenmesi ve kestirimi deneysel doğrulama ile Samhouri ve Surgenor (2005) tarafından sunulmuştur. Yüzey pürüzlülüğünün çevrim içi olarak tanımlanması ve izlenmesi için uyarlanabilir bir sinirsel-bulanık çıkarım sistemi kullanmışlardır. Sistem, taşlama özellikleri ve yüzey bitişi ile ilişkili bir sinyal oluşturmak için bir piezoelektrik hızlandırıcı kullanır. Bu sinyalin güç spektral yoğunluğu, çevrim içi olarak kestirilen yüzey pürüzlülüğü için çıktıya dönüştüren ANFIS için bir girdi olarak kullanılır. Yüzey pürüzlülüğünün kestirim kesinliğini ve çevrim içi izlenmesini arttırmak adına ANFIS deneme işlemi süresince farklı sinirsel-bulanık parametreler adapte edilmiştir. Ölçülen yüzey pürüzlülüğü değerleri ile çevrim içi kestirilen değerleri karşılaştırmak için deneysel doğrulama deneyleri yapılmıştır. Karşılaştırma göstermiştir ki ANFIS te çan şeklinde üyelik fonksiyonun adapte edilmesi ile % 91 gibi çok tatmin edici bir saniyedeki çevrim içi kestirime ulaşılmıştır.

Aguiar ve ark. (2005) çalışmalarında yüzey taşlama işleminde yanma oluşmasında eşik değerlerini bulmayı amaçlamışlardır. Şekil 5.2'de yanma oluştuğu zaman işlemi kesmek veya operatörü bilgilendirmek için bir kontrol sinyali oluşturmak adına bir analog-dijital dönüştürücüden akustik emisyon ve elektrik gücü sinyalleri sağlanıp algoritmalar üzerinden işlendiği gösterilmektedir. Yanmanın oluşup oluşmadığını belirten eşik değerlerinin tespiti gibi uygulanan bu iki parametrenin karşılaştırılması da yapılmıştır. Deneysel çalışmada, (tavlanmış ABNT-1045) tek çeşit çelik ve TARGA 3TG80.3 – NV modeline uygun olarak tek çeşit taşlama taşı kullanmışlardır.



Şekil 5.2 Taşlama İşleminin Kontrolü Prosesi

Wang ve Wu (2006) taşlama kuvveti tahminini geri yayılımlı sinir ağı (BPNN) kullanarak gerçekleştirmiştir. Sonuçlar göstermiştir ki taşlama kuvveti modelinin uygulanmasıyla taşlama enerjisi doğru bir şekilde kestirilebilmektedir. Böylece, iş parçasında yanmanın neden olduğuna dair bir karara varabileceği belirtilmiştir. Deneysel sonuçlar ile kıyaslandığı vakit, geliştirilmiş BPN ağının uygulanan algoritmasının iş parçası yanmasında çalışma koşullarının kestiriminde etkili olduğu kanıtlanmıştır. Böylece, iş parçasında yanmadan kaçınmak için çalışma koşullarının bir seçim şeması geliştirilmiştir. Çalışma verimliliği göz önüne alınarak, çalışma koşulları en yüksek talaş kaldırma hızında ayarlanmıştır. Daha iyi bir çalışma verimliliği sağlamak için daha büyük bir taş boyutunun uygun olduğunu belirtmişlerdir.

6.TAŞLAMA İŞLEMİNDE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN İNCELENMESİ

6.1 Yüzey Pürüzlülüğü

6.1.1 Tanımı

Talaş kaldırarak şekillendirme sırasında; seçilen yönteme, kesici cinsine ve işleme şartlarında bağlı olarak fiziksel, kimyasal, ısıl faktörlerin ve kesici-iş parçası 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(İşbilir, 2006).

İşleme metodu, kesicinin cinsi ve işlenen malzemeye bağlı olarak, işleme sırasında fiziksel, kimyasal ve ısıl faktörlerle, kesen ve kesilen arasındaki mekanik hareketlerin de etkisiyle işlenmiş yüzeylerde, genellikle istenmediği halde bazı izler oluşur. Nominal yüzey çizgisinin altında ve üstünde düzensiz sapmalar meydana getiren bu duruma yüzey pürüzlülüğü denir (Güllü, 1995).

İmalatı yapılan iş parçasının yüzey pürüzlülüğü, elemanların yataklama ve aşınma özelliklerinin incelenmesi ile malzeme yorulması için son derece önemli olduğu yapılan çalışmalar sonucunda elde edilmiştir. Yüzey kalitesinin değerlendirilmesi ve matematiksel büyüklüklere(parametrelere) çevrilmesi için pürüzlülük değerlerinin ölçülmesi gerekir. Pürüzlülük ölçümlerinin değerlendirmek maksadıyla ölçülen profilde pürüzlülük, form ve dalgalılık sapmaları birbirinden ayrılır. Günümüzde bu ölçümleri yeterli doğrulukla, hassasiyetle ve kısa sürede gerçekleştiren cihazlar; temaslı ölçüm yapan indüktif problu yüzey pürüzlülük cihazlarıdır. Pürüzlülük ölçümünün doğru ve hassas yapılması ile aynı zamanda hangi pürüzlülük parametrelerinin kullanılacağının doğru tespiti ve bunların doğru değerlendirilmesi büyük önem taşır.

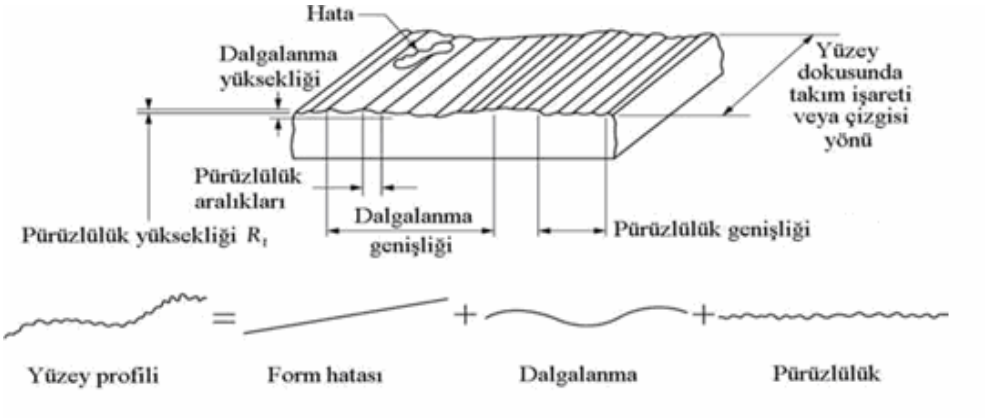
İşlenmiş yüzeylerde, kullanılan iş malzemesi ve işleme metodu ne olursa olsun (tornalama, frezeleme, taşlama vb.) yüzey pürüzlülüğünün meydana gelmesi kaçınılmazdır. İşlenen malzemelerde meydana gelen yüzey pürüzlülüğü, endüstride çok büyük önem teşkil etmektedir. Üretici firmalar imalat sektöründeki ticari paydan mümkün olduğu kadar fazla pay alabilmek için bu alanda çok büyük yatırımlarla araştırma ve geliştirme faaliyetleri yapmaktadırlar(İşbilir, 2006).

Talaş kaldırma işleminin amacı, parçalara şekil vermenin yanında bunların geometri, boyut ve yüzey bakımından yapım resimlerinde gösterilen toleranslar

dahilinde imal etmektir. Günümüzde seri üretime geçilmesi ile birlikte standart ürünler üretmek şart olmuştur. Bu standart ürünlerin üretilmesinde ölçü tamlıklarının yanında yüzey kalitesi de öne çıkan etkenlerden birisidir. Malzeme bilimi, yüzey kalitesini iyileştirmek için yeni malzeme arayışının sürdürmektedir. Yüzey kalitesini iyileştirmek için yalnızca malzeme alanında gelişmeler olmamaktadır. Kesici takım malzemesi, geometrisi, takım tezgahı, takım tutucu, soğutma sıvısı ve işleme şekli gibi pek çok alanda gelişmeler olmaktadır(Tekaüt, 2008).

6.1.2 Yüzey Yapısının Özellikleri

Bir yüzey yapısının kontrolünde yorulma ömrü, yataklık etme özelliği ve aşınma önemli faktörlerdir. İşlenen yüzeylerde dalgalılık ve pürüzlülük olmak üzere iki tip yüzey sapması meydana gelir. Dalgalılık yüzeyin geometrik şeklini karakterize ederken, pürüzlülük yüzey kalitesini tayin eder. Yüzey pürüzlülüğü standarda göre yüzeye dik olan bir kesitte, belli bir numune uzunluğu boyunca, belli bir referans profiline ve profil ortalama çizgisine göre tayin edilir. Referans profil olarak genellikle geometrik profil alınır. Profil ortalama çizgisinin yeri, bu çizginin üstünde ve altında kalan alanların toplamı birbirine eşit olacak şekilde belirlenir. Düz bir yüzey denildiğinde dalgasız, pürüzsüz denildiğinde dalgalı, fakat gözle bakıldığında veya tırnakla kontrol edildiğinde, pürüzlülükleri fark edilemeyen yüzeyler anlatılmak istenir. Doğrultu, yüzey pürüzlülüklerinin referans alınan bir alın yüzeyine göre durumunu belirler. Yüzey geometrileri, isteme metoduna bağlı olarak değişir.



Şekil 6.1 İşlenmiş Bir Yüzey Yapısı

Yüzey düzensizliklerine sebep olan faktörler:

1. Pürüzlülük : Yüksek frekanslı elemanlardan oluşur.
2. Dalgalık : Orta frekanslı elemanlardan oluşur.
3. Form : Düşük frekanslı elemanlardan oluşur(Güllü,1995).

6.1.3 Yüzey Pürüzlülüğünün Önemli Olduğu Durumlar

Yüzey pürüzlülüğü birçok alanda önemli bir parametredir(Akkuş, 2010). Bunlardan bazıları;

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

6.1.4 Yüzey Kalitesini Etkileyen Faktörler

Genellikle yüzey kalitesini etkileyen faktörler şöyle özetlenebilir:

- Takım tezgâhlarının yeterince rijit olmaması,
- İşlenen malzemelerde bağlamadan dolayı oluşan deformasyon,
- Talaş akışının sebep olduğu bozukluk,
- İlerleme mekanizmasındaki düzensizlikler,
- İlerleme hızında meydana gelen düzensizlikler,
- İşlenen malzemedeki yapı bozuklukları,
- Kolay şekillendirilebilir malzemeler düşük kesme hızlarında işlendiği zaman,
- İşlenen malzeme yüzeyindeki yırtılmalar,
- Tezgahın kinematik mekanizması,
- Takım ucu ve takım ucunun rijit olmamasından kaynaklanan imalat hataları,

- Kesici tasarımı, geometrisi ve kesme kapasitesi,
- Takım konumlama ve bağlama hataları,
- Takım aşınmasından kaynaklanan hatalar,
- İşlenen malzemeden talaş kaldırma şekli,
- Çevrenin etkisi ile oluşan hatalar olarak sayılabilir.

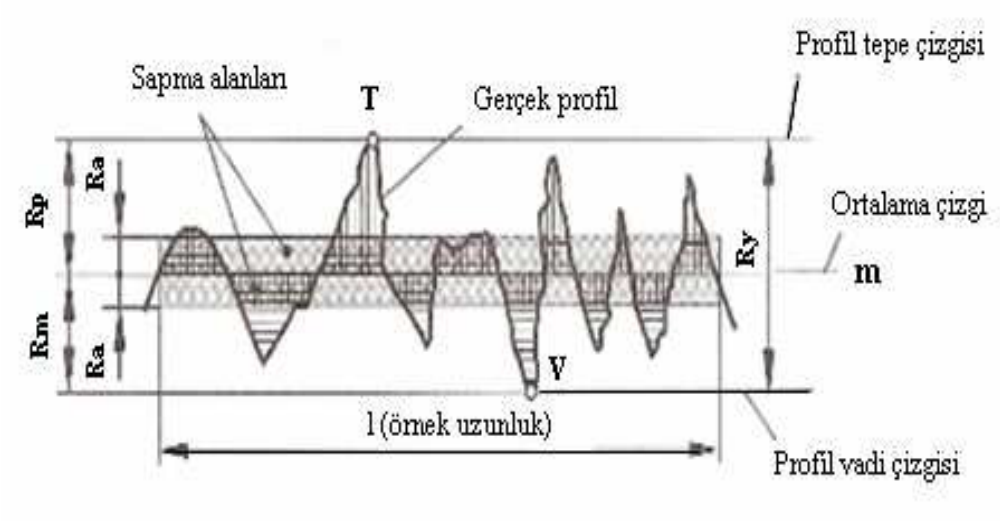
Bütün talaş kaldırma işlemlerinde temel amaç iş parçasında istenilen geometri ve hassas bir bitirme yüzeyi oluşturmaktır. Talaş kaldırma işleminde; istenilen geometri ve yüzey pürüzlülüğü olmak üzere iki önemli kalite karakteristiği üzerinde durulmaktadır. Talaş kaldırma işleminde talaş akışı ve malzeme aşınımının oldukça karmaşık olmasından dolayı matematiksel modellenebilmesi için çoklu değişkene ihtiyaç vardır. Bu karmaşık yapıya rağmen, kısmen yüzey pürüzlülüğünün kontrolü, öncelikli olarak üç önemli talaş kaldırma değişkeni olan kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliği için uygun değerler seçilerek sağlanabilir. Genel olarak, talaş derinliği ve ilerleme miktarı atarken, buna zıt olarak kesme hızının artmasıyla birlikte yüzey pürüzlülük değeri azalmaktadır(Neşeli, 2006).

6.1.5 Yüzey Kalitesinin Sayısal Olarak Değerlendirilmesi

Yüzey pürüzlülüğü kalitesinin hesaplanmasında iki yöntem kullanılmaktadır. Bunlar ortalama çizgi sistemi(M) ve zarf sistemi (Z) olarak bilinirler.

6.1.5.1 Ortalama Çizgi Sistemi(M)

Standartlara göre yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi belli kriterlerle yapılmaktadır. Bu kriterlere göre pürüzler, yüzeye dik olan bir kesite, belli bir numune uzunluğu boyunca, belirli bir referans profiline ve profil ortalama çizgisine göre tayin edilir. Referans profil olarak genellikle geometrik profil alınır. Profil ortalama çizgisinin yeri, bu çizginin üstünde ve altında kalan alanların toplamı eşit olacak şekilde belirlenir(Turhan, 2008).



Şekil 6.2 M sistemine göre yüzey pürüzlülük profili(Kartal 2000).

a. Örnek uzunluk (L:mm): Örnek uzunluk yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesinde alınan etken uzunluktur.

b. Profil ortalama çizgisi (M): Profil ortalama çizgisi etken profilin alt ve üst sınır noktalarının ortasından paralel geçen çizgidir. Bu çizgi, alt ve üst alanları eşit yapacak şekilde geçmelidir.

c. Geometrik profil alt sınır çizgisi: Geometrik profil alt sınır çizgisi etken profilin alt sınırından geçen ve profile (v) noktasından değen çizgidir.

d. Geometrik profil üst sınır çizgisi: Geometrik profil üst sınır çizgisi etken profilin üst sınırından geçen ve profile (T) noktasından değen çizgidir(Kartal 2000).

e. Pürüzlülük yüksekliği (Rt,Rmax): Pürüz yüksekliği örnek uzunluk içinde profil üst sınır çizgisi ile alt sınır çizgisi altındaki mesafedir.

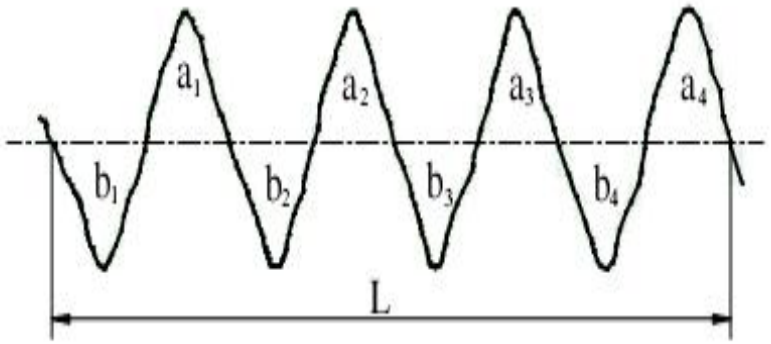
f. Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü (Ra) Merkez ortalama çizgisi(CLA) olarak bilinen, yükseklik aritmetik ortalaması kalite kontrolünde oldukça sık kullanılan pürüzlülük parametresidir (Motorcu,2006).

Ortalama pürüzlülük değeri etken profille ortalama çizgi arasında kalan alanın örnek uzunluğa bölünmesi ile elde edilen değerdir.

ISO tarafından Ra değerleri N ile simgelenmiş ve 0,025-50 μm arasında sınıflandırmışlardır. Tablo 6.1'de ISO tarafından Ra değerinin simgelenmesi verilmiştir.

Tablo 6.1 ISO Tarafından Ra Değerinin Simgelenmesi

Pürüzlülük Derecesi	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12
R_a (µm)	0.025	0.05	0.1	0.2	0.4	0.8	1.6	3.2	6.3	12.5	25	50
Simge	∇∇∇∇			∇∇∇			∇∇			∇		



Şekil 6.3 Alanlarla Ra değerinin gösterimi(Neşeli 2006)

$$Ra = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + b_1 + b_2 + b_3 + b_4}{L} = \frac{\sum Alan(a) + \sum Alan(b)}{L} \qquad (6.1)$$

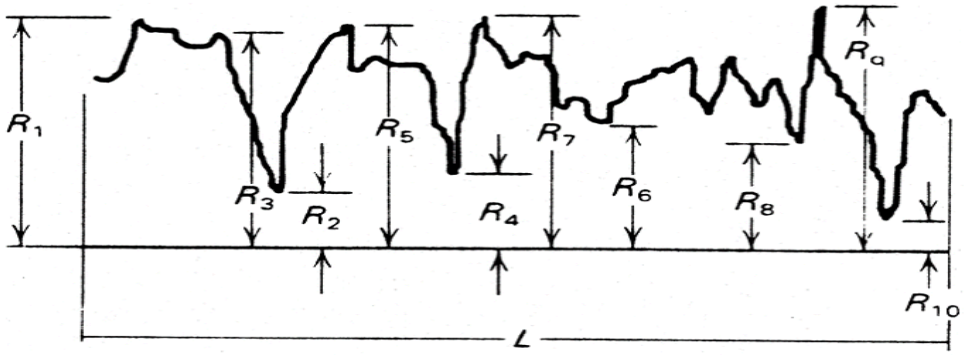
Ra'nın değeri Şekil 6.3'de görüldüğü gibi, düzensiz bir alan eşit uzunlukta bölünerek bu uzunluklara tekabül eden orta çizginin (eksen çizgisinin) üstünde (a) ve altın da (b) kalan alanlar, planimetre ile ölçülüp bu alanların toplamının örnek uzunluğa (L) bölünmesi ile de belirlenebilir (Neşeli,2006). Denklem (6.1)'de Ra için bu ifadenin eşitliği verilmiştir.

Ra değerini elde etmek için denklem (6.2)'deki eşitlikle ifade edildiği gibi toplam alanın örnekleme uzunluğuna oranı düşey büyütmeye bölünür ve µm dönüşümü için 10^3 ile çarpılır.

$$Ra = \frac{\sum Alan(a) + \sum Alan(b)}{L} X \frac{1000}{DüşeyBüyütme} \ \mu m \qquad (6.2)$$

g. Ortalama Pürüz Yüksekliği (Rz)

Bu parametre yüksek tepe ve derin çukurları daha iyi ifade edilebildiğinden dolayı Ra'dan daha hassastır. Uluslararası Standart Organizasyonuna (ISO) göre bu parametre profil değerlendirme boyunca en yüksek beş tepe ve en düşük beş çukurun ortalamasının yükseklik farkı olarak tanımlar (Motorcu, 2006). Şekil 6.4'de on nokta yükseklik parametresinin tanımlanması (Rz (ISO)) gösterilmiştir.

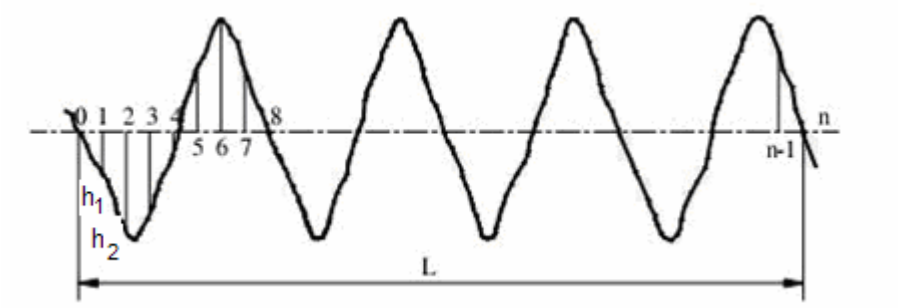


Şekil 6.4 On nokta yükseklik parametresinin tanımlanması (RZ(ISO))

Rz ifadesinin formülsel ifadesi denklem (6.3)'de verilmiştir:

$$Rz = \frac{(R_1 + R_3 + R_5 + R_7 + R_9) - (R_2 + R_4 + R_6 + R_8 + R_{10})}{5} \tag{6.3}$$

h. Ortalamaların pürüz kareleri toplamının karekökü(R_q): Seçilen örnekleme uzunluk sınırlarında, eksen çizgisinin altında ve üstünde meydana gelen sapmaların geometrik ortalama değeridir.



Şekil 6.5 Ordinatlarla R_q değerinin gösterimi (Neşeli, 2006)

h_1, h_2 değerleri profil yüksekliğini ve n değeri ise L boyunda pürüz yükseklik sayısını göstermektedir. Rq değeri denklem (6.4) 'daki formülle hesaplanabilir:

$$Rq = \sqrt{\frac{h_1^2 + h_2^2 + h_3^2 + ...h_n^2}{n}} \tag{6.4}$$

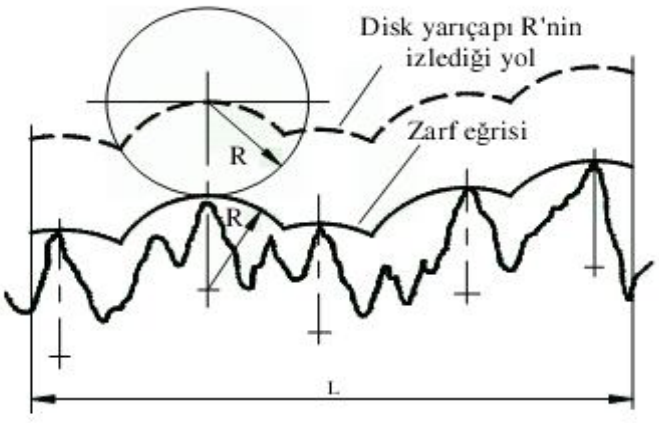
i. Profil maksimum dip derinliği (Rm): Seçilen örnekleme uzunluk sınırlarındaki en dip girintiye temas edecek şekilde ve eksen çizgisine paralel olarak çizgisel doğru ile eksen çizgisi arasındaki mesafedir.

6.1.5.2 Zarf sistemi (Z)

Zarf sistemi, izlere karşı yuvarlanan bir dairenin yarıçapı tarafından üretilen bir çizgi esasına dayanır. Daire merkezinin hareketinden oluşturulan bu eğri R mesafesi tarafından düşey olarak yerleştirilmiştir. Bu çizgi yüzeyin üzerinde yer alır. Şekil 6.6'da gösterildiği gibi zarf eğrisi, ideal geometrik profile dik açılardan en yüksek profile doğru çizilen ordinatlar tarafından oluşturulur.

Yarıçap R'nin dairesel yayları ordinatlar üzerindeki merkezleriyle birlikte tepelere doğru çizilerek zarf eğrisini oluşturur. Bu eğrinin oluşumu yüzey kalitesinin grafik çıktısının dikey ve yatay eksenlerde aynı oranda büyütüldüğünü kabul eder.

Dikey büyümelerin yataydaki büyümelerden dikkati çekecek kadar fazla olması ve dairesel yayların bozularak eliptik şekil alması olağandır (Tekaüt 2008). Buradaki zarf eğrisi M sistemindeki ortalama çizgiyi ifade eder.



Şekil 6.6 Zarf eğrisinin elde edilişi (Neşeli 2006)

6.2 Yüzey Pürüzlülük Ölçme Metotları

Yüzey pürüzlülüğü ölçmekte kullanılan en yaygın cihaz temaslı yüzey pürüzlülük ölçme aletidir. Cihaz bir izleyici kafa ve bir sinyal yükseltici/kuvvetlendiriciden oluşur. İzleyici kafada uç yarıçapı küçük olan bir elmas iğne vardır. Yüzeyde izleyici kafa otomatik olarak gezdirilir. Yüzeydeki pürüzlülükten kaynaklanan iğne hareketleri izleyici kafa tarafından elektrik sinyallerine çevrilir. Bu sinyaller yükseltici tarafından büyütülür ve cihaza kaydedilir. Göstergedeki değerler referans çizgisine göre yüzey pürüzlülüğünün aritmetik ortalamasını (Ra), ortalamanın karekökü (Rq) veya ortalama pürüz yüksekliği (Rz) gibi düzeltilmiş yüzey pürüzlülük değerlerini verir (Vural,2006).

Yüzey yapısı için en önemli ölçme tekniği mekanik- elektronik cihaz kullanımı olup küçük yarıçaplı elmas iğne işlenmiş yüzey çizgisi üzerinden geçmesi esnasında yüzey profilinden alınan pürüzlülüğü okuyarak çıktı olarak gösterir. Çok genel olan standart elmas iğnenin eğrilik yarıçapı 10 μm ancak araştırmalarda 2.5 μm kadar küçük radyuslu iğne uçları da kullanılmaktadır (Şahin,2001).

Yüzey pürüzlülüğü; ölçülmek istenen yüzeyin özelliği bilinen bir yüzeyle karşılaştırılması esasına dayanan, izleyici problarla veya optik cihazlarla ölçüm yapılması ile belirlenir (Vural,2006).

Yüzey pürüzlülük ölçüm metotları aşağıda verilmiştir.

1. Dokunma metodu
2. Mekanik metot
3. Hidrolik metot
4. Pnömatik metot
5. Kapasitans metodu
6. X ışını metodu
7. Elektron mikroskop metodu
8. Optik mikroskop metodu
9. Yüzey dinamometresi metodu
10. Kesit alma metodu
11. Karşılaştırma mikroskobu metodu
12. İnterferometrik metotlar
13. İzleyici uçlu cihazlarla pürüzlülük ölçümü

14. Optik yansıtma metodu

15. Optik parazit aletleri metodu

16. Replika (Mask) metodu

17. Elektro-fiber-optik sistem metodu

6.2.1 Dokunma Metodu

En eski ve hala kullanılan metottur. Bir iğne, kalem ve hatta tırnak ucunun bir yüzey üzerine işleme yönüne dik olarak sürülmesiyle, yüzeyin pürüzlülüğü hakkında bilgi edinilebilir(Güllü,1995).

6.2.2 Mekanik Metot

Güllü (1995) önerisine göre, çelik bilye kullanılarak minimum 500 gram ağırlığı yüzeyde; yüzeyin içine doğru 1 μm'lik yer değiştirmesi yüzey pürüzlülüğünün bir ölçümüdür.

6.2.3 Hidrolik metot

Güllü (1995) 200 mm boyunda düzlemde 0,25 cm^3 yağ damlasının geçiş süresi ve düzensizliklerin 10 nokta yüksekliği ilişkisi neticesinde bir eşitlik elde etmiştir. Bu metotla 2~50μm'lik Rz değeri elde edilebilir. Bu denklem 6.5'de ifade edilmiştir.

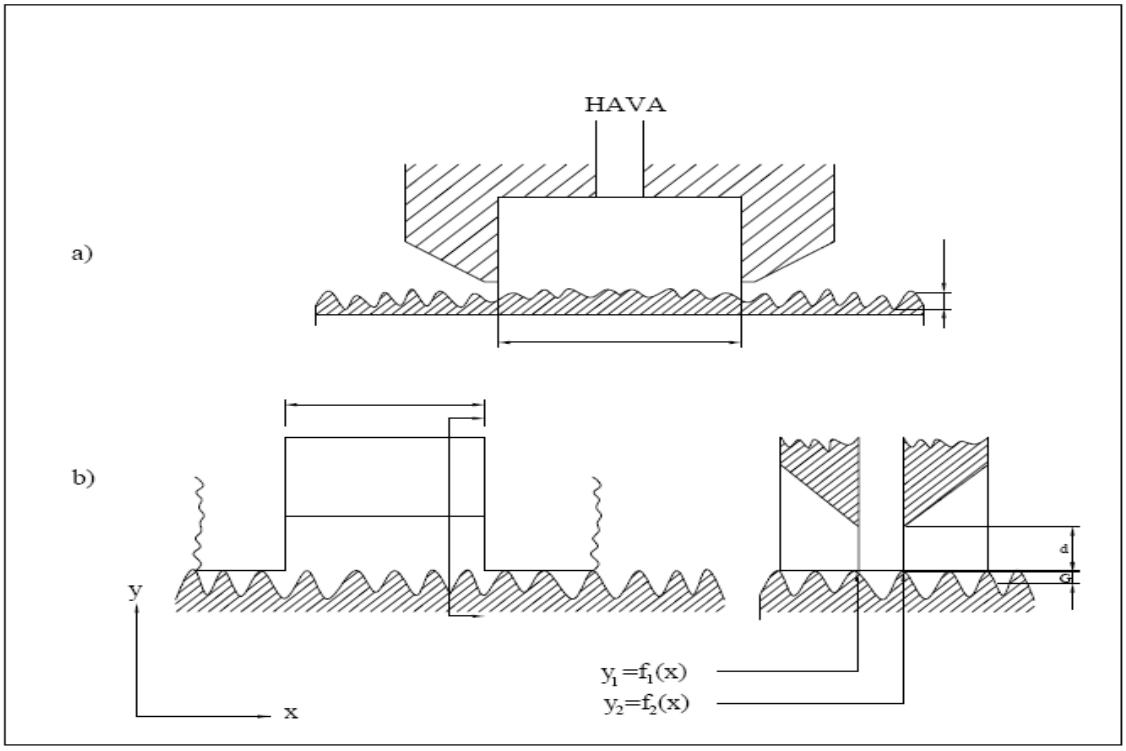
$$Rz = 0{,}13xt^{3{,}7} \tag{6.5}$$

6.2.4 Pnömatik Metot

Pnömatik ölçme metotlarının kullanımı, düz yüzeylerin pürüzlülüğünün ölçülmesi için Nicolau tarafından araştırılmış ve yaklaşım 5 mm çapında bir dairesel ölçme başlığı kullanılmıştır(Şekil 6.7). Eğer bu başlık ucunun dairesel yüzey alanı y=f(x) eşitliği ile tanımlanırsa, pürüzlülük (G) hava için alan göstergesi prensibine göre aşağıdaki eşitlikte bulunmuştur(Güllü,1995).

$$G = \frac{1}{\pi D}\int_0^{\pi D} y dx$$

$$G = d\left(\int_0^1 y_1 dx + \int_0^1 y_2 dx - 1\right) \qquad (6.6)$$



Şekil 6.7 (a) Düz Yüzeyler İçin Çanak Biçimli Dairesel Başlık
(b) İnce Uzun Kanallı Başlık(Güllü,1995).

Güllü (1995) tarafından, yüksek basınçlı hava kullanımıyla yüksek hassasiyetli, hızlı tepki özellikli ve 0,05~3,7 µm Ra değerleri için lineer taksimatlı bir cihaz geliştirilmiştir. Bu cihaz düz yüzeyler gibi silindirik yüzeylerde de kullanılabilir. Bu cihazın ölçme başlığında hava göndermek için 125 µm çaplı ve ölçüm yapılacak yüzeyde 46 µm yukarıda bir delik vardır. Bu başlığın ağız açıklığı 2,54 mm olarak tavsiye edilir. Delik ağzının her bir bölgesindeki yüzey eşitliği yukarıdaki gibi verilir(Güllü, 1995).

6.2.5 Yüzey Dinamometresi Metodu

İki yüzey arasındaki sürtünme katsayısı, sürtünme katsayısı, sürtünen parçaların yüzey pürüzlülüğüne bağlıdır. Sürtünme katsayısının dinamometre ile ölçülmesi sırasında elde edilen F kuvveti yüzey pürüzlülüğü ile doğru orantılıdır(Güllü,1995).

6.2.6 Kapasitans Metodu

Ortalama pürüzlülük yüksekliğinin ölçümü (Rz) bir paralel plakalı kondansatörün kapasite değişimine dayanılarak yapılabilir. Plakalardan birisi referans alınacak olan kondansatörün düzgün yüzeyi, diğeri ise test edilecek yüzeydir. Her iki yüzey birbirlerinden katı bir yalıtkan ile ayrılmış olmalıdır. Yalıtkan temas eden pürüzlülüğü ölçülecek yüzey arasındaki boşluklara havanın dolmasıyla ikinci bir yalıtkanlık oluşur. Böylece yüzey pürüzlülüğü aşağıdaki eşitlik ile ifade edilir(Güllü,1995)

$$Rz = (\frac{A}{4\pi C} - \frac{t}{D}) x Da \qquad (6.7)$$

A: Levhanın nominal alanı,

C: Sistem kapasitansı,

t: Yalıtkan kalınlığı

D: Yalıtkan geçirgenlik katsayısı,

Da: Hava geçirgenlik katsayısı,

6.2.7 X Işın Metodu

Güllü (1995) çalışmasıyla mikroskop altında yüzey düzensizliklerine küçük açılarla gönderilen X ışınları 0,00254 ~0,0508 μm arasındaki yüzey pürüzlülüklerinin ölçümünü sağlar.

6.2.8 Elektron Mikroskobu Metodu

Elektron mikroskobu en küçük düzensizleri ölçme gücüne sahip olmasına rağmen, ölçüm yapılacak yüzey boyutunun küçük tutulması zorunluluğu ve yüzey pürüzlülüğü

görüntüsünü kopyalama sırasında oluşabilecek zorluklar bu metodun kullanımını sınırlar(Güllü,1995)

6.2.9 Optik Mikroskop Metodu

Herhangi bir parçanın yüzeyi bir büyüteç veya mikroskopla gözlenebilir. İncelenecek numunenin yüzeyine yoğunlaştırılmış ışın gönderilerek aydınlatılır. Işınların etkisi ve mercek vasıtasıyla meydana gelen şeklin görüntüsüne bakılarak yüzeyindeki boşluklar ve onların meydana getirdiği en büyük açı ve yüzey yapısı hakkında değerlendirme yapılır(Güllü,1995).

6.2.10 Kesit Alma Metodu

Numunenin ince kesitinin alınmasından sonra koruyucu bir metal tabaka ile yüzey kaplanır. Yüzeyin dik kesitinden optik yansıtma yapılarak yüzey düzensizliklerinin büyütülmüş hali görülür. Gerekirse şeklin optik olarak daha da büyütülmesi mümkündür. Bu metodun dezavantajı numunenin tahrip edilmesi ve yavaşlığıdır(Güllü,1995).

6.2.11 Karşılaştırma Mikroskoplu Metot

Cihazın çıplak gözle bırakılan ekranında; hemen kontrolü yapılacak yüzeyin büyütülmüş kesitinin birlikte görmek mümkündür. Bu kıyaslamada; aynı malzemeden yapılan, aynı işlem metoduyla en iyi sonuç veren iş parçasının görünüşü referans alınırsa, aynı gurup oluşturan diğer iş parçasının uygunluk kontrolü kolayca yapılabilir(Güllü,1995).

6.2.12 Optik Yansıtma Metodu

Bir yüzeyin yansıtması pürüzlülüğün bir fonksiyonudur. Eğer ışığın dalga boyu Rq (rms) değerinden çok büyükse, yansıtma sadece yüzey pürüzlülüğüne bağlı olup,

üzensizliklerin eğimine bağlı değildir. Böyle durumlarda p_0'ın (pürüzsüz yüzeyin yansıtması) p'ya oranı aşağıdaki eşitlikle bulunur.

$$\log_{10}\frac{p_0}{p}=\frac{(4\pi Rq)^2}{(2,303)\lambda^2} \qquad (6.8)$$

Yüzeyin iki ayrı dalga boyunda ölçülmesi, yüzey pürüzlülüğünün ve pürüzlülük eğimlerinin Rq'larının hesaplanmasına imkan verir(Güllü,1995).

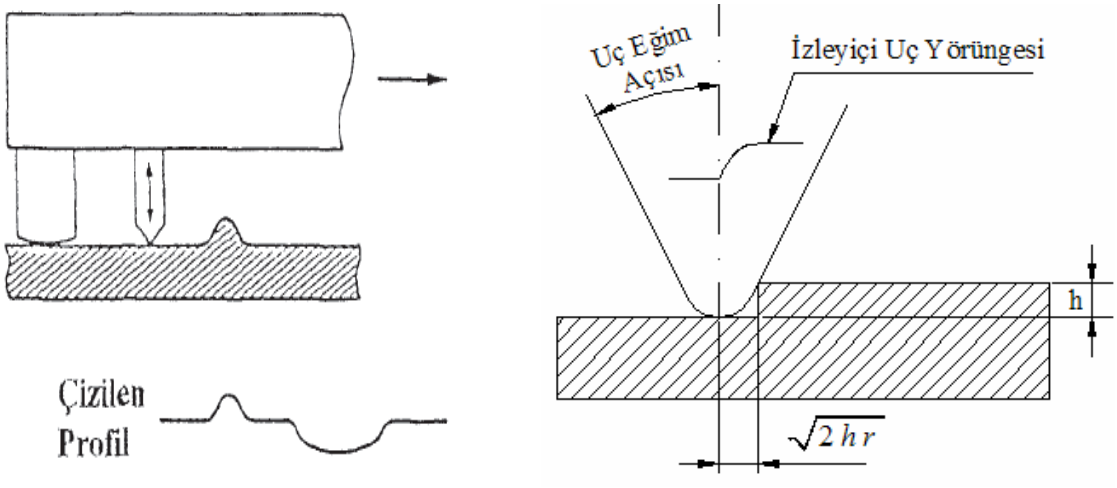
6.2.13 İnterferometri Metotları

Bir ışın huzmesi bölünüp iki ayrı uzunluktaki yoldan gönderildikten sonra birleştirilirse, bu ışığın yoğunluğu ya maksimum yada minimumdadır. Bu ise; ışınların ya aynı fazda yada 180 derece faz farkında bulunmalarına bağlıdır. Huzmelerden birinin küçük bir alanda yansıtılmasıyla elde edilen büyütülmüş ışın girişim modeli yoluyla yüzey pürüzlülüğü incelenebilir(Güllü,1995).

6.2.14 İzleyici Uçlu Cihazlarla Pürüzlülük Ölçümü

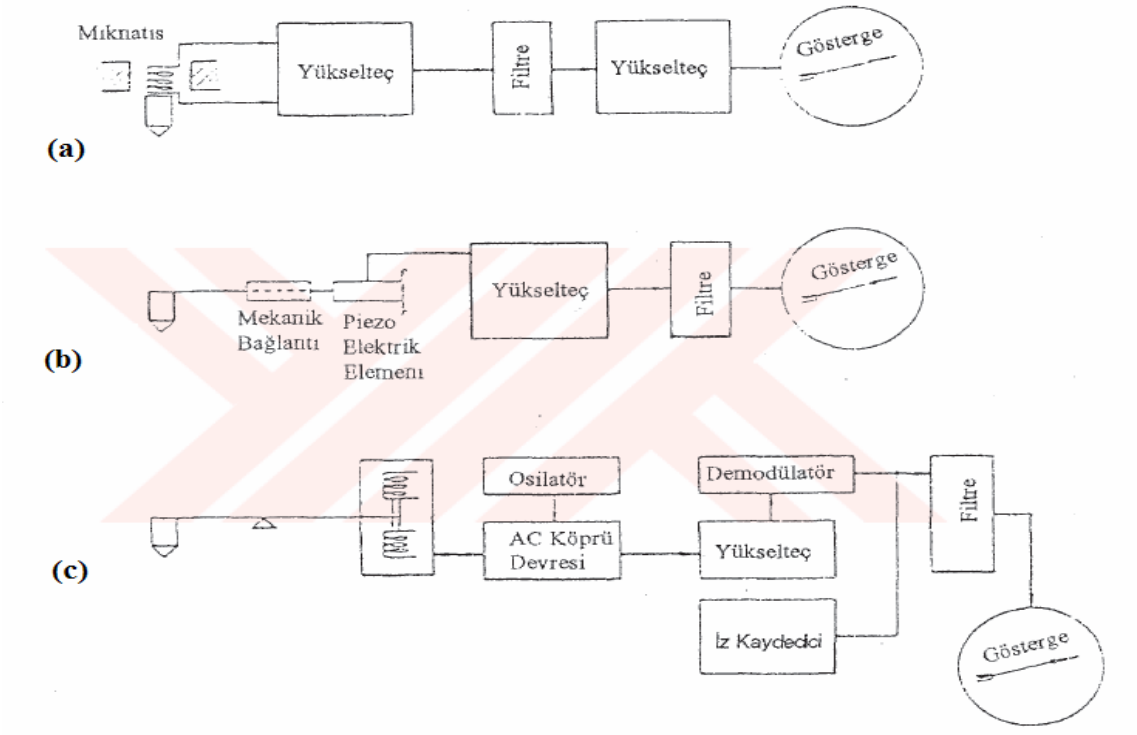
İzleyici uçlu cihazlar, kullanılan çok sivri bir izleyici ucun, ölçüm yapılan yüzey üzerinde, yüzey düzensizliklerine çapraz yönde ve değerlendirme uzunluğu boyunca hareket ettirilmesi ve hareket boyunca meydana gelen titreşimlerin büyütülerek, yine hareketli bir şerit üzerine kayıt edilmesi veya göstergeden okunması esasına dayanır. İzleyici ucun yüzey üzerindeki baskısı çok azdır ve pürüzlülük büyütme oranı 100,000 kata kadar çıkarılabilir.

Numune yüzeyini ölçmek için kullanılan iğnenin idealde keskin bir uca sahip olması gerekir. Bu ise pratikte mümkün değildir. İğnenin ucundaki sonlu yarıçap, ölçme yapılan yüzeyin şekline bağlı hareketin hassasiyetinde bazı kayıplara sebep olur. İzleyici ucun sonlu yarıçapından dolayı meydana gelen hatanın pratikte çok ciddi olmadığı görülmüştür. 0,0001 inç yarıçaplı bir uca sahip olan iğne 0,0002 inç genişliğinde bir hata ile ölçülmesi beklenirken, sonucun bundan daha iyi olduğu görülmüştür.



Şekil 6.8 İzleyici Uçun Yüzey Pürüzlülüğü Takibi

Şekil 6.8 ölçüm yapılan yüzeyleri birbirinden ayıran bir tepe üzerinden, izleyici uca kızaklık eden elemanın geçmesiyle, profilde ortaya çıkan yanlış çukurun şematik gösterilmiştir. Küçük, keskin bir basamak üzerinden geçen küresel uçlu izleyicinin takip ettiği yolun şematik olarak gösterilmiştir(Güllü,1995).



Şekil 6.9 İzleyici Uçlu Elektronik Cihazların Şematik Gösterilmesi

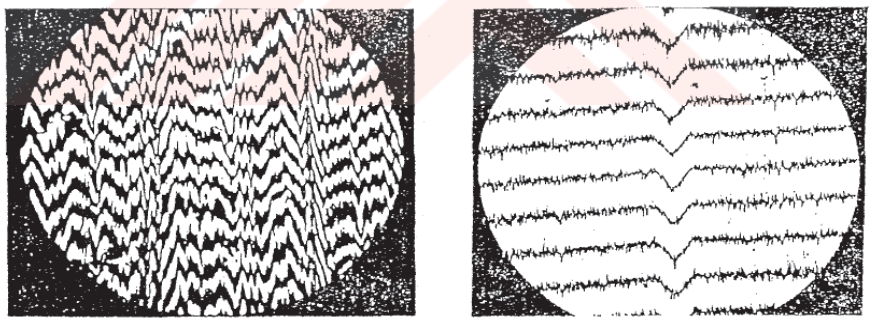
Cihazların mekanik, pnömatik, optik veya elektronik olarak yapılmışlardır. En yaygın olanı elektroniktir, zira elektrik sinyalleri kolaylıkla işlenebilir. İzleyici ucun mekanik yer değiştirmelerini elektrik sinyallerine dönüştürmede kullanılan transdüserler iki çeşittir. Bunlar;

(a) Akım üreten cihaz,
(b) Gerilim üreten cihaz,
(c) Sinyal modüle cihazı (Güllü,1995)

6.2.15 Optik Parazit Aletleri Metodu

Çok düzgün yüzeyler parazitlenme bakımından test edildiklerinde, yüzeyler optik olarak parlatılmadıkları sürece, yüzey izleri testere dişi görüntüsünde olacaktır. Bu görüntü yüzey üzerinde mevcut olan yüzey bozuklarından kaynaklanmaktadır. Parazit mikroskobu, bir optik yüzeyin yardımıyla oluşturulan yüzey izlerinin büyütülmesini sağlar. Hata yana doğru yüzey kalite düzensizliklerinin büyütülmüş görüntüsünü verir ve onların derinliklerini büyütür. Bu ise, yüzey izleri boşluk etkilerinin bir sonucudur. Şekil 6.10'a bu tip alet tarafından çekilmiş taşlanmış bir çelik yüzeyin bir fotoğrafı görülmektedir. İki veya üç yüzey izi boşluğu arasındaki tepeden çukura olan yükseklik 20~30 µinçtir.

Şekil 6.10 b'de görülen leplenmiş bir çelik yüzeyi beklendiği gibi düzgündür. Onun yüzeyindeki düzensizlikler genellikle yüzey izi boşluklarının bir çeyreğini aşmaz, örneğin 2-3 µinç. Buna 8 µinç derinliğinde olan merkezdeki bozulma dahil değildir(Güllü,1995).



(a) (b)

Şekil 6.10 (a)Taşlama yapılmış yüzey (b) Leplenmiş yüzey (Güllü,1995)

6.2.16 Replika (Mask) Metodu

Yüzey kalitesi ölçümünün gerektiği bazı durumlarda, yüzeyin parça üzerindeki yeri nedeniyle, pürüzlülük ölçümü yapmak mümkün olmayabilir. Bu durumda, ölçüm yapılacak yüzeyin önce bir maskının çıkarılması zorunludur. Selüloz-asetat filmi asetonla yumuşatılır ve sertleşene kadar temizlenmiş yüzeye bastırılırsa elde edilen mask yüzeyin karakterini yaklaşık % 80 oranında temsil eder. Çağdaş teknolojide bugün epoxy ve diğer reçine türlerinden yararlanarak % 100'e yakın sonuçlar elde edilmektedir(Güllü,1995).

6.2.17 Elektro-Fiber-Optik Sistem Metodu

Yüzey pürüzlülüğü ölçülecek malzeme x, y yönünde hareket edebilen ayarlanabilir bir tablaya bağlanır ve malzeme yüzeyi yatay konuma getirilir. Malzeme, sabit ve dik konumda olan fiber-optik algılayıcı altında x,y tablası hareketi ile sabit bir hızla geçmektedir. Algılayıcıdan malzeme yüzeyine dik olarak gönderilen ve malzeme yüzeyine odaklanmış ışın yüzeyden yansımaktadır. Malzeme yüzeyi ile 45º açı yapacak ve yüzeyle arasında 1 mm açıklık olacak şekilde yerleştirilen fiber optik kablo yüzeyden yansıyan ışının bir kısmını diğer ucuna yerleştirilen foto algılayıcıya taşımaktadır.

Malzeme yüzeyine gelen ışınlar, yüzeyin pürüzlü olması nedeni ile dağılıma uğrar ve yansıma açıları farklı olacak şekilde yansırlar. Malzeme yüzeyindeki pürüzlülüğe neden olan mekanik çizgiler arasındaki mesafe ışık dalga boyu mertebesinde ise, yüzey bir ışık kırıcı gibi davranış gösterir. Böylece malzeme yüzeyine gelen ışınlar farklı ışıma fazında yansırlar(spektruma ayrılır). Bununla birlikte malzeme yüzeyindeki çizgilerin düzensiz oluşu, yansıyan farklı fazdaki ışımada, ışık şiddeti dağılımına neden olur. Böylece foto algılayıcının üreteceği elektrik çıkış düzensiz olacak, buna bağlı olarak da yüzey pürüzlülüğü belirlenmiş olacaktır(Güllü,1995).

6.3 İşleme Metotlarının Yüzeye Etkileri

Üretilen yüzeyler için kullanılan esas metotlar, talaş kaldırma, şekillendirme ve bitirme işlemleridir.

Talaş kaldırma işlemi; genellikle bu işlemler "geleneksel" veya "geleneksel olmayan" tarzda sınıflandırılır. Geleneksel işlemler de iki kısma ayrılır.

1. Talaş kaldırma işlemi; yani, tornalama, frezeleme, delik büyütme, raybalama, kılavuz çekme ve tığ çekme.

2. Aşındırma işlemi; taşlama, kumlama, elle zımparalama, yuvarlama, titreşimle parlatma, honlama ve leplemedir.

Geleneksel olmayan işlemler; erezyonla aşındırma (EDM), elektro kimyasal taşlama (ECG), ultrasonik işleme (USM), kimyasal frezeleme (CHM) elektrikle parlatma(ELP) ve lazerle işleme (LBM)dir.

Şekillendirme işlemleri: Bu işlemler, yuvarlama, haddeleme, dövme, kalıplama ve perdahlamayı kapsar. Birçok durumlarda, şekillendirme işlemleri, yüzey kalitesini oluşturmak için talaş kaldırma işlemiyle devam eder. Bu sebepten yüzey düzgünlüğü, sadece talaş kaldırma işleminden sonra göz önüne alınmalıdır.

Bitirme işlemleri: Bütün ilgiler çalışan yüzeyler üzerinde odaklandığı sürece, yüzeylerin üreten operasyonların sırası oldukça önemlidir. Son veya bitirme işlemi, parçanın üretim düzgünlüğüne doğrudan etki eder. Sık sık bitirme işlemlerinde bazıları; sıcaklık etkileşimi, çekiçleme (darbeleme), makineyle zımparalama ve elektrikli parlatmalardır(Güllü,1995).

Şekil 6.11'de görülen işleme metoduna göre malzeme yüzeyinin kristal yapısının değiştiği bilinmektedir. Tornalama, vargelleme, frezeleme ve kaba taşlama operasyonlarının sonucunda, iş parçası üzerinde belli derinlikte bozuk bir tabaka oluşur.

Isı, kesici takımların ömrünü önemli ölçüde azaltır. Isının bir miktar azalması bile takım ömründe büyük bir uzama meydana gelir. Örneğin takım sıcaklığı 510ºC' ye düşülmesiyle takım ömrü yaklaşık 5 kat artar.

Kesici takımın ilerleme sırasında metalin plastik deformasyonuyla meydana gelen ısı toplam ısının yaklaşık 2/3~3/4'ünü oluşturur. Çıkan talaşın takımla sürtünmesinden dolayı da takımın yüzeyinde ısı oluşur(Güllü,1995).

Taşlama işlemi çok kullanışlı olmasına rağmen ısıl zarar bakımından en tehlikeli işleme türüdür. Aşındırıcı tane köreldikçe ısı miktarı da artar. Böylece iş parçası yüzeyinde, taşlamadan dolayı gerilme ve zarar meydana gelir. Isınan yüzeye soğutma yapılırken şoklar, yüzeyde çatlamalara sebep olabilir. Yüzey çatlamaları, özellikle uzay

araçlarında malzeme yorulmasına sebep olur. Dolayısıyla uzay araçları çok hassas ve yüzey kalitesi çok iyi olmalıdır.

Taşlama işleminde taşı hareketli bir ısı kaynağı olarak düşünürsek, taşın çevresel hız oranı, işe uygulandığı kuvvet ve taş altından geçmesi gereken iş parçası, küçük bir ısıyı absorbe edecek gibi davranır. Isıl zararı azaltmak için;

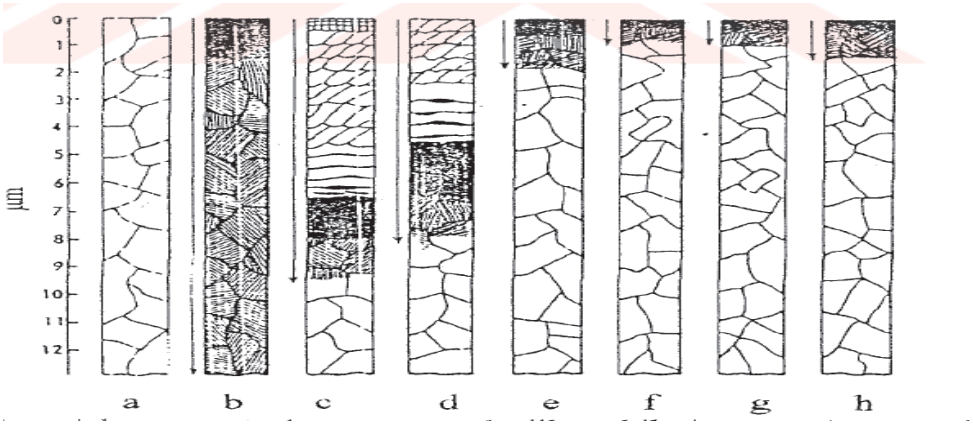
- Temas süresini kısaltmak amacıyla iş hızı artırılır,
- Taş hızı ve kuvvet azaltılır,
- Taşın sürekli keskin kalması sağlanarak, tanelerin düzleşmesine ve sürtünmenin artarak ısınında artmasına izin verilmez,

Taşlama sıcaklığı, yüzey tamlığı ve taş ömrü bakımından çok önemli bir rol oynar.

İdeal bir bitirme işlemi, bozuk tabakanın kaldırılması ve yeni bir bozuk tabaka oluşturmadan geometrik olarak doğru bir yüzeyin elde edilmesi işlemidir. İşleme metotlarının bazısıyla (örnek: ince taşlama ve honlama) küçük bozulmaları olan bir yüzey, yani iyi bir yüzey elde edilir. Bununla beraber genellikle, metalografi bakımından yeni bozuk bir tabaka ortaya çıkar.

Isıl ve mekanik etkiler, işlenmiş yüzeye yakın katmanların sertliklerini değiştirebilir. Isıyla malzeme yapısında değişikler meydana gelir ki bunlar, martenzitin oluşumu veya tavlama ve malzeme mukavemetinde değişmeler yapar. İş parçasının sertleşmesiyle iç gerilmeler oluşur. Yüzeye yakın yerdeki sertlik değişmelerinin etkilerini belirlemek bu yüzden önemlidir.

Bozulmalardan kaçınılarak iyi bir yüzey elde etmek için; metalurjik ve mekanik bozulmanın gözden geçirilmesi gerekir.



Şekil 6.11 Şekil İşleme Metotlarının Metalurijik Etkileri(Güllü,1995).

Şekil 6.11'da a) Tavlanmış, b)Soğuk haddelenmiş, c)İnce taşlanmış, d) Soğutma sıvısı ile soğutularak taşlanmış, e) İnce kumlanmış, f) Leplenmiş, g) Polisajlanmış, h) Çok ince işlenmiş yüzeyleri ifade etmektedir.

Tablo 6.2 Yapım Yöntemlerine Göre Erişilebilecek Ra Pürüzlülükleri

Yapım Yöntemleri	Ra (mikron=0.001 mm)
İşlenmemiş Yüzeyler	50 25 12.5 3.3 1.6 0.8 0.4 0.2 0.1 0.05 0.025 0
Kum dökümü	
Kaynak	
Dövme	
Kokil Döküm	
Kuyumcu Döküm	
Kalıpta döküm	
Haddeleme	
Ektruzyon	
İşlenmemiş Yüzeyler	
Alev kesmesi, testere ile kesme	
El ile taşlama	
Eğeleme	
Planyalama	
Kaba Tornalama	
Kaba frezeleme	
Kaba taşlama	
Zımpara ile delme	
Matkapla delme	
ince tornalama veya frezeleme	
Broşlama	
Alın düzlem taşlama	
Raybalama	
Silindirik taşlama	
Parlatma	
Elmas kalemle tornalama	
Honlama	
Deri ile parlatma	
Lebleme	
Çok Hassas Parlatma	

Kullanılan alan **Tüm ekonomik alan**

6.3.1 Titreşimin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

Titreşim, hızlı salınım hareketi, bir ritimle tekrarlanan salınım hareketi veya bir sesin modülasyonudur.

Dinamik sistemlerdeki titreşimler, dış kuvvetler ve sistemin bu dış kuvvetlere cevap verme özelliğinden kaynaklanır. Dolayısıyla dış kuvvetler veya sistemin bu kuvvetlere cevap verme özelliği değiştirilerek sistemin titreşim özelliği değiştirilmiş olur.

İnsanoğlunun endüstride kullanmak üzere makineleri üretmeye başlamasından ve özellikle bu makineleri motorlar vasıtasıyla çalıştırmaya başlamasından itibaren titreşim probleminin yok edilmeye çalışılması (azaltılması veya izole edilmesi) mühendisler meşgul etmiştir. Yavaş yavaş titreşim izolasyonu ve azaltma tekniklerinin makine dizaynını tamamlayıcı bir parçası haline gelmesiyle, titreşimlerin doğru bir şekilde ölçülmesi ve analizi önemli bir ihtiyaç haline gelmiştir. Fabrika mühendislerinin tecrübeli kulakları ve dokunuşları veya titreşim ölçen basit optik aletler geçmişin yavaş ve hantal makineleri için bu ihtiyaç yeterince tatmin edilmiştir. Son 15-20 yıldır büyük gerilimler altında ve yüksek hızlarda çalışan makinelerin incelenmesinde kullanılmak üzere tamamen yeni bir teknoloji geliştirilmiştir. Piezoelektrik ivme algılayıcıların titreşimin elektrik sinyallerine dönüştürülmesi, ölçüm ve incelemede elektroniğin avantajlarını kullanma işleri çok kolaylaşmıştır.

Titreşim olayında frekanstan söz edilir. Frekans, periyodik bir dalga hareketinin, belli aralıkta kaç kez tekrarlandığını ölçen büyüklüktür. Olay zaman içerisinde meydana geliyorsa frekans Hertz (Hz) ile ölçülür ve 1/s olarak ifade edilir.

Teknikte titreşen elemanların cinsine, kütlesine ve boyutlarına göre değişen ‘’doğal frekansları’’ vardır. Doğal frekans sistemin sürtünmesiz serbest titreşimi esnasındaki titreşimidir. Sönümlü doğal frekans ise sistemin sürtünmeli serbest titreşim yapması halindeki frekansıdır. Titreşim olayında doğal frekansın önemi büyüktür. Makine elemanları doğal frekansına yaklaştıkça plastik deformasyonları artar(www.msxlabs.org).

Serbest titreşim bir başlangıç hareketi verilen ve daha sonra serbestçe salınmaya bırakılan sistemlerde meydana gelir. Birçoğu salıncakta sallanırken ardında ittirmek ve daha sonra serbest bırakmak veya bir akort çatalına vurmak ve daha sonra salınmaya

bırakmak bu titreşim türünün örnekleridir. Mekanik sistem daha sonra kendi frekansı veya frekanslarında titreşecek veya sıfıra gidecektir(www.erpakademi.com).

6.3.1.1 Titreşim Sınıflandırılması

Titreşimler: Sönümlü ve sönümsüz titreşimler olmak üzere iki şekilde inceleyebiliriz. Titreşim bir süre sonra sona eriyorsa sönümlüdür. Bir yere tespit edildikten sonra çekilip bırakılan çelik bir telin titreşimi sönümlüdür. Otoların titreşimi gibi titreşimler, yay ve amortisör tarafından yutulduğu için sönümlüdür. Titreşim sürekli ise sönümsüzdür ki o durumda titreşimin bir kuvvetle desteklenmesi gerekir.

Talaş kaldırmada iki tür titreşim meydana gelir. Bunlar;

1. Zorlanmış titreşimler
2. Kendiliğinden doğan titreşimler olarak iki şekilde inceleyebiliriz.

Bu titreşimler yüzey kalitesine etki eder. Takım ve tezgâh aşınmasını arttırır ve ömürlerini kısaltırlar.

Zorlanmış titreşim değişen bir kuvvet ve ya hareket bir mekanik sisteme uygulandığında meydana gelir. Zorlanmış titreşimler:

1. Kesintili talaş kaldırma veya üniform olmayan talaşın kaldırılması durumunda,
2. Balanssız dönen kütlelerin meydana getirdiği atalet kuvvetleri,
3. Hareket ileten mekanizma elemanlarının imalat kuvvetleri ve darbe kuvvetleri nedeniyle oluşur.

Kendiliğinden doğan titreşimler başlangıç hareketi verilen ve daha sonra serbestçe salınmaya bırakılan sistemlerde meydana gelir. Kendiliğinden doğan titreşimler:

1. Sürtünme kuvvetinin değişkenliği,
2. Uzama sertleşmesinin ve iş parçası içerisindeki sert noktaların üniformsuzluğu nedeniyle,
3. Talaş kesitinde ve takım geometrisinde değişmelere neden olan yığma ağzın kararsızlığı nedeniyle oluşur (Tekaüt 2008).

6.3.1.2 Titreşim Testleri

Makinelerin çalışma koşulları altında yaydıkları titreşim, onların durumları hakkında kullanıcıya fikir vermektedir.

Bu özellik sayesinde, tesis içerisinde yer alan makinelerin titreşim değerlerinin periyodik olarak kontrol edilerek olası bir hatanın önceden fark edilmesi bakım açısından avantaj sağlamaktadır.

Bozulması beklenen makine veya parçaların yedeklerinin temin edilerek, zamanında değiştirilmesi sayesinde fabrika üretimi en az kayba uğramış olur.

Bu makineler da problemin ne olduğunu anlayabilmek için frekans analizi yapabilen ölçüm cihazlarına ihtiyaç vardır. Bilgisayar programı üzerinde tanımlanan tesis yapısı üzerinde ölçülecek makineler ve ölçüm noktaları belirlenerek, veri toplama cihazına transfer edilmektedir. Bu sayede, veri toplama cihazı açıldığında üzerinde hangi makinenin hangi noktasında ne ölçümü yapılacağını göstermektedir. Kullanıcı bu ölçümleri (rota) tamamladıktan sonra toplanan data tekrar bilgisayar transfer edilir.

Bilgisayar üzerinde her noktada yapılan ölçümlerin kayıtları saklanmaktadır. Bu sayede, aynı noktada daha önce elde edilmiş ölçüm sonuçları ile yenileri karşılaştırılarak herhangi bir hata oluşup oluşmadığı anlaşılabilmektedir. Hata tespiti için değişik (FFT, CPB, BCU, Cepstrum, Envelope vs.) analiz teknikleri bulunmaktadır (www.erpakademi.com).

Firmalar, ürünlerinin veya ürünlerini oluşturan parçaların titreşime karşı dayanıklılığını test etmektedirler. Bunu yaparken amaç, ürünün gerçek çalışma ortamında titreşimden nasıl etkilendiğini görebilmek olduğu kadar, nakledilme sırasında (yol testi) olası titreşimlere karşı ne kadar dayanıklı olduğunu görebilmektir. Bu testlerde gerekli olan cihazları:

1. Kontrol Ünitesi (controller)
2. Güç Yükselticisi (amplifier)
3. Sarsıcı (shaker)
4. Akselerometre (accelerometer)

Kontrol ünitesi, istenen dalga formunun elektriksel olarak üretilmesini sağlamakta ve akselerometreden gelen geri besleme (feedback) titreşim sinyaline bakarak gerçekte oluşan titreşim seviyesini kontrol altında tutmaktadır.

Basit sinüzoidal sinyal üretebilen kontrol cihazları olduğu gibi, bilgisayar tabanlı gelişmiş kontrol sistemleri de bulunmaktadır. Titreşim testlerinde aşağıdaki dalga formları kullanılmaktadır:

1. Sinüs (tek bir frekans ve genlikte) – Sine
2. Sinüs taraması (bir frekans bölgesinde genliği sabit tutarak taramak) – Swep Stine
3. Rasgele (seçilen alt ve üst frekans arasındaki bölgeyi uyarmak) – Random
4. Şok Testleri – Shock
5. Rezonans frekansı (ürünün rezonans bölgesinde test yapmak) – Resonance Dwell

Güç yükselticisi, kontrol sisteminde oluşturulan düşük seviyeli sinyali yükseltmek için kullanılmaktadır.

Sarsıcı, güç yükselticisinden gelen elektriksel sinyali, mekanik titreşime dönüştüren silindirik ünitedir. Bu cihazlar performanslarına göre çok çeşitli boyutlarda olabilmektedir. Uygun bir titreşim test sistemini seçebilmek için en azından:

1. Test edilecek objenin ağırlığı,
2. Test edilecek objenin sarsıcıya bağlantısı için bir bağlantı parçası (fixture) olup olmadığı ve ağırlığı,
3. İstenen en yüksek ivmelenme ve deplasman seviyesi,
4. Testte kullanılacak dalga formu bilgisine sahip olmak gerekmektedir.

6.3.1.3 Titreşim Ölçer (İvme metre) Seçiminde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

1. Frekans aralığına,
2. Minimum titreşim genliğine,
3. Maksimum titreşim genliğine,
4. İşleme sıcaklığı aralığı,
5. Çalışacağı çevre (sıvılar, gazlar, kimyasallar) şartlarına,
6. Montaj metoduna,
7. Fiziksel kısıtlamaların neler olduğuna,

8. Gerçek güvenlik sertifikasının bulunup bulunmadığına ivmeölçer seçiminde dikkat edilmelidir (Lally, 2001).

6.3.1.4 Titreşimin Ölçülmesi

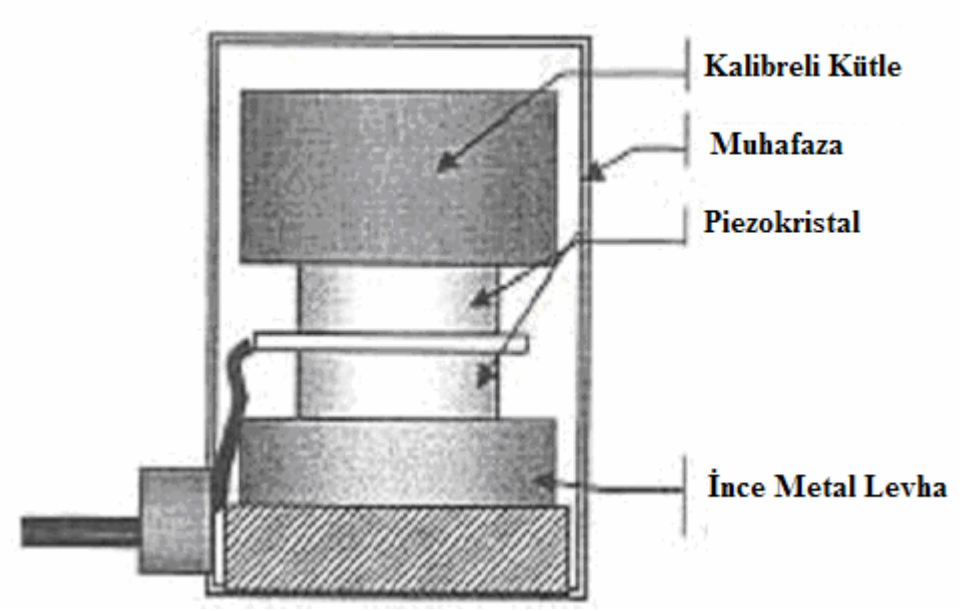
Bir sistemin titreşimini ölçebilmek için titreşimin spektrum analizine ihtiyaç vardır. Titreşimin spektrumu bir cisme etki eden kuvvetler sonucunda meydana gelen titreşimin sıfır (0) ile belli bir frekans üst değeri arasında belli bir sayıdaki frekans bileşenlerindeki genlikleri gösteren grafiklerdir. Spektrum analizi spektrumu elde etmek için enerji dönüştürücü dediğimiz ölçüm probuna ihtiyaç vardır. Titreşim ölçüm tipine göre üç farklı sensör kullanılır (www.erpakademi.com).

Bunlardan birincisi Eddy prob titreşim yer değiştirme sensörüdür. Bu sensörün uç kısmındaki bobinin oluşturmuş olduğu manyetik alan çizgileri yanındaki rotordan etkilenerek sıkışma ya da gevşeme yapar. Direnç üzerinde akım değişimine neden olan bu durum voltaj değişimi nedeni ile yer değiştirme değerinin ölçülmesini sağlar. Genellikle şaft ile yatak arasındaki değişimlerin ölçüldüğü kaymalı yataklarda kullanılır.

İkincisi ise hızölçer titreşim hız sensörüdür. Bir yay ile tespit edilmiş metalik çubuk etrafını çevrelemiş bobin içerisinde sensörün bulunduğu ortamdaki titreşime bağlı olarak hareket eder. Manyetik alan çizgilerini etkileyen bu çubuğun neden olmuş olduğu akım değişimi titreşim miktarıyla doğrudan ilgilidir. Bu sensör tipi, hareketli parça içerdiğinden sık sık kalibrasyon ihtiyacı doğurur.

Üçüncüsü ve en çok kullanılanı ise ivmeölçer titreşim ivme sensörüdür. İvme sensörünün çalışması şu şekilde açıklanabilir. İki yüksek duyarlılıktaki sismik kütle arasına yerleştirilen piezo-elektrik kristal sismik kütlelerin ortam titreşimine bağlı olarak yapmış olduğu sıkıştırma ile akım üretir. Şekil 6.12'de görüldüğü gibi aralarında ince akım toplayıcı plaka bulunan kristaller, alt taraftan bir şaseye bağlanır; üst tarafı ise, çok hassas bir şekilde ağırlığı bilinen bir parçaya yapıştırılır. Üst taraftaki ağırlık, titreştikçe F=M(Kütle)xa(İvme) prensibine göre kendi kütlesine ve ivmesine bağlı olarak kristali ezer. Bu a ivmesiyle titreşen üst taraftaki ağırlık, kristali ezince F kuvvetine orantılı olan bir akım (I) meydana gelir. Bağıntı kurulacak olursa, ivme (a) oluşan akım (I)'ya orantılıdır. Bu akım, bir dirençten (R)'den geçirilirse, burada oluşacak voltaj mV (milivolt) seviyesinde olur. Bu milivolt seviyesindeki voltajlar

ölçüm cihazları tarafından genlikler olarak cihazın ekranında çizgi şeklinde gözükür (Tekaüt, 2008).



Şekil 6.12 Titreşim Ölçer (Akselometre) iç yapısı (Tekaüt 2008)

7. TAŞLAMA İŞLEMİNDE İSTATİSTİKSEL REGRESYON İLE TAHMİN MODELLERİ

7.1 Regresyon Analizi İle Tahmin

7.1.1 İstatistik

Bir tanım olarak istatistik; belirsizlik altında bir konuda karar verebilmek amacıyla, ilgilenilen konuya ilişkin verilerin toplanması, düzenlenmesi, özetlenmesi, çözümlenmesi ve sonuçlarının yorumlanmasına yönelik olarak kullanılan yöntemler topluluğu olarak ifade edilebilir. Kısacası veri bilimidir ya da verilerin dilidir (Balce ve Demir, 2007).

Yaşantımızın her anında bir karar verme durumu söz konusudur. Bu kararları verirken sahip olduğumuz bilgileri düşünce sürecinden geçirerek sonuca varmaya çalışırız. "Peki sahip olduğumuz bilgiler her zaman yeterli midir? Bu bilgileri nasıl elde ediniriz?" vb. sorulara vereceğimiz cevaplar bizi istatistiğe yönlendirecektir. İhtimallerin bu kadar çok olduğu yaşamda elbette ki alınacak kararların, içinde bulunulan koşulların en iyi biçimde değerlendirilerek alınması gerekmektedir. Bu değerlendirme sürecinde en güçlü yardımcı araçlardan birisi istatistiktir. İstatistik, matematiğe dayalı olan kuramını uygulamaya geçirerek her türlü alanda büyük katkılar sağlamaktadır. Günümüzde ekonomi, işletme, sağlık, spor, mühendislik, genetik, astronomi, sanat vd. hemen hemen tüm alanlarda kullanılan istatistiksel yöntemler, hızla artan bir öneme sahiptir. Bu nedenle istatistiğin doğru biçimde anlatılması ve tanımlanması gerekmektedir. Burada temel düzeyde istatistik konuları ele alınarak, insanlara günlük yaşamlarında ya da iş yaşamlarında yararlı olacak bilgileri vermek amaçlanmalıdır (Balce ve Demir, 2007).

7.1.2 Deneye ve Gözleme Dayalı Çalışmalar

İstatistiksel araştırmaların ortak amaçlarından biri nedenselliği incelemek ve özelde tahmin edicilerdeki veya bağımsız değişkenlerdeki bir değişimin bağımlı değişken üzerindeki etkisini incelemektir. Nedenselliği ele alan temelde iki tür istatistiksel yöntem bulunur: deneysel çalışmalar ve gözleme dayalı çalışmalar. İki çalışma türünde de bağımsız değişken veya değişkenlerdeki farklılıkların gözlenen

bağımlı değişken üzerindeki etkisi incelenir. Bu çalışma türlerinde oluşan fark ise yöntemin uygulanma biçimidir. Yöntemlerin ikisi de verimli sonuçlar ortaya koyabilir.

Deneysel yöntemde çalışılan sistem üzerinde bir takım ölçümler yapılır, sistem üzerin de oynamalar yapılır ve bu oynamaların sistem üzerinde etkisi olup olmadığını anlamak için tekrar ölçüm yapılır. Gözleme dayalı yöntemde ise sisteme müdahale olmaz, bunun yerine veri toplanır ve tahmin edicilerle (bağımsız değişkenler) tepki değişkenleri (bağımlı değişkenler) arasındaki örüntüler araştırılır (Balce ve Demir,2007).

Bir deneyin temel adımları:

- Araştırmanın planlanması, bilgi kaynaklarının, araştırmanın konusunun belirlenmesi, öne sürülen yöntemdeki yönlerin ele alınması,
- Sistemin modellenmesi, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiye odaklanma,
- Bir gözlem grubunu ortak yönlerini ele alacak şekilde özetlemek,
- Gözlemlediğimiz dünya hakkında sayıların bize neler söylediğini açıklamak,
- Çalışmanın sonuçlarını belgelemek ve sunmaktır.

7.1.3 Regresyon Analizi

Regresyon analizi bağımlı değişken ile bir veya daha çok bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla kullanılan bir analiz yöntemidir. Bir tek bağımsız değişkenin kullanıldığı regresyon tek değişkenli regresyon analizi, birden fazla bağımsız değişkenin kullanıldığı regresyon analizi de çok değişkenli regresyon analizi olarak adlandırılmaktadır.

Bağımlı değişken (Y) ile bir bağımsız değişken (X_1) arasındaki bağıntıyı inceleyen yönteme basit regresyon, bir bağımlı değişken (Y) ile iki ya da daha fazla bağımsız değişken (X_1, X_2, X_3,….., X_p) arasındaki bağıntıları modeller aracılığı ile inceleyen yönteme ise çoklu regresyon adı verilmektedir. Burada verilen bağımlı değişkenlerin, deney esnasında ardışık olarak eklenerek çoklu regresyon analizini oluşturur. Böylece analizin sonunda gözlemlerin sayısının her eklenen değişkenle azaldığı görülür. Kurulan modellerin geçerliliğini analiz için yararlanılan yönteme ise regresyon analizi adı verilmektedir (Biçkici, 2007).

Regresyon analizi ile bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında bir ilişki var mıdır? Eğer bir ilişki varsa bu ilişkinin gücü nedir? Değişkenler arasında ne tür bir ilişki vardır? Bağımlı değişkene ait ileriye dönük değerleri tahmin etmek mümkün müdür ve nasıl tahmin edilmelidir? Belirli koşulların kontrol edilmesi durumunda özel bir değişken veya değişkenler grubunun diğer değişken veya değişkenler üzerindeki etkisi nedir ve nasıl değişir? gibi sorulara cevap aranmaya çalışılır.

Tek değişkenli regresyon analizi: Tek değişkenli regresyon analizi bir bağımlı değişken ve bir bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi inceler. Tek değişkenli regresyon analizi ile bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki doğrusal ilişkiyi temsil eden bir doğrunun denklemi formüle edilir.

Çok değişkenli regresyon analizi: İçinde bir adet bağımlı değişken ve birden fazla bağımsız değişkenin bulunduğu regresyon modelleri çok değişkenli regresyon analizi olarak bilinir (Orhunbilge, 1996).

Regresyon analizinin temelinde; gözlenen bir olayın değerlendirilirken, hangi olayların etkisi altında olduğunun araştırılması yatmaktadır. Bu olayların arasındaki kuşkulanılan bu ilişkinin nicel verilere dayanması gerekmektedir. Regresyon analizi yapılırken, gözlem değerlerinin ve etkilenilen olayların bir matematiksel gösterimle yani bir fonksiyon yardımıyla ifadesi gerekmektedir. Kurulan bu modele regresyon modeli denilmektedir. Regresyon analizi yapılırken kurulan matematiksel modelde yer alan değişkenler bir bağımlı değişken ve bir veya birden çok bağımsız değişkenden oluşmaktadır. Bağımsız değişkenler kurulacak modelde bir değişkenli olarak ele alınırsa, basit doğrusal regresyon, birden fazla bağımsız değişkenli olarak alınırsa, çoklu regresyon modeli konusunu oluşturmaktadır. Bu çalışmada da çoklu regresyon modeli uygulanmıştır.

Regresyon analizi için kurulan model, bağımlı (açıklanan) değişken ve bağımsız (açıklayan) değişkenleri içeren bir modeldir. Böyle bir modelde; bağımlı değişkendeki değişim, bağımsız değişkenler ile açıklanmaya çalışılır. Belirtme katsayısı (R^2) olarak bilinen bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklama oranı ise modeldeki açıklama miktarının açıklanamayan miktara olan oranıdır. Regresyon sonuçlarında belirtme katsayısı (R^2) 1'e yakın bulunursa bağımlı değişkendeki değişimin büyük bir kısmı bağımsız değişken tarafından açıklanabilmektedir. Bulgulardaki "Coef" ifadesi değerlerin katsayılarını belirtir. Regresyon katsayısı bağımsız değişkende bir birimlik

değişimin bağımlı değişkende ne kadar etkiye sahip olacağını ifade eder. "Coef SE" ise katsayılardaki standart hatayı bildirir. Sabit ve regresyon katsayısı için "T" test istatistiklerinin sonucunu ifade eder. "p" ise regresyon analizinin anlamlı olup, olmadığını test etmektedir. $p<0,05$ olursa regresyon denkleminde bağımsız değişkenin bağımlı değişkene etkisinin olduğu sonucuna varılır.

7.1.3.1 I. Dereceden (Lineer) Regresyon Modeli

Bağımlı değişken T, bağımsız değişken *x*, *y*, *z* kabul edilirse lineer regresyon eşitliği (7.1)'deki denklemle ifade edilir.

$$T = k_0 + k_1 x + k_2 y + k_3 z \tag{7.1}$$

Burada k_0 sabit; k_1, k_2 k_3 ise x, y, z bağımsız değişkenlerinin katsayılarıdır.

7.1.3.2 II. Dereceden Regresyon Modeli

Bağımlı değişken T, bağımsız değişken *x*, *y*, *z* kabul edilirse II. Dereceden regresyon eşitliği (7.2)'deki denklemle ifade edilir.

$$T = k_0 + k_1 x + k_2 y + k_3 z + k_4 x^2 + k_5 y^2 + k_6 z^2 + k_7 xy + k_8 xz + k_9 zy \tag{7.2}$$

7.1.3.3 Logaritmik Regresyon Denklemi

Bağımlı değişken T, bağımsız değişken *x*, *y*, *z* kabul edilirse logaritmik regresyon eşitliği (7.3)'deki denklemle ifade edilir.

$$T = k_0 + k_1 \ln x + k_2 \ln y + k_3 \ln z \tag{7.3}$$

7.1.4 Regresyon Tahmin Modeli Örnekleri

Huang ve Chen (2001) yapmış oldukları çalışmalarında yüzey pürüzlülüğü değerinin çoklu regresyon modelini oluşturmuşlardır. Bağımsız değişken olarak

ilerleme (f), kesme hızı (V), talaş derinliği (a) ve titreşim (a_z) değerlerini almışlardır. Oluşturulan denklem, denklem (7.4)'de verilmiştir. İfadesi katsayıları ifade etmektedir. R^2 değerini 0,90 olarak bulmuşlardır. Bu denklemde en önemli parametre olarak ilerleme, titreşim, kesme hızı ve talaş derinliği olarak belirlemişlerdir.

$$R = \beta_0 + \beta_S S + \beta_F F + \beta_D D + \beta_V V + \beta_{SF} SF + \beta_{SD} SD + \beta_{SV} SV + \beta_{DF} DF + \beta_{DV} DV + \beta_{FV} FV + \beta_{SDF} SDF + \beta_{SDV} SDV + \beta_{SFV} SFV + \beta_{DFV} DFV + \beta_{SDFV} SDFV \quad (7.4)$$

Demirayak ve Çakır (2007) yapmış oldukları çalışmalarında tornalama işleminde ortalama yüzey pürüzlülüğü (*Ra*) değerini farklı iki takım için IC9007 ve IC 907, regresyon yöntemlerinden I.dereceden, II. dereceden ve logaritmik olarak modellemişlerdir. Bağımsız değişken olarak kesme hızı (V), ilerleme (f) ve talaş derinliği (a)'dir. Elde ettikleri I. dereceden eşitlikler denklem (7.5)'de, II. Dereceden eşitlikler denklem (7.6)'da, logaritmik eşitlikler denklem (7.7)'de verilmiştir. I.dereceden denklemler için sırayla R^2'leri 0,93 ve 0,94 olarak bulmuşlardır. II. dereceden denklemler için sırayla R^2'leri 0,98 ve 0,95 bulmuşlardır. Logaritmik denklemler için sırayla R^2'leri 0,97 ve 0,96 bulmuşlardır.

$$Ra_{(IC9007)} = -0,03408 - 0,004951V + 12,571053f + 0,106111a$$
$$Ra_{(IC907)} = -0,533368 - 0,001138V + 9,882895f + 0,235778a \quad (7.5)$$

$$Ra_{(IC9007)} = 2,228504 - 0,018730V - 4,875512f + 0,21628 + 0,000071V^2 + 79,888889f^2 - 0,058a^2 - 0,057226Vf + 0,000621Va - 0,204825fa$$
$$Ra_{(IC907)} = -0,15568 + 0,007654V - 1,737500f + 0,046754a - 0,0000171V^2 + 33,916667f^2 + 8,22E-14a^2 - 0,013904Vf + 0,000567Va + 1,613596fa \quad (7.6)$$

$$Ra_{(IC907)} = 1,668979 - 0,485202\ln V + 1,434333\ln f + 0,122558\ln a$$
$$Ra_{(IC907)} = 1,11035 - 0,121693\ln V + 1,271060\ln f + 0,252474\ln a \quad (7.7)$$

7.2 Varyans Analizi (ANOVA)

Yakın zamana kadar sadece üniversitelerde ve araştırma kurumlarında çalışan araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalardan elde edilen verileri bilimsel bir yöntemle de irdelemek amacıyla kullanılan istatistik teknikler, artık sınırların giderek kalktığı, mal ve hizmetin ülkeler ve bölgeler arasında daha rahat dolaştığı günümüzde, zorlaşan rekabet şartları nedeniyle üretilen mal ve hizmetlerin denetlenmesinden, kaynakların etkin kullanımına kadar geniş bir yelpazede gerek özel sektör gerekse resmi kurumlar tarafından daha da yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Varyans analizi tekniği, gözlenen değişimi kaynaklarına ayırarak araştırmaya konu olan bağımsız değişken ya da değişkenlerin, bağımlı değişken üzerindeki etkilerini karşılaştırmayı sağlayan, başta biyoloji olmak üzere birçok alanda yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Varyans analizinde bu bağımsız değişkenlere faktör, bağımsız değişkenin aldığı değerlere de faktör seviyeleri ya da muameleler denir. Bazen yapılan araştırmalar birden çok faktörün incelenmesini gerektirebilir. Faktörlerin birlikte incelenmesi amacıyla faktöriyel deneme düzenleri kullanılır. Faktöriyel denemelerin tek yönlü varyans analizine nazaran en büyük avantaj, faktörler arası etkileşimin (interaksiyon) araştırılabilmesine imkan vermesidir. Bu nedenle faktöriyel denemeler, tarımsal araştırmalarda, sosyal bilimlerde ve tıpta yaygın kullanım alanı bulmuştur (Akbulut, 2008).

Tek yönlü varyans analizi, bir değişken açısından ikiden fazla grup arasında fark olup olmadığını test etmekte kullanılır. Çok değişkenli tek yönlü varyans analizi ise; her bir grupta iki veya daha fazla değişken olması durumunda kullanılır. Diğer bir değişle ikiden çok grubun ortalama vektörleri karşılaştırılır. Çok değişkenli varyans analizinin genel varsayımları varyans-kovaryans matrislerinin homojen olması ve her bir grubun çok değişkenli normal dağılım göstermesidir (Biçkici, 2007).

Varyans analizinde SPSS programı sonuç tablosundaki “Sum of squares” kareler toplamını, “Mean square” kareler ortalamasını, “df” serbestlik derecesini, “Sig.” ise güvenilirliği ifade etmektedir.

8.TAŞLAMADA YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ VE TİTREŞİMİN İSTATİKSEL OLARAK TAHMİN EDİLMESİ

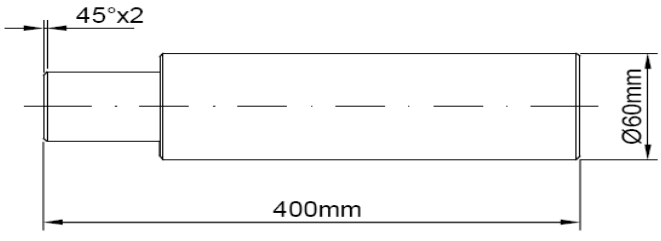
8.1 Materyal ve Metot

Deney numunesi olarak; Ø60x400 mm ebatlarında AISI 8620 ($21NiCrMo_2$) sementasyon çeliği kullanılmıştır(Şekil 8.1). Sementasyon çelikleri, yüzeyde sert ve aşınmaya dayanıklı, çekirdekte ise daha yumuşak ve tok özelliklerin istendiği, değişken ve darbeli zorlamalara dayanıklı parçaların imalinde kullanılan, düşük karbonlu, alaşımsız veya alaşımlı çeliklerdir. Parçaya bu özelliklerin kazandırılması, çelik yüzeyine karbon emdirilmesi suretiyle olur. Sementasyon çelikleri, dişliler, miller, piston pimleri, zincir baklaları, zincir dişlileri ve makaraları, diskler, klavuz yatakları, rulmanlı yataklar, merdaneler, bir kısım ölçü ve kontrol aletleri, orta zorlamalı parçalar, kesiçi takımlar gibi parçaların imalinde kullanılır. Tablo 8.1'de deney numunesinin kimyasal bileşimi verilmiştir.

Tablo 8.1 AISI 8620 Çeliğinin kimyasal birleşimi

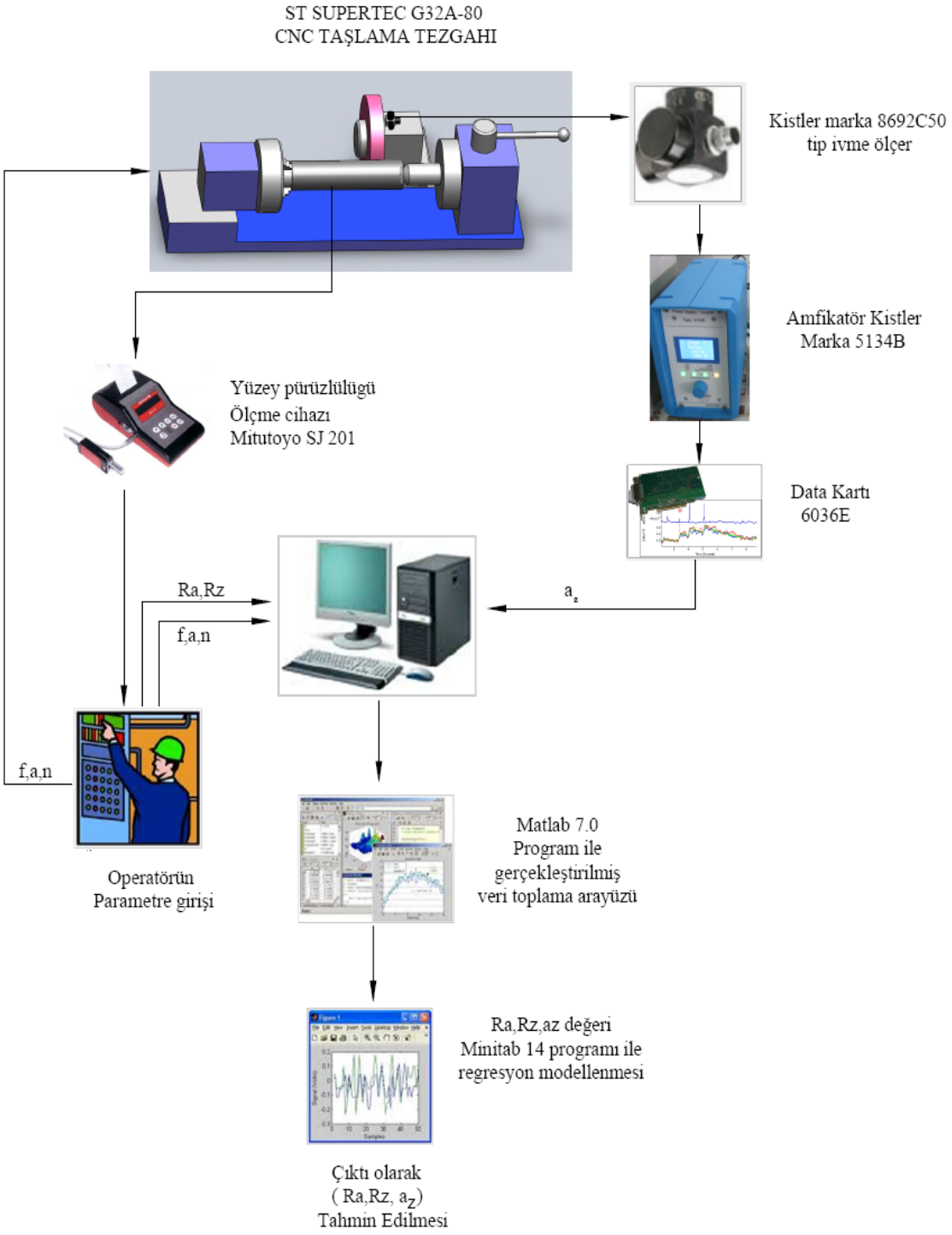
MKE NORMU	Ç	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Cu	Sn
Ç8620	0.2	0.25	0.79	0.02	0.006	0.5	0.18	0.48	0.03	0.24	0.14

Tablo 8.1' deki kimyasal özellikte ve 212 HB sertlikte alınan deney malzemesi 1,4 mm derinliğe kadar sertliği 62 HRC 930ºC sıcaklıkta porapan doğalgaz atmosferli ortamında malzeme sertleştirilip, 820 ºC yağda soğutulmuştur. Bu şekilde malzeme 62 HRC sertliğe ulaştırılmıştır.



Şekil 8.1 Ç8620 Malzemesinin Boyutları

Isıl işlemden dolayı malzemenin yüzeyinde oluşan tufallar taşlanarak temizlenmiş ve bu temizleme işleminden sonraki iş parçamızın çapı 59,37 inmiştir. Taşlama işleminde yapılan çalışma Şekil 8.2'de gösterilmiştir.



Şekil 8.2 Deney şeması

8.1.1 Kullanılan Taşlama Taşı

Taşlama taşı olarak Karbosan markalı taşlama taşı kullanılmıştır. Taşlama taşın genel özellikleri Tablo 8.2 de verilmiştir.

Tablo 8.2 Taşlama Taşının Genel Özellikleri

Aşındırıcı Madde	**Tane büyüklüğü**	**Sertliği**	**Dokusu**	**Bağlayıcısı**
NK	60	K	6	V
Max hızlar	İş parçasının	El ile hareket	Sportla	
	Dönme sayısı dev/dk	-	1350	
	Çevresel Hız m/s	30	35	

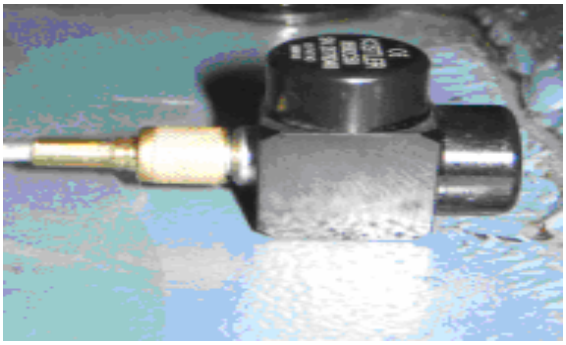
Taşalama taşının; 500x50x152,4 mm boyutlarında, NK(normal korund)ve içerisinde % 95-96 Al_2O_3 içermektedir. Özellikle sert malzemelerin taşlanması için bu taş malzemesi seçilmiştir.

Tane büyüklüğü ise, deneyde kulanılan taşın tane büyüklüğü 60 orta tane büyüklüğü, tane sertliği ise K tercih edilmişitr. İş parçası sert olduğundan tane serliği (K) yumuşak taş, taşın dokusu 6 seçilmiştir. Çünkü kaba taşlama yapılmadığı için taş taneleri çabuçak körelmeyeceğinden hemde taşlama işlemi uzun sürmediği için orta dokulu taş seçilmiştir.

8.1.2 Veri alma ekipmanları

Titreşim ölçümü için Kistler marka 8692C50 tip ivme ölçer kullanılmıştır. Amplifikatör Kistler marka 5134B kullanılmıştır.

Şekil 8.3'de titreşim ölçüm sensörü ve titreşim ölçüm sensörünün sistemdeki yerleşimi görülmektedir. Şekil 8.4'te amplifikatör görülmektedir.



Şekil 8.3 Deney Düzeneğinde Titreşim Ölçümü İçin Sensörün Yerleşimi



Şekil 8.4 Amplifikatör Kistler Marka 5134B

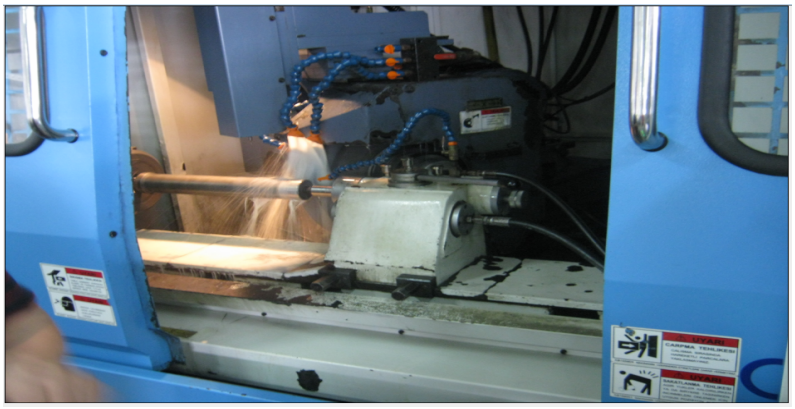
İşlenen numunelerin yüzey pürüzlülük değerlerini ölçmek için Mitutoyo SJ 201 marka yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı kullanılmıştır. Şekil 8.5'de cihaz görülmektedir.



Şekil 8.5 Mitutoyo SJ 201 yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı

8.1.3 Deneyde Kullanılan Taşlama Tezgahı

Deneyde STSUPERTEC G32A-80 CNC taşlama tezgâhı kullanılmıştır. Şekil 8.6'da görülmektedir.



Şekil 8.6 CNC Taşlama Tezgahı

Tablo 8.3 ST SUPERTEC G32A-80CNC Taşlama tezgahının özellikleri

Taşlama Taşının Boyutları Dış çap-Genişlik-İç çap	50,8-7,62-15,24	**Otomatik Hareket**	393 in/min
Taş Hızı	1390 dev/dk	**Mil hızı**	30-350 dev/dk
Max. Çevresel Hız	1390 ft/sn	**Tabla açısı**	7-9 º
Hidrolik pompasının gücü	2 HP	**Tekerlek açısı**	60 º

8.1.4 Deney Tasarımı

Kesme parametreleri olarak üretici firma kataloguna göre üç farklı işin devri (n), üç farklı ilerleme hızı (f) ve üç farklı talaş derinliği (a) belirlenmiştir. Deney tasarımında tam faktöriyel yöntem kullanılarak 27 farklı deney kombinasyonu tasarlanmıştır. Tablo 8.4'de deneyde kullanılan parametreler ve seviyeleri gösterilmiştir.

Tablo 8.4 Kesme Parametrelerinin Üç Seviye Değerleri

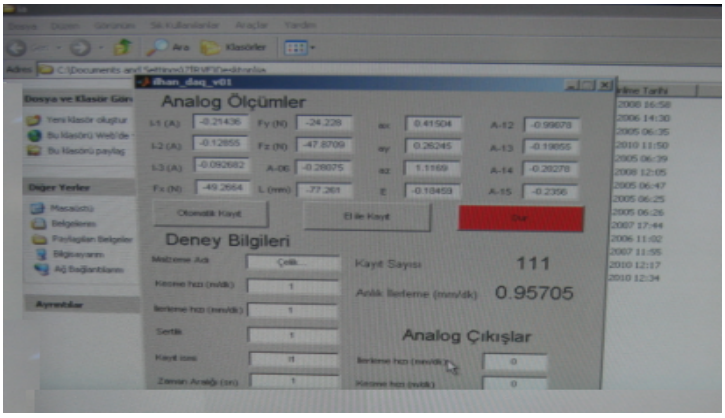
Kesme Parametreleri	**Seviye**		
	I.	**II.**	**III.**
İşin devri (n, dev/dk)	175	225	275
İlerleme (f, mm/dev)	0.2	0.4	0. 6
Talaş Derinliği (a, mm)	0.01	0.05	0.1

8.1.5 Deneyin Yapılışı

Deney numunesinin yüzeyindeki tufal alma ve şekil bozukluklarını ortadan kaldırmak için 0.2 mm deney yapılacak kısım taşlandı. Şekil 8.7 (b)'de gösterilmiştir. Yazılan CNC programı vasıtasıyla parametreler girilmiştir. Taşlama taşındaki aşınmanın olumsuz etkileşimini bertaraf etmek için her deney için taş bilenmiştir. Her deneyde 100mm yer taşlanmıştır. Bu esnada titreşimler saniyede 80 veri alınarak bilgisayar ortamında kaydedilmiştir. Şekil 8.8'de taşlama işlemi sırasında titreşimler (a_z) değer online olarak matlab 7.0 programı vasıtasıyla kaydedilmiştir.



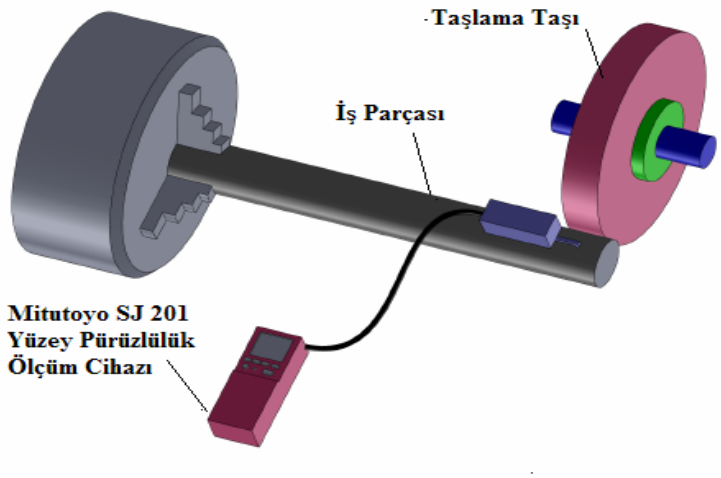
Şekil 8.7 (a)Taşlanmamış malzeme,(b)Taşlanmış Malzeme



Şekil 8.8 Matlab 7.0 Programıyla Titreşimlerin Kaydedilmesi

Taşlama işleminde soğutma sıvı olarak Shell adrana D 208 kodlu soğutma sıvısı kullanılmıştır. Bu seri yağlar özellikle pik, sfero döküm ve düşük karbonlu çeliklerin torna, freze, delme işlemleri için % 4-7 oranında soğutma sıvısı kullanılması tavsiye edilmektedir. Tezgahın temiz kalmasının, korozyona uğramamasını, köpük ve bakteri oluşmamasını sağlamaktadır. Taşlama işlemi sırasında sürekli olarak taşlanan yer soğutma sıvısıyla soğutulmuştur.

Taşlama işleminden sonra taşlanan yüzey Mitutoyo SJ 201 yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı ile yüzey pürüzlülüğü (Ra,Rz) ölçümü yapılmıştır. Şekil 8.9'da yüzey pürüzlülüğü 120^{o} açılarla belirlenen üç noktadan ölçülmüştür. Ölçülen bu 3 noktanın ortalaması alındı. Ortalaması alınan (Ra,Rz) bu değerler bilgisayara kaydedildi.

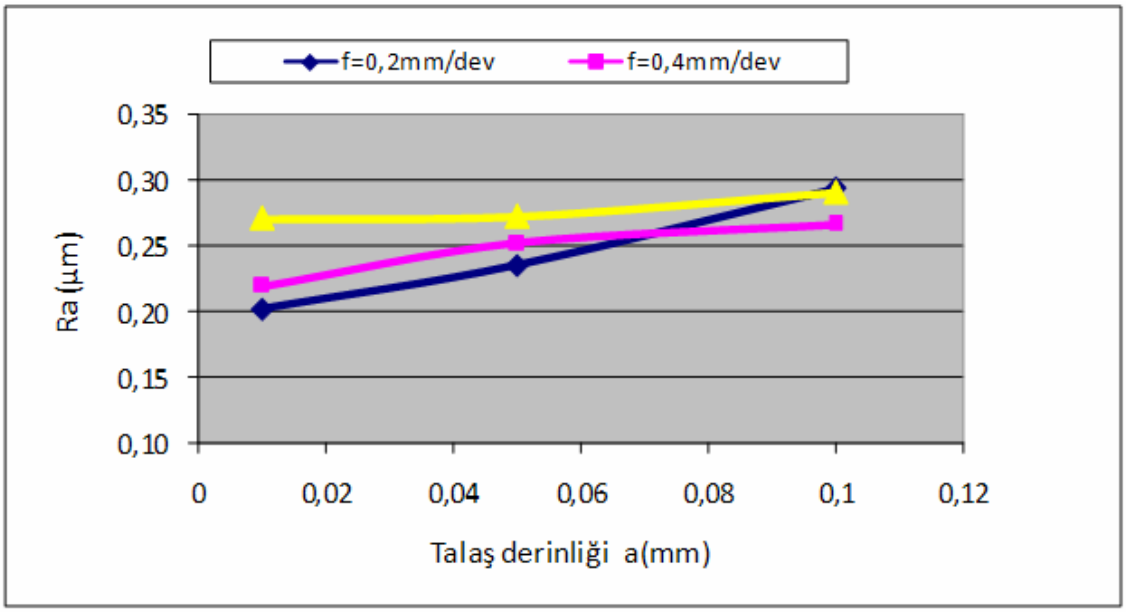


Şekil 8.9 Yüzey Pürüzlülüğünün Ölçülmesi

8.2 Deney Sonuçları

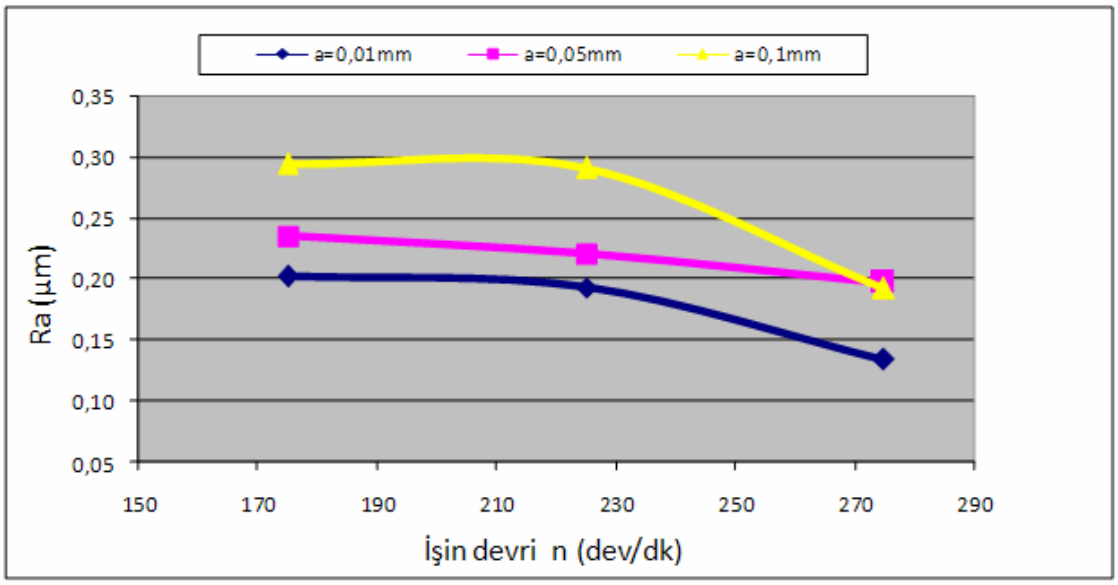
8.2.1 Ra (Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü) Ölçüm Sonuçları

Şekil 8.10'da n=175 dev/dk ve f=0,2-0,4-0,6mm/dev için talaş deriliği (a) yüzey pürüzlülüğü (Ra) grafiği verilmiştir. Grafikte görüldüğü gibi talaş derinliği arttıkça yüzey pürüzlülüğü değeri de artmıştır. n=175 dev/dk için f=0,2 mm/dev. İlerleme değerinde yüzey pürüzlülük değeri önemli derecede bir artış göstermektedir. n=175 dev/dk için f=0,6 mm/dev. İlerleme değerinde ise yüzey pürüzlülük değerinde önemli bir derece artış görülmemektedir.



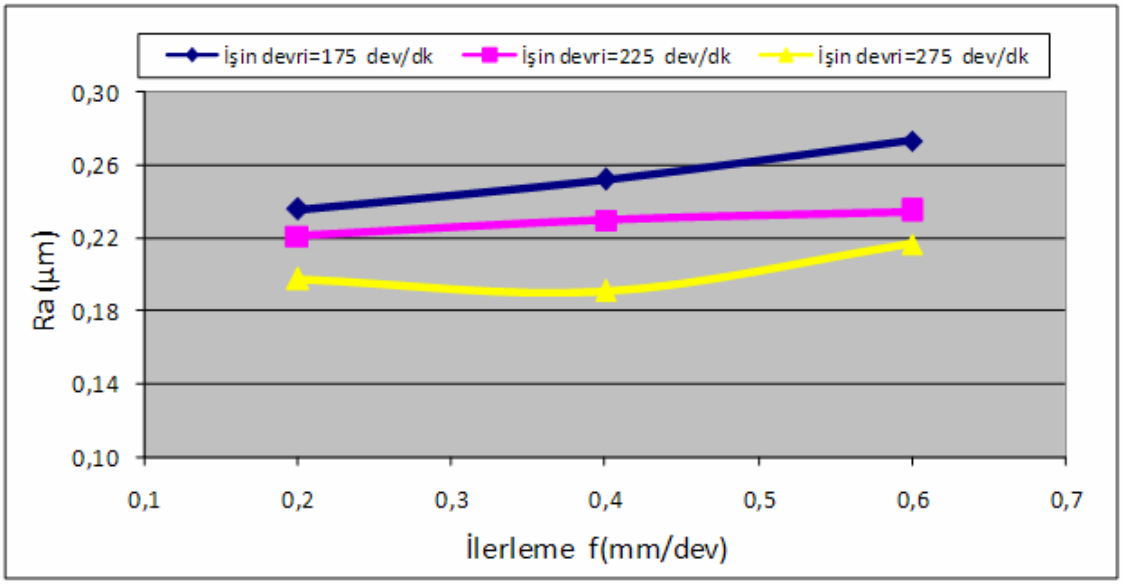
Şekil 8.10 İşin devri n=175 dev/dk ve f=0,2-0,4-0,6mm/dev için talaş deriliği ve yüzey pürüzlülüğü grafiği

Genel olarak işin devri ile yüzey pürüzlülüğü değeri ters orantılıdır. Devir arttıkça pürüzlülük değeri azalır, devir azaldıkça yüzey pürüzlülük değeri artar. İşin devri yeteri kadar yüksek olduğunda doğal frekans ve titreşim etkisi kayda değer bir önem arz etmez ve daha kaliteli bir yüzey elde edilmiş olur.



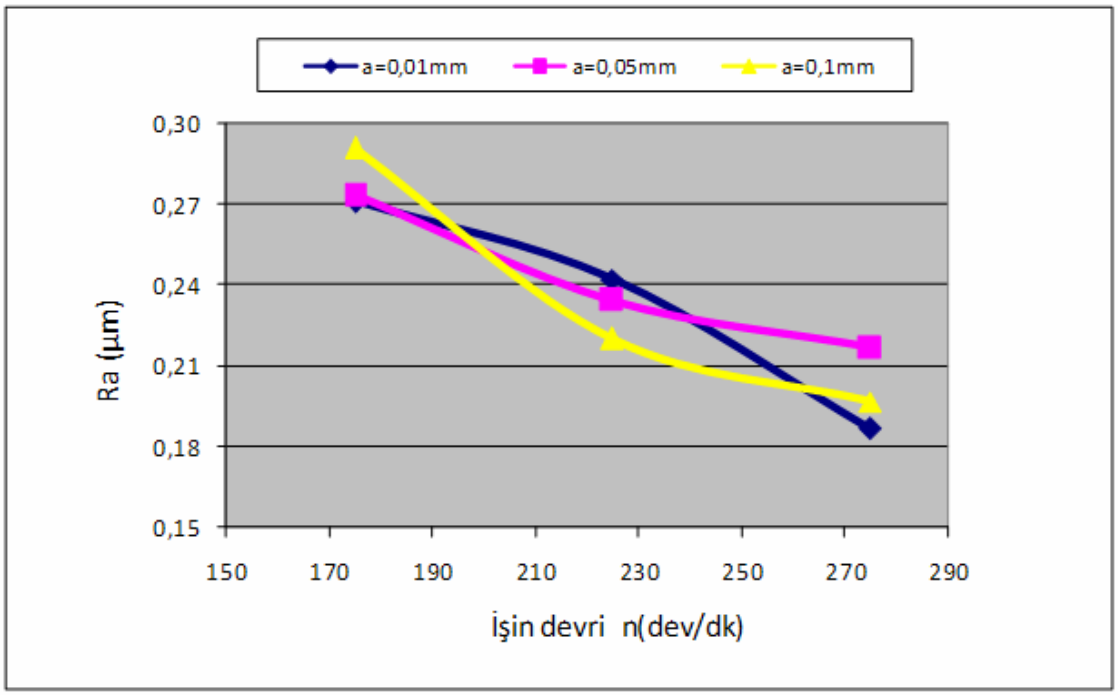
Şekil 8.11 ilerleme f=0,2mm/dev ve a=0,01-0,05-0,1mm için devirle yüzey pürüzlülüğünün grafiği

Şekil 8.11'de f=0,2mm/dev ve a=0,01-0,05-0,1mm için devirle yüzey pürüzlülüğünün grafiği verilmiştir. İşin devri yükseldikçe a=0,1mm talaş derinliğindeki yüzey pürüzlülüğünün aniden düşmesi görülmektedir.



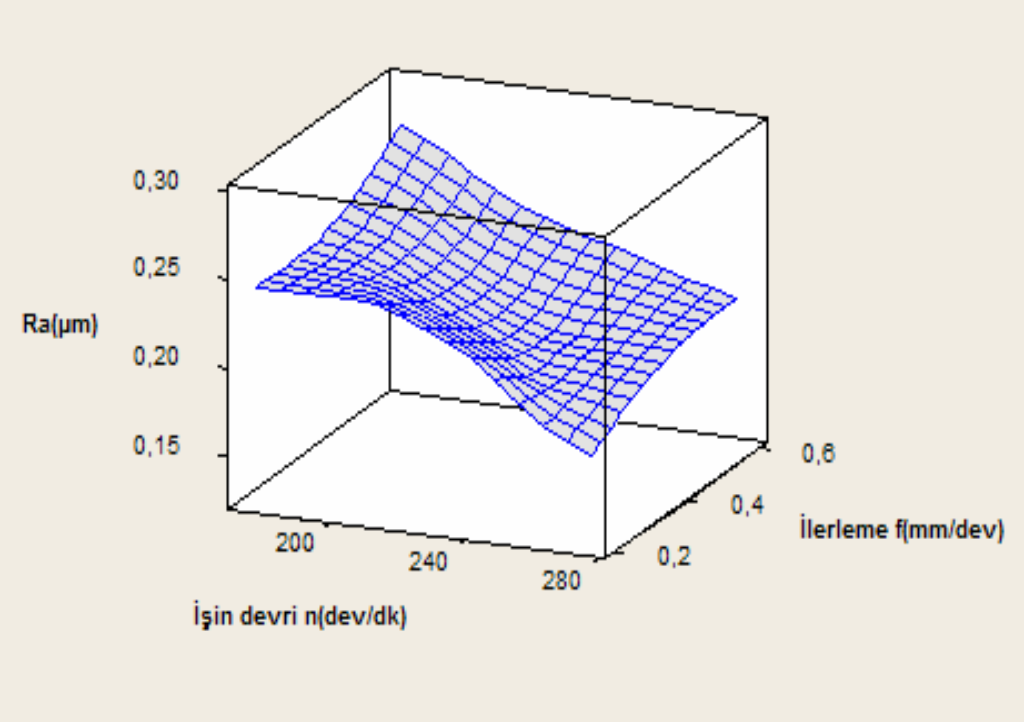
Şekil 8.12 a=0,05mm ve n=175-225-275 dev/dk için ilerleme-yüzey pürüzlülüğü grafiği

Şekil 8.12'de a=0,05mm ve n=175-225-275 dev/dk için ilerleme-yüzey pürüzlülüğü değerleri verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi ilerleme artıkça yüzey pürüzlülük değerde artığı görülmektedir. Özellikle bu grafikte n=175dev/dk için yüzey pürüzlüğü artışı daha fazla olduğu görülmektedir. İşin devri n=225 dev/dk da ise ilerleme artıkça yüzey pürüzlülüğünün fazla bir artış görülmemektedir.

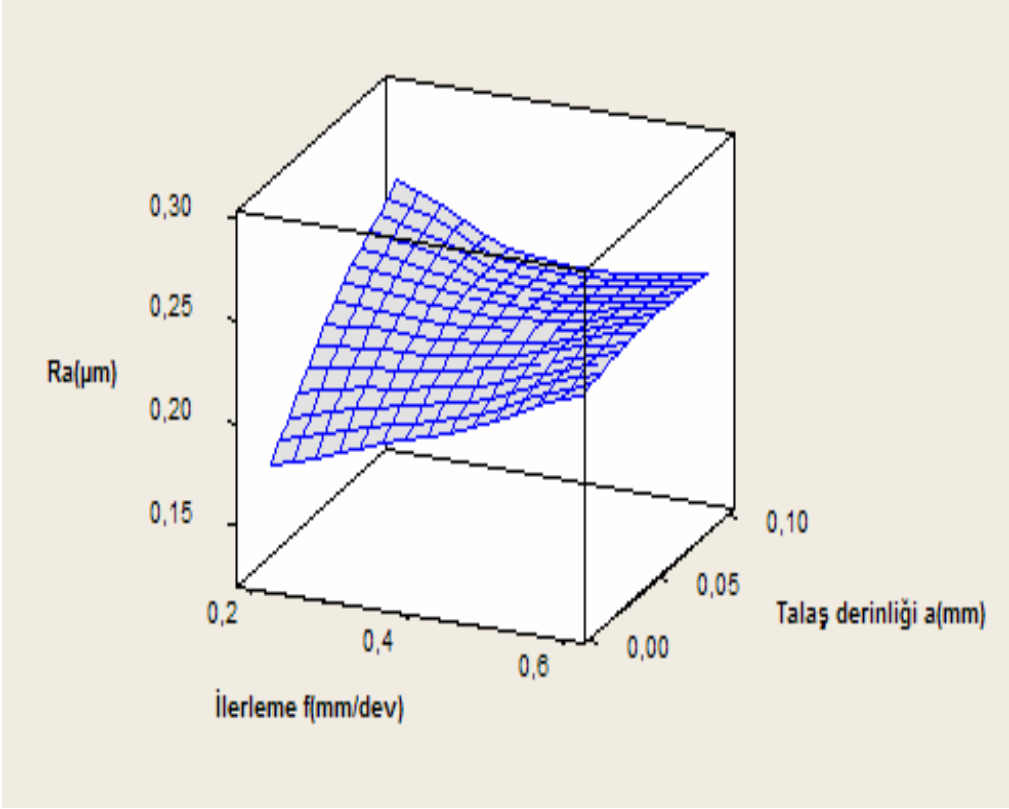


Şekil 8.13 f=0,6 mm/dev ve a=0,01-0,05-0,1mm için devir sayısı ile yüzey pürüzlülüğü grafiği

Şekil 8.13'de f=0,6 mm/dev ve a=0,01-0,05-0,1mm için devir sayısı ile yüzey pürüzlülüğü grafiği verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi devir artışı yüzey pürüzlülüğü değeri talaş derinliğine bağlı olarak düşmüştür. a=0,05 mm talaş derinliğinde devir artışında yüzey pürüzlülüğünde lineer bir azalma görülmektedir.



Şekil 8.14 Üç Boyutlu Ra-n-f Grafiği



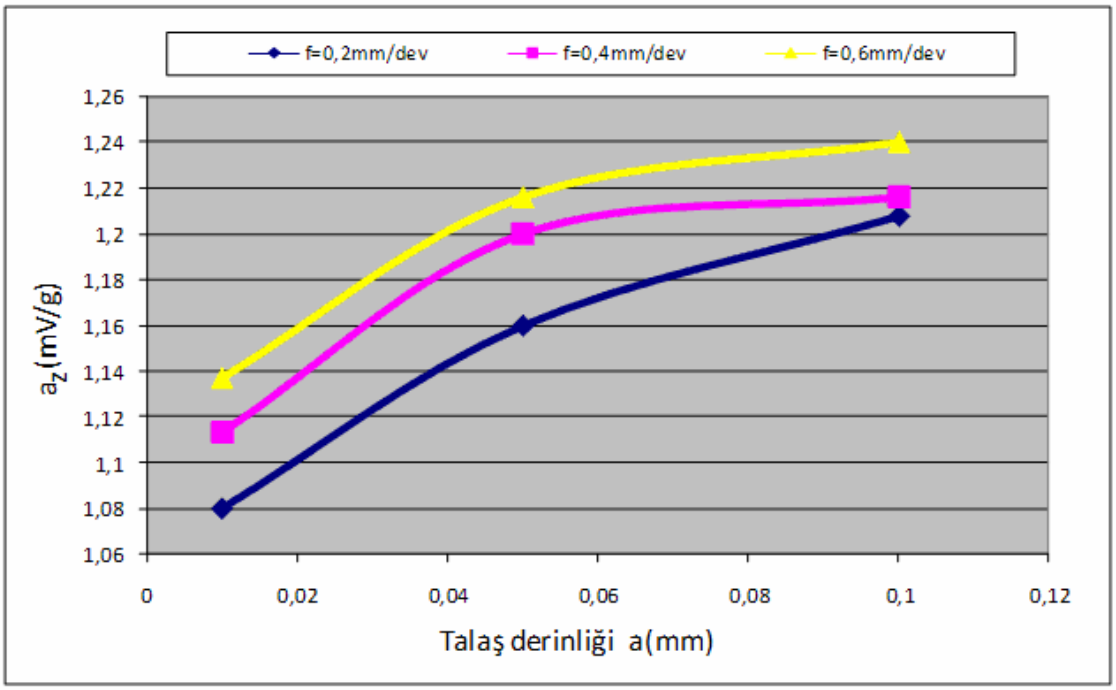
Şekil 8.15 Üç Boyutlu Ra-f-a Grafiği

Şekil 8.14'de görüldüğü gibi ilerleme değeri artıkça yüzey pürüzlülüğü değerinin de buna bağlı olarak bir artış gösterdiği görülmektedir. İşin devri artırıldığında yüzey pürüzlülük değeri azaldığı görülmektedir. Şekil 8.14'de yüzey pürüzlülüğün en az olduğu nokta, ilerlemenin en az işin devrinin en fazla olduğu nokta gösterilmiştir. Grafikte Ra'nın en yüksek noktası ise işin devrinin ve ilerlemenin en yüksek noktası görülmektedir.

Şekil 8.15'de görüldüğü gibi ilerleme değeri artıkça yüzey pürüzlülüğü değerinin de buna bağlı olarak bir artış gösterdiği görülmektedir. Talaş derinliği dereliği arttıkça yüzey pürüzlülüğü değerinin arttığı görülmektedir. Yüzey pürüzlülüğünün en fazla olduğu nokta ilerlemenin ve talaş derinliğinin en fazla olduğu nokta gösterilmiştir.

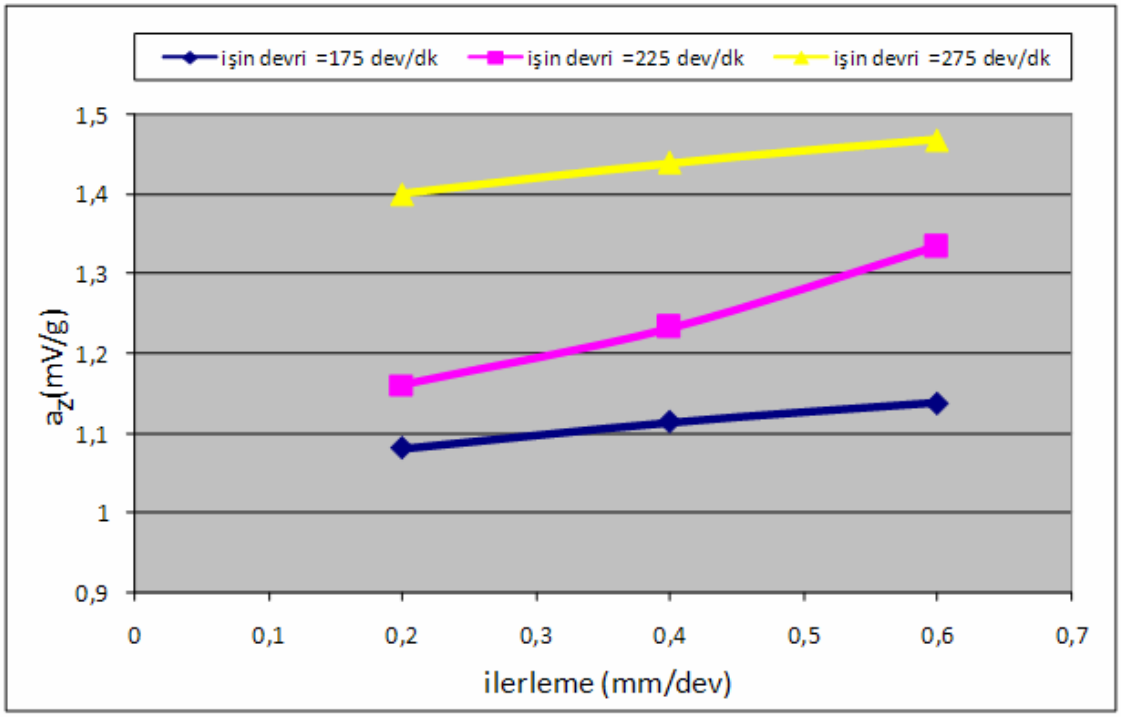
8.2.2 a_z Titreşim Ölçüm Sonuçları

Genel olarak talaş derinliği (a) ile titreşim değeri doğru orantılıdır. Yani talaş derinliği arttıkça titreşim değerleri artar, talaş derinliği azaldıkça titreşim değeri de azalır.



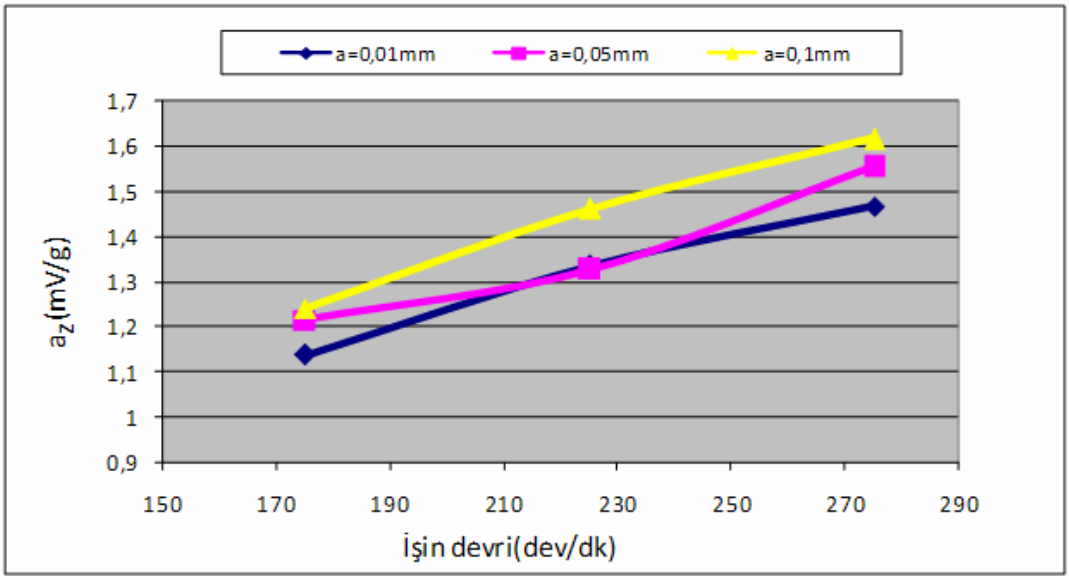
Şekil 8.16 n=175 dev/dk ve f=0,2-0,4-0,6 mm/dev için talaş derinliği ve titreşim grafiği

Şekil 8.16'da n=175 dev/dk ve f=0,2-0,4-0,6 mm/dev için talaş derinliği ve titreşim grafiği verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi talaş derinliğinin artması titreşim değerinin de artması görülmektedir.



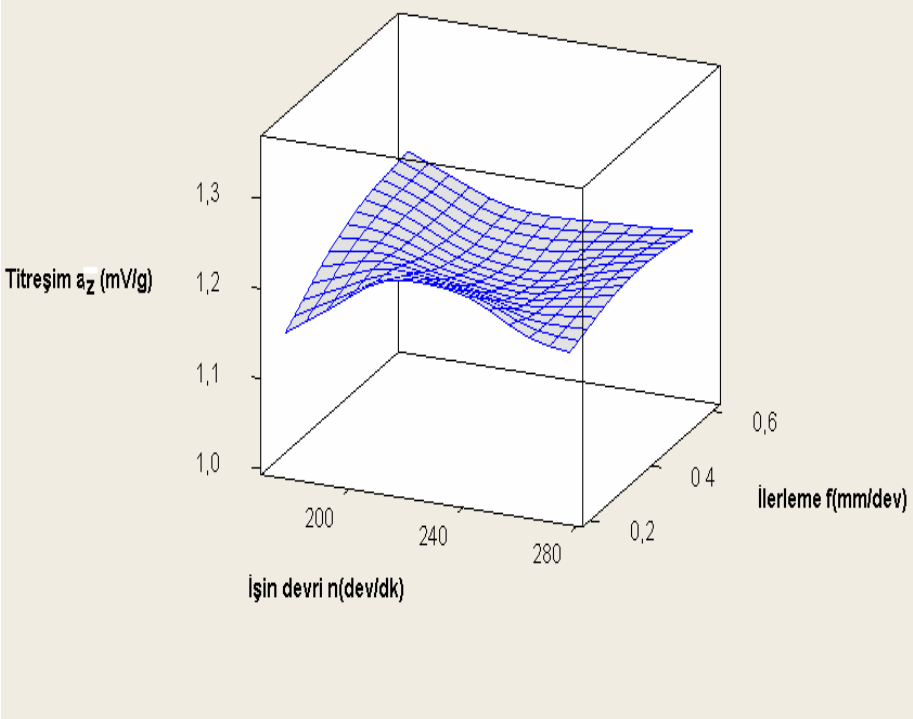
Şekil 8.17 a=0,01mm ve n=175-225-275 dev/dk İçin İlerleme-Titreşim Grafiği

Şekil 8.17'de a=0,01mm ve n=175-225-275 dev/dk için ilerleme-titreşim grafiği verilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi ilerlemede ki artış titreşim(a_z) değerinde artışa sebep olmaktadır. İşin devri 225 dev/dk da ki ilerleme titreşim değerinde önemli bir artışa sebep olduğu görülmektedir.



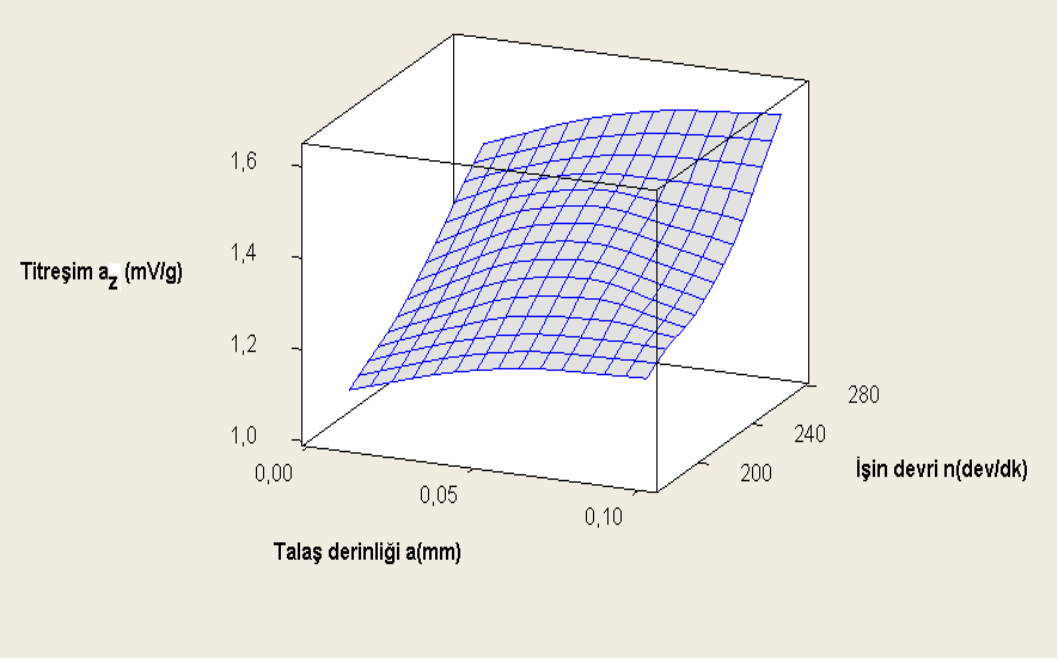
Şekil 8.18 f=0,6 dev/mm ve a=0,01-0,05-0,1 mm İçin İşin Devri-Titreşim Grafiği

Şekil 8.18'de f=0,6 dev/mm ve a=0,01-0,05-0,1 mm için işin devri-titreşim grafiği verilmiştir. Şekil8.18'de devir arttığında titreşim de artığı gözlenmektedir.



Şekil 8.19 Üç Boyutlu a_z-n-f Grafiği

Şekil 8.19'da görüldüğü gibi ilerleme (f) değeri arttıkça titreşim (a_z) değerinin de buna bağlı olarak bir artış gösterdiği ayrıca işin devri artışla titreşim değerinin de arttığı görülmektedir.

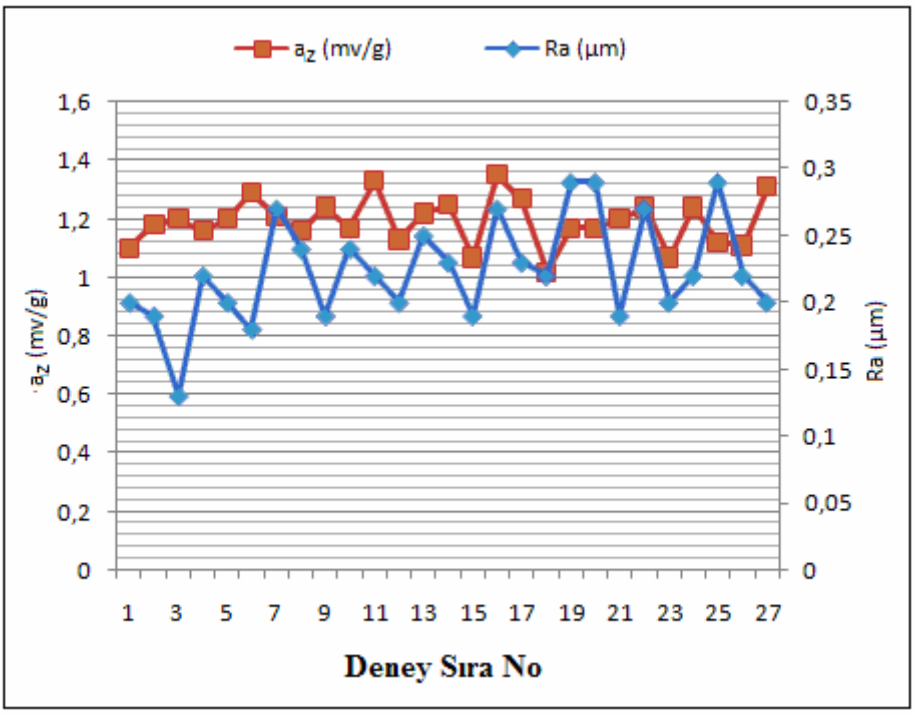


Şekil 8.20 Üç Boyutlu a_z-a-n Grafiği

Şekil 8.20'de görüldüğü gibi talaş derinliği (a) değeri arttıkça titreşim (a_z) değeri de buna bağlı olarak bir artış gösterdiği ayrıca devir sayısı artışıyla titreşim değerinde arttığı görülmektedir.

8.2.3 Titreşim (a_z) ile Ra (Ortalama Yüzey pürüzlülüğünün)Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması

Ra ile a_Z ölçüm sonuçları 27 deney için Ek 1'deki veriler kullanılarak şekil 8.21'de karşılaştırılma yapılmıştır.



Şekil 8.21 Titreşim (a_z) İle Ra (Ortalama Yüzey Pürüzlülük) sonuçlarının karşılaştırılması

Şekil 8.21'deki deney sonuçlarına bakıldığında yüzey pürüzlülüğü arttığında titreşim değeri de artmakta olduğu görülmektedir.

8.2.4 Verilerin Regresyon Modeli İle İstatistiksel Modellenmesi

Bu bölümde deneylerden elde edilen Ra, Rz ve a_z değerleri için I. derece, II. derece ve logaritmik olarak regresyon denklemleri çıkartıldı ve modellere etki eden faktörlerin etkileri tablo halinde verildi. Regresyon modelinde denklemlerin oluşturulması için MİNİTAB 14 adlı istatistik programı kullanıldı. ANOVA testi için SPSS 16.0 adlı istatistik programı kullanıldı.

8.2.4.1 Ra (Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü) İçin Regresyon Denklemleri

Deneysel Ra değerleri için elde edilen I. dereceden regresyon denklem katsayıları Tablo 8.5'de verilmiştir.

Tablo 8.5 Ra için I. Dereceden Regresyon Denklem Katsayıları

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	O,326	0,02753	11,84	0,000
a	0,4243	0,1190	3,37	0,002
f	0,05	0,02683	1,86	0,075
n	-0,0006444	0,0001073	-6,01	0,000

$$Ra = 0{,}326 + 0{,}425\ a + 0{,}0500\ f - 0{,}000644\ n \qquad (8.1)$$

Ra değeri için I. dereceden regresyon denkleminde belirtme katsayısı R^2 =% 69,5'tir. Bire yakın olmadığı için değişkenler arasında ilişki fazla yoktur. Ra bağımsız değişkenine I. dereceden denklem (8.1)'de en çok etkiye sahip olan bağımsız değişken talaş derinliği değeridir.

Ra değerleri için elde edilen II. derece regresyon denklemi denklem (8.2)'de verilmiştir. Ra için II. dereceden regresyon denklem katsayıları Tablo 8.6'da verilmiştir.

Tablo 8.6 Ra için II. Dereceden Regresyon Denklem Katsayıları

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,2477	0,1647	1,50	0,151
a	2,2272	0,7374	3,02	0,008
f	0,0090	0,1997	0,05	0,965
n	-0,000303	0,001405	-0,22	0,832
a^2	-4,136	3,840	-1,08	0,297
f^2	0,22222	0,1916	1,16	0,262
n^2	-0,000000044	0,0000307	-0,14	0,886
axf	-2,2131	0,6009	-3,68	0,002
axn	-0,002022	0,002404	-0,84	0,412
fxn	-0,000833	0,0005419	-0,15	0,880

$$Ra = 0,248+2,23\ a+0,009\ f - 0,00030\ n - 4,14\ a^2 + 0,222\ f^2 - 0,000000\ n^2 - 2,21\ axf - 0,00202\ axn - 0,000083\ fxn \quad (8.2)$$

Ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) için II. dereceden regresyon denkleminde belirtme katsayısı (R^2) % 84,6'dır. Bire yakın olduğu içinde değişkenler arasında kuvvetli bir ilişkiden söz edilebilir. Bağımlı değişkendeki değişimin % 84,6'sı bağımsız değişkenler tarafından açıklanabilir. Ra bağımlı değişkenine II. dereceden en çok etkiye sahip olan bağımsız değişken a^2 dir. İnteraksiyonlu olarak da axf etkilidir.

SPSS programında II. dereceden Ra regresyon denklemi için ANOVA tablosuna bakıldığında bu denklemin güvenilir olduğu sonucuna varılmıştır. Tablo 8.7'de ANOVA tablosu verilmiştir.

Tablo 8.7 Ra için II. derece regresyon modelinde SSPS'de ANOVA sonuçları

Model		**Sun of Squares**	**df**	**Mean square**	**F**	**Sig.**
1	Regression	0,033	9	0,04	10,423	0,000
	Residual	0,006	17	0,000		
	Total	0,039	26			

Yüzey pürüzlülüğü (Ra) değerleri için elde edilen logaritmik regresyon denklemi denklem (8.3)'te verilmiştir. Ra için logaritmik regresyon denklem katsayıları Tablo 8.8'de verilmiştir.

Tablo 8.8 Ra İçin Logaritmik Regresyon Denklem Katsayıları

Predictor	**Coef**	**SE Coef**	**T**	**P**
Constant	1,0611	0,1294	8,20	0,000
loga	0,03848	0,01047	3,67	0,001
logf	0,03780	0,02227	1,70	0,103
logn	-0,32652	0,05464	-5,98	0,000

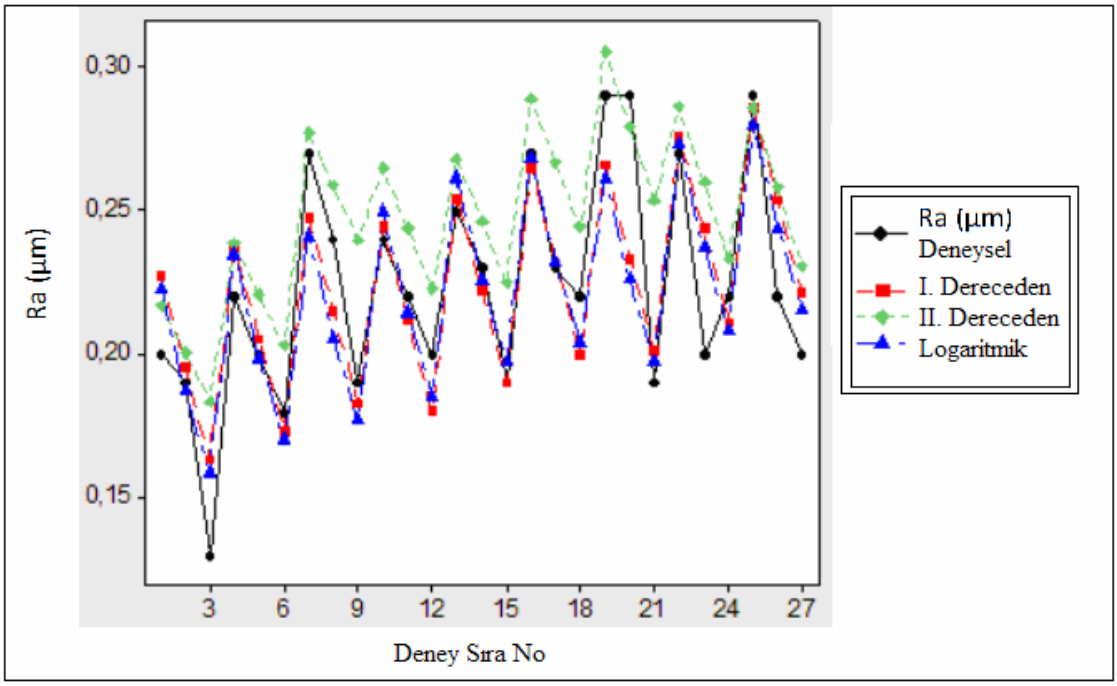
$$Ra = 1,06 + 0,0385\ loga + 0,0378\ logf - 0,327\ logn \quad (8.3)$$

Ra için logaritmik regresyon denkleminde belirtme katsayısı (R^2) % 69,4'dir. Bire yakın olmadığı için fazla ilişkiden söz edilemez. Fakat II. dereceden regresyon % 84,6 olduğundan logaritmik değişkeni göre daha kuvvetli bir ilişkisi söz edilebilir.

Bağımlı değişkendeki değişimin % 69,4'sı bağımsız değişkenler tarafından açıklanabilir. Ra bağımlı değişkenine logaritmik regresyon denkleminde en çok etkiye sahip olan bağımsız değişken loga ve Iogn değeridir.

Ra için I. dereceden, II. dereceden ve logaritmik regresyon denklemlerinden elde edilen sonuçların R^2 değerleri karşılaştırılınca en iyi sonucun II. dereceden regresyon denklemi ile ifade edildiği görülmüştür.

Ra için regresyon denklemi ile elde edilen I. derece, II. derece ve logaritmik modellerle elde edilen sonuçların deney verileri değeri ile karşılaştırılması Şekil 8.22'de şekil üzerinde verilmiştir. 27 deney sonucu Ra ile 27 tane Ra regresyon modellerinin sonuçları karşılaştırılmıştır. Deney sonuçları ve regresyon modeliyle bulunan Ra değerleri EK 2' de görülmektedir.



Şekil 8.22 Ra İçin Regresyon Sonuçları ve Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması

8.2.4.2 Rz (Ortalama Pürüz Yüksekliği) İçin Regresyon Denklemleri

Deneysel Rz değerleri için elde edilen I. dereceden regresyon denklem katsayıları Tablo 8.9'da verilmiştir.

Tablo 8.9 Rz için I. Dereceden Regresyon Denklem Katsayıları

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	2,5536	0,1816	14,06	0,000
a	2,9107	0,7852	3,71	0,001
f	0,5111	0,1770	2,89	0,008
n	-0,0045889	0,0007081	-6,48	0,000

$$Rz = 2,55 + 2,91\ a + 0,511\ f - 0,00459\ n \qquad (8.4)$$

Rz için I. dereceden regresyon denkleminde belirtme katsayısı R^2 =% 73,6'dır. Bire yakın olmadığı için değişkenler arasında ilişki fazla yoktur. Rz bağımlı değişkenine I. dereceden denklemde en çok etkiye sahip olan bağımsız değişken talaş derinliği (a) değeridir.

Tablo 8.10 Rz için II. Dereceden Regresyon Denklem Katsayıları

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	3,7623	0,9908	3,80	0,001
a	19,856	4,436	4,48	0,000
f	0,621	1,202	0,52	0,612
n	-0,020078	0,008454	-2,37	0,030
a^2	-16,79	23,10	-0,73	0,477
f^2	0,444	1,153	0,39	0,705
n^2	0,00004111	0,00001845	2,23	0,040
axf	-7,322	3,616	-2,03	0,059
axn	-0,05396	0,001446	-3,73	0,002
fxn	-0,000333	0,003261	-0,10	0,920

$$Ra = 3,76+19,9\ a+0,62\ f - 0,0201\ n – 16,8\ a^2 + 0,44\ f^2 - 0,000041\ n^2 - 7,32\ axf -0,0540\ axn - 0,00033\ fxn \quad (8.5)$$

Rz değerleri için elde edilen II. derece regresyon denklemi denklem (8.5)'de verilmiştir. Rz için II. dereceden regresyon denklem katsayıları Tablo 8.10'da verilmiştir.

Yüzey pürüzlülüğü (Rz) için II. dereceden regresyon denkleminde belirtme katsayısı (R^2) % 89'dur. Bire yakın olduğu içinde değişkenler arasında kuvvetli bir ilişkiden söz edilebilir. Bağımlı değişkendeki değişimin % 89 bağımsız değişkenler tarafından açıklanabilir. Rz bağımlı değişkenine II. dereceden en çok etkiye sahip olan bağımsız değişkenler talaş derinliğinin karesi (a^2) daha çok etkiye sahiptir. İnteraksiyonlu olarak da axf etkilidir.

SPSS programında II. dereceden Re regresyon denklemi için ANOVA tablosuna bakıldığında bu denklemin güvenilir olduğu sonucuna varılmıştır. Tablo 8.11'de ANOVA tablosu verilmiştir.

Tablo 8.11 Rz için II. derece regresyon modelinde SSPS'de ANOVA sonuçları

Model		**Sun of Squares**	**df**	**Mean square**	**F**	**Sig.**
1	Regression	1,749	9	0,194	15,296	0,000
	Residual	0,216	17	0,013		
	Total	1,965	26			

Yüzey pürüzlülüğü (Rz) değerleri için elde edilen logaritmik regresyon denklemi denklem (8.6)'te verilmiştir. Rz için logaritmik regresyon denklem katsayıları Tablo 8.12'de verilmiştir.

Tablo 8.12 Rz İçin Logaritmik Regresyon Denklem Katsayıları

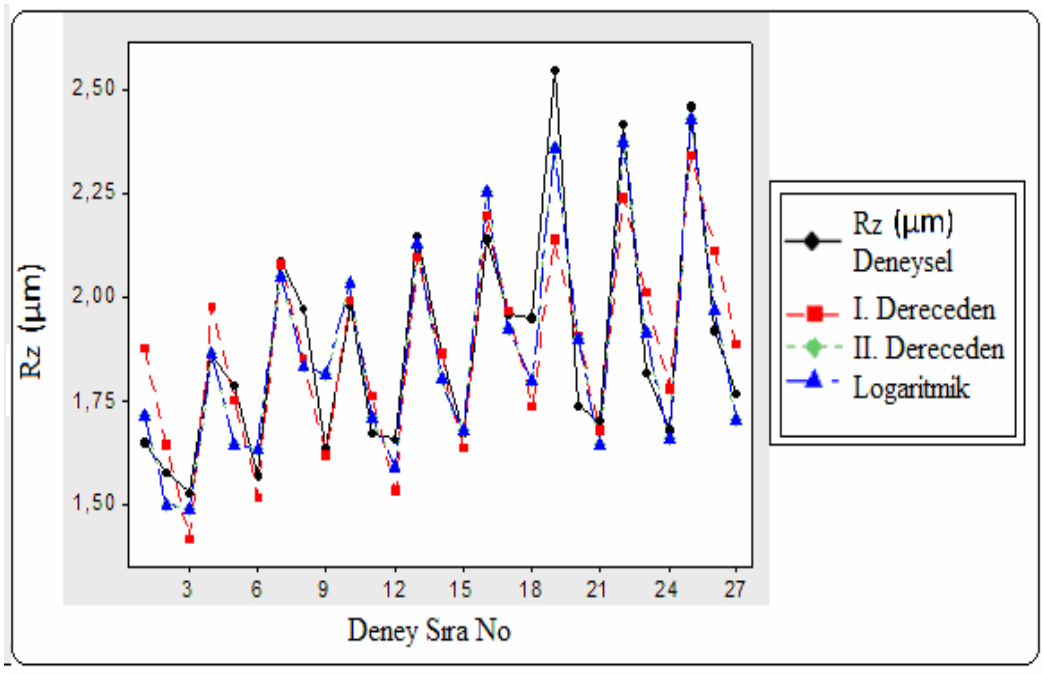
Predictor	**Coef**	**SE Coef**	**T**	**P**
Constant	1,0611	0,1294	8,20	0,000
loga	0,03848	0,01047	3,67	0,001
logf	0,03780	0,02227	1,70	0,103
logn	-0,32652	0,05464	-5,98	0,000

$$Rz = 7,98 + 0,256 \log a + 0,4131 \log f - 2,371 \log n \quad (8.6)$$

Rz için logaritmik regresyon denkleminde belirtme katsayısı (R^2) % 74,5'dir. Bire yakın olduğu için kuvvetli bir ilişki söz konusudur. Bağımlı değişkendeki değişimin % 74,5'si bağımsız değişkenler tarafından açıklanabilir. Rz bağımlı değişkenine logaritmik regresyon denkleminde en çok etkiye sahip olan bağımsız değişken Iogn değeridir.

Rz için I. dereceden, II. dereceden ve logaritmik regresyon denklemlerinden elde edilen sonuçların R^2 değerleri karşılaştırılınca en iyi sonucun II. dereceden regresyon denklemi ile ifade edildiği görülmüştür.

Rz için regresyon denklemi ile elde edilen I. derece, II. derece ve logaritmik modellerle elde edilen sonuçların deney verileri değeri ile karşılaştırılması Şekil 8.23'de şekil üzerinde verilmiştir. 27 deney sonucu Rz ile 27 tane regresyon modellerinin Rz sonuçları karşılaştırılmıştır. Deney sonuçları ve regresyon modeliyle bunlunan Rz değerleri EK 3' de görülmektedir.



Şekil 8.23 Rz İçin Regresyon Sonuçları ve Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması

8.2.4.3 a_z Titreşimi İçin Regresyon Denklemleri

a_z değerleri için elde edilen I. dereceden regresyon denklemi denklem (8.7)'de verilmiştir. a_z için I. dereceden regresyon denklem katsayıları Tablo 8.13'de verilmiştir.

Tablo 8.13 a_z için I. dereceden regresyon denklem katsayıları

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,42810	0,07006	6,11	0,000
a	1,2329	0,3029	4,07	0,000
f	0,15833	0,06829	2,32	0,030
n	0,0034578	0,0002731	12,66	0,000

$$a_z = 0{,}428 + 1{,}23\ a + 0{,}158\ f + 0{,}00346\ n \qquad (8.7)$$

a_z için I. dereceden regresyon denkleminde belirtme katsayısı (R^2) % 88,8'dir. 1'e yakın olduğu içinde değişkenler arasında kuvvetli bir ilişkiden söz edilebilir. Ra ve Rz değerine göre bu değer daha iyidir. Bağımlı değişkendeki değişimin % 88,8'i bağımsız değişkenler tarafından açıklanabilir. a_z bağımlı değişkenine I. dereceden regresyonda en çok etkiye sahip olan bağımsız değişken a değişkenidir.

Tablo 8.14 a_z için II. dereceden regresyon denklem katsayısı

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	1,2301	0,4760	2,58	0,019
a	3,022	2,131	1,42	0,174
f	-0,2529	0,5773	-0,44	0,667
n	-0,003404	0,004062	-0,84	0,414
a^2	-25,88	11,10	-2,33	0,032
f^2	0,00001458	0,5538	0,80	0,433
n^2	0,305	0,000000886	1,65	0,118
axf	0,004305	1,737	0,18	0,863
axn	0,004350	0,006948	0,63	0,540
fxn	0,000175	0,001567	0,11	0,912

$a_z = 1,23 + 3,02\ a - 0,253\ f - 0,00340\ n - 25,9\ a^2 + 0,444\ f^2 + 0,000015\ n^2 + 0,31 axf + 0,00435\ axn + 0,00018\ fxn$ (8.8)

a_z değerleri için elde edilen II. derece regresyon denklemi denklem (8.8)'de verilmiştir. a_z için II. dereceden regresyon denklem katsayıları Tablo 8.14'de verilmiştir.

a_z için II. dereceden regresyon denkleminde belirtme katsayısı (R^2) % 92,7'dir. 1' e yakın olduğu içinde değişkenler arasında kuvvetli bir ilişkiden söz edilebilir. Ra ve Rz değerine göre bu değer daha iyidir. Bağımlı değişkendeki değişimin % 92,7 bağımsız değişkenler tarafından açıklanabilir. a_z bağımlı değişkenine II. Dereceden regresyonda en çok etkiye sahip olan bağımsız değişken talaş derinliği (a^2) değişkenidir. İnteraksiyonlu olarak da axf etkilidir. SPSS programında II. dereceden a_z regresyon denklemi için ANOVA tablosuna bakıldığında bu denklemin güvenilir olduğu sonucuna varılmıştır. Tablo 8.15'de ANOVA tablosu verilmiştir.

Tablo 8.15 a_z için II. derece regresyon modelinde SPSS'de ANOVA sonuçları

Model		**Sun of Squares**	**df**	**Mean square**	**F**	**Sig.**
1	Regression	0,631	9	0,70	23,509	0,000
	Residual	0,051	17	0,003		
	Total	1,965	26			

a_z değerleri için elde edilen logaritmik regresyon denklemi denklem (8.9)'de verilmiştir. a_z için logaritmik regresyon denklem katsayıları Tablo 8.16'da verilmiştir.

Tablo 8.16 a_z için logaritmik regresyon denklem katsayıları

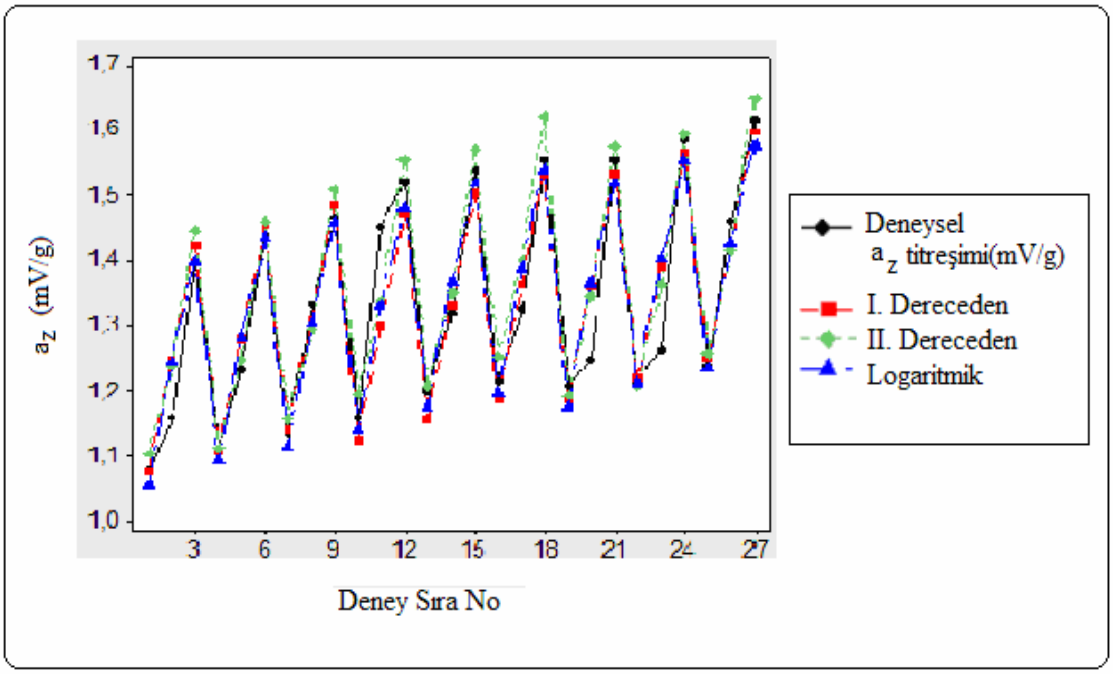
Predictor	**Coef**	**SE Coef**	**T**	**P**
Constant	-2,5188	0,3282	-7,68	0,000
loga	0,12046	0,02656	4,54	0,000
logf	0,12351	0,05647	2,19	0,039
logn	1,7404	0,1385	12,56	0,000

$a_z = - 2,52 + 0,120 \log a + 0,123 \log f + 1,74 \log n$ (8.9)

a_z için logaritmik regresyon denkleminde belirtme katsayısı (R^2) % 88,8'dir. 1' e yakın olduğu içinde değişkenler arasında kuvvetli bir ilişkiden söz edilebilir. Ra ve Rz değerine göre bu değer daha iyidir. Bağımlı değişkendeki değişimin % 88,8'dir. Bağımsız değişkenler tarafından açıklanabilir. a_z bağımlı değişkenine logaritmik regresyonda en çok etkiye sahip olan bağımsız değişken logn değişkenleridir.

a_z için I. dereceden, II. dereceden ve logaritmik regresyon denklemlerinden elde edilen sonuçların R^2 değerleri karşılaştırılınca en iyi sonucun II. dereceden regresyon denklemi ile ifade edildiği görülmüştür.

a_z için regresyon denklemi ile elde edilen I. derece, II. derece ve logaritmik modellerle elde edilen sonuçların deney verileri değeri ile karşılaştırılması Şekil 8.24'de ise şekil üzerinde verilmiştir. 27 deney sonucu a_z ile 27 tane a_z regresyon modellerinin sonuçları karşılaştırılmıştır. Deney sonuçları ve regresyon modeliyle bulunan a_z değerleri EK 4' te görülmektedir.



Şekil 8.24 a_z için Regresyon Sonuçları ve Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması

9.SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada AISI 8620 sementasyon çeliği 62 HRC'ye sertleştirilip taşlama işlemine tabi tutulmuştur. CNC taşlama işleminde giriş parametreleri olarak işin devri (n=175-225-275 dev/dk.), ilerleme (f=0,2-0,4-0,6 mm/dev.) ve talaş derinliği (a=0,01-0,05-0,1 mm) kullanılarak proses sonucunda Ra, Rz ve a_z değerleri ölçülmüştür. Bu değerler MİNİTAB 14 istatistik programı yarımıyla I. dereceden regresyon modeli sonuçları, II. dereceden regresyon modeli sonuçları ve logaritmik regresyon modeli Ra, Rz ve a_z değerlerinin tahmininde kullanıldı. Modellerin belirtme katsayısına göre karşılaştırılması yapılarak en iyi sonuç II. dereceden regresyon modeli ile tahmin edilmiştir. Modellerde giriş olarak kullanılan parametrelerinin çıkışlar üzerindeki etkinliği SPSS 16.0 programı vasıtasıyla yapılan Varyans analizi (ANOVA) ile tespit edilmiştir.

İşin devri yüzey pürüzlülüğü değeri ile ters orantılıdır. İşin devri arttıkça pürüzlülük değeri azalır, devir azaldıkça yüzey pürüzlülük değeri artar. İlerleme ile yüzey pürüzlülüğü doğru orantılıdır. Yani ilerleme arttıkça yüzey pürüzlülüğü artar, ilerleme azaldıkça yüzey pürüzlülüğü azalır. Talaş derinliği ile yüzey pürüzlülüğü değeri doğru orantılıdır. Talaş derinliği arttıkça pürüzlülük değeri artar, talaş derinliği azaldıkça yüzey pürüzlülük değeri azalır.

İşin devri ile a_z değeri doğru orantılıdır. Yani a_z değeri işin devri arttıkça artar, işin devri azaldıkça azalır. a_z değeri ilerleme ile doğru orantılıdır. Yani a_z değeri ilerleme değeri arttıkça artar, ilerleme azaldıkça azalır. a_z değeri talaş derinliği ile doğru orantılıdır. Yani a_z değeri talaş derinliği arttıkça artar, talaş derinliği azaldıkça azalır.

Aynı giriş ve çıkış parametreleri için kullanılan çoklu regresyon yöntemleriyle elde edilen modellerin karşılaştırılması ile özgün bir çalışma yapılmıştır.

Sonuçlar optimum ve adaptif kontrolde kullanılabilir. İmalat prosesleri için giriş parametrelerinin doğru belirlenebilmesi, hangi parametrenin hangi bağımsız değişken üzerinde etkin olduğu, etkinlik seviyesi belirlenmeden deneylerin yapılmaması gerektiği gözlenmiştir. Zira deneylerde etkinliği olmayan parametre veya seviyelerle gereksiz zaman, malzeme ve ekonomik kaynaklar harcanmaktadır. Bu nedenle istatistik bilimin imalat deney tasarımında kullanılmalıdır.

Çoklu regresyon modelleme teknikleri ile elde edilen denklemler teorik olarak hesaplanamayan taşlamadaki yüzey pürüzlülüğünün modelinin çıkarılmasında kullanılabilecektir.

Gelecekte farklı taşlama proseslerinin gerçek zamanlı izlenmesi, optimizasyonu, model referans adaptif kontrolü, çalışmaları yapılabilir.

10.KAYNAKLAR

Aguiar P. R. , Serni J. A. , Eduardo C. Bianchi, R. L. Dotto,(2004), In-Process Grındıng Monıtorıng By Acoustıc Emıssıon, University of Sao Paulo

Aguiar P.R, Dotto F.R.L ve Bianchi E.C.(2005),Study Of Thresholds To Burning İn Surface Grinding Process, Department of Mechanical Engineering São Paulo State University – Unesp Av. Luiz Edmundo C. Coube S/N, Vargem Limpa 17033-360 Bauru, SP. Brazil

Akbulut M.C., (2008), Faktöriyel Düzende Varyans Analizi Tekniğinde Varyansların Homojenliği Ve Normal Dağılım Ön Şartları Yerine Gelmediğinde İnteraksiyona İlişkin I. Tip Hata Ve Testin Gücü, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara

Asiltürk İ., (2007), Testere İle Kesme İşleminde Yapay Zeka Tabanlı Adaptif Kontrol Uygulaması, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya

Akkuş H., (2010), Tornalama İşlemlerinde Yüzey Pürüzlülüğünün İstatistiksel Ve Yapay Zekay Yöntemleri İle Tahmin Edilmesi,Yüksek Lisans Tezi,Selçuk Üniversitesi,Konya

Bağcı M. ,Erişgin Y. ,Aslaner M.(1982) ,Taşlamacılık ve Alet Bileme Teknolojisi Ders Notları

Balce A.O., Demir S.,(2007), İstatistik Ders Notları, Pamukkale Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Ekonometri Bölümü, Denizli

Batako A. ve Koppal S., (2007), Process Monitoring İn High Efficiency Deep Grinding-HEDG, General Engineering Research Institute, Liverpool John Moores University, Byrom Street, Liverpool, L3 3AF, UK

Biçkici B., (2007), Çok değişkenli varyans analizi ile çoklu doğrusal regresyon analizinin uygulamalı olarak karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum

Brambila O.G., Rubio E., Jauregui J.C. and Ruiz G.H., (2006), Chattering Detection In Cylindrical Grinding Processes Using The Wavelet Transfrom, International Journal Of Machine Tools & Manufacture, Received 9 March 2005; Received In Revised Form 17 January 2006; Accepted 19 January 2006.

Cléber de Manoel , Alves Sampaio , Carlos Eduardo , Paulo Bianchi ve Aguiar de Roberto ,(2007) ,Grındıng Of Hardened Steels Usıng Optımızed Coolıng Rectıficado De Aceros Endurecudos Usando Zefrıgeracıon Optımızade, volume 16

Çerik V.,(2003), Tesviyecilik Meslek Teknolojisi Cilt II, Devlet Kitapları Baskısı,19-222

Demir H., (2003), Düzlem Taşlamada Taşlama Parametrelerinin Taşlama Kuvvetlerine ve Yüzey Kalitesine Etkilerinin incelenmesi, Doktora Tezi, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü,15-145 s.

Demir H.ve Güllü A., (1995), Silindirik Taşlamada Taşlama Parametreleriyle Yüzey Pürüzlülüğü ve Taşlama Oranı Arasındaki ilişkinin Araştırılması, G.Ü.

Demir H.ve Güllü A., (2000), Taşlamada Taşlama Parametrelerinin Etkisi, Makale, G.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Dergisi, Sayı 198, 1-10 s.

Demirayak İ., Çakır M. C., (2007), Kesme Parametreleri Ve Kaplama Tabakasının İş Parçası Yüzey Kalitesi Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi, IV. Makine Tasarım ve İmalat Teknolojileri Kongresi, Makine Mühendisleri Odası, Konya

Drew S.J. , Mannan M.A. ,Ong K.L. ve Stone J. ,(2001),The measurement of forces in grinding in the presence of vibration,International Journal of Machine Tools ve Manufacture,volume

Ercan F. ve Güllü A., (1994), Zımpara Taşlarının Bilenmesi ve Taşlama Verimliliği,G.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi, Teknoloji Dergisi, Sayı 84, 1-6 s.

Guo L.,Schone A.,Liu X. ve Ding X.(2009),Nonlınear Adaptıve Control Of Form Grinding Processes, Institute for Measurement, Control and Systems Engineering (IMRS),FB4, University of Bremen

Güllü A. , (1995), Silindirik Taşlamada İstenilen Yüzey Pürüzlülüğünü Elde Etmek İçin Taşlama Parametrelerinin Bilgisayar Yardımıyla Optimizasyonu, Doktora Tezi, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü,

Huang L., Chen J. C., (2001), A Multiple Regression Model To Predict In-Process Surface Roughness İn Turning Operation Via Accelerometer, Journal Of Industrial Technology, Volume 17, Number 2

Inasaki I. ,Karpuschewski B. , Lee H.S.,(1999) Department of System Design Engi neeri ng , Kei o University , Yo ko ha ma-s hi, Japan, Laboratory for Production Technology and Organisation, Delft University of Technology, the Netherlands, Department of Mechanical Engineering, Nihon University, Tokyo, Japan

Inasaki I. , (1999), Sensor Fusion for Monitoring and Controlling Grinding Processes, Int j Ady Manuf Technol, Volume 15, PP. 736

İşbilir F., (2006), Takım Ömrünün Sebep-Sonuç Diyagramları İle Açıklanması, Yüzey Pürüzlülüğü Ve Takım Ömrüne Etkili Faktörlerin Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara

Jinyuan T., Jin D., Yongping C.(2009), Modeling and experimental study of grinding forces in surface grinding, journal of materials processing technology 209

Ju K.H.,Kim H.S, Hong S.G. ve Park C.H. (2001), Monitoring of Grinding Wheel Wear in Surface Grinding Process by Using Laser Scanning Micrometer, International Journal of the Korean Society of Precision Engineering Vol. 2

Karpuschewski I. lnasaki, B. ,Lee H.-S. ,Grinding Chatter - Origin and Suppression

Kartal M. S., (2000), Alaşımsız çeliklerin CNC Torna Tezgahında İşlenmesinde Yüzey Pürüzlülüğü Ve Takım Aşınmasının Taguchi Yöntemiyle İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul

Kaya E., (2007), Silindirik Taşlamada Helisel Kanallı Taşların Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya

Kwak Jae-Seob, (2004),Application Of Taguchi And Response Surface Methodologies For Geometric Error In Surface Grinding Process,

Lally J.,(2001), Accelerometer selectıon consıderatıons charge and ıntegral electronic piezo electric, Tachinicial Note, Vibration Division

Lezanski P.,(2001). An İntelligent System For Grinding Wheel Condition Monitoring, Journal of Materials Processing Technology

Lı B.C,Ye B.C, Jıang Y.H ve Wang T.(2005), A Control Scheme for Grinding Based on Combination of Fuzzy and Adaptive Control Techniques, International Journal of Information Technology Vol. 11 No. 11

Liu Q.,Chen X.ve Gindy N.(2005), Fuzzy Pattern Recognition Of Ae Signals For Grinding Burn, School of Mechanical, Materials and Manufacturing Engineering, University of Nottingham, Nottingham NG7 2RD, UK

Manoel C. S. A.,Eduardo C. B., Paulo R. De A.,(2008), Grındıng Of Hardened Steels Usıng Optımızed Coolıng,Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, vol. 16 Nº 1 , pp. 195-202

Motorcu A., (2006), Ç1050, Ç4140 ve Ç52100 Çeliklerinin Farklı Takımlarla İşlenebilirliği Ve Modeller Geliştirilmesi, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara

Murad S. Samhouri and Brian W. Surgenor.,(2005), Surface Roughness In Grındıng: On-Lıne Predıctıon Wıth Adaptıve Neuro-Fuzzy Inference System, Department of Mechanical and Materials Engineering Queen's University Kingston, Ontario

Neşeli S., (2006), Tornalamada Takım Geometrisi Ve Tırlama Titreşimlerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya

Oksel, H.,Öztürk O.,Tunç, S.,Yardımcı, M.,(1991)"Motor Bölümü Yenileştirme Atelyesi İş ve İşlem Yaprakları", MEB Basımevi,İstanbul,1991

Orhunbilge N., (1996), Uygulamalı Regresyon Ve Korelasyon Analizi, Avcıol Basım, İstanbul

Özdemir A., Demir H. ve Güllü A.,(2003), Yüzey Pürüzlülüğü Ölçme Yöntemleri Ve Mukayesesi, Makale, Karaelmas Üniversitesi Karabük Teknik Eğitim Fakültesi,Teknoloji Dergisi, Sayı 86, 1-14 s.

Özdemir A., Demir H. ve Güllü A., 2003, Yüzey Pürüzlülüğü Ölçme Yöntemleri Ve Mukayesesi, Makale, Karaelmas Üniversitesi Karabük Teknik Eğitim Fakültesi,Teknoloji Dergisi, Sayı 86, 1-14 s.

Özkara H.,(2001), Teknik Resim, Özkara Yayıncılık, s 222.

Özkara H., (2002), Tesviyecilik Meslek Teknolojisi III, Milli Eğitim Yayınevi, 9-136 s.

Rowe W.B, Inasaki I. Ve Malkin S.(1994), Applications Of Artificial Intelligence İn Grinding,Volume43,PP.2

S.J. Drew ., M.A. Mannan ., K.L. Ong b and J. Stone.,(2001), The measurement of forces in grinding in the presence of vibration, International Journal of Machine Tools & Manufacture 41 ,509–520

Sak C.,(1986)"Genel Taşlamacılık",Yüksek Lisans Tezi,Marmara Üniversitesi, İstanbul

Salonitis K. ,Chondros, Chryssolouris T. G. ,(2007),Grinding Wheel Effect İn The Grind-Hardening Process,

Samhouri M. S. ve Surgenor Brian W.(2005), Surface Roughness In Grındıng: On-Lıne Predıctıon Wıth Adaptıve Neuro-Fuzzy Inference System, Department of Mechanical and Materials Engineering Queen's University Kingston, Ontario, Volume 33

Srivastava A.K., Yuen K.M. and Elbestawi M.A.(1992), Surface Finish İn Robotic Disk Grinding ,ınt.j. Tools manufact. Vol.32,no3,pp,297-279

Şahin Y., (2001), Talaş Kaldırma Prensipleri 2, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara

Tang J. , Du Jin ,Chen Y. ,(2007),Modeling and experimental study of grinding forces in surface grinding

Tekaüt İ., (2008), Takım Tezgahlarındaki Kesici Takım Titreşiminin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara Teknik Eğitim Fakültesi, Teknoloji Dergisi, Sayı 79, 1-11 s.

Tonshoff H. K., Friemuth T., Becker J. C. Process Monitoring İn Grinding, Institute of Production Engineering and Machine Tools, University of Hannover, Germany

Tönshoff H.K., Karpuschewski B. ve Regent C.(1999), Process Monitoring in Grinding Using Micromagnetic Techniques, Institute for Production Engineering and Machine Tools, University of Hannover, Hannover, Germany

Varga G, Balajti Z. ve Dudás I.(2005), Advantages of the CCD Camera Measurements for Profile and Wear of Cutting Tools, 3Department of Production Engineering, University of Miskolc, Egyetemvaros,Miskolc, H-3515, Hungary

Vishnupad P. ve Shin Y.(1998), Intelligent Optimization Of Grinding Processes Using Fuzzy Logic, School of Mechanical Engineering, Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA

Vural M., (2006), İML 401 İmalat Laboratuarı-1 Talaşlı İmalatta Yüzey Pürüzlülüğünün Tayini, Ders notları, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

Wang S.B,Wu C.F.(2006), Avoidance Of The Workpiece Burning By Using İmproved Bp Neural Network, Int J Adv Manuf Technol,Volume 28

Warren A. W. ve Guo Y. B. ,(2007)**,** Comparison Of Fatigue Life And Acoustic Emission Signals

www.atlantic-bonn.de (01.06.2010)

www.msxlabs.org (24.05.2010)

www.erpakademi.com(19.05.2010)

11. EKLER

Ek 1 : Deney Sonuçları

Deney No	Talaş derinliği a (mm)	İlerleme f(mm/dev)	İşin devri n(dev/dk)	Ra (µm)	Rz (µm)	a_z (mV/g)
1	0,01	0,2	175	0,2	1,65	1,1
2	0,01	0,2	225	0,19	1,58	1,18
3	0,01	0,2	275	0,13	1,53	1,2
4	0,01	0,4	175	0,22	1,86	1,16
5	0,01	0,4	225	0,2	1,79	1,2
6	0,01	0,4	275	0,18	1,57	1,29
7	0,01	0,6	175	0,27	2,09	1,21
8	0,01	0,6	225	0,24	1,97	1,16
9	0,01	0,6	275	0,19	1,64	1,24
10	0,05	0,2	175	0,24	1,98	1,17
11	0,05	0,2	225	0,22	1,67	1,33
12	0,05	0,2	275	0,2	1,66	1,13
13	0,05	0,4	175	0,25	2,15	1,22
14	0,05	0,4	225	0,23	1,86	1,25
15	0,05	0,4	275	0,19	1,67	1,07
16	0,05	0,6	175	0,27	2,14	1,35
17	0,05	0,6	225	0,23	1,96	1,27
18	0,05	0,6	275	0,22	1,95	1,02
19	0,1	0,2	175	0,29	2,55	1,17
20	0,1	0,2	225	0,29	1,74	1,17
21	0,1	0,2	275	0,19	1,7	1,2
22	0,1	0,4	175	0,27	2,42	1,24
23	0,1	0,4	225	0,2	1,82	1,07
24	0,1	0,4	275	0,22	1,68	1,24
25	0,1	0,6	175	0,29	2,46	1,12
26	0,1	0,6	225	0,22	1,92	1,11
27	0,1	0,6	275	0,2	1,77	1,31

Ek 2: Ra (Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü) İçin Regresyon Model Sonuçları

Deney No	Ra(µm)	I. deceden Ra	II. dereceden Ra	Logaritmik Ra
1	0,20	0,22755	0,217206	0,223105
2	0,19	0,19535	0,200366	0,187415
3	0,13	0,16315	0,183526	0,158917
4	0,22	0,23755	0,238321	0,234484
5	0,20	0,20535	0,220651	0,198794
6	0,18	0,17315	0,202981	0,170296
7	0,27	0,24755	0,277196	0,241141
8	0,24	0,21535	0,258696	0,20545
9	0,19	0,18315	0,240196	0,176952
10	0,24	0,24455	0,26465	0,250016
11	0,22	0,21235	0,24377	0,214326
12	0,20	0,18015	0,22289	0,185827
13	0,25	0,25455	0,268085	0,261395
14	0,23	0,22235	0,246375	0,225705
15	0,19	0,19015	0,224665	0,197206
16	0,27	0,26455	0,28928	0,268051
17	0,23	0,23235	0,26674	0,232361
18	0,22	0,20015	0,2442	0,203863
19	0,29	0,2658	0,305325	0,261605
20	0,29	0,2336	0,279395	0,225915
21	0,19	0,2014	0,253465	0,197417
22	0,27	0,2758	0,28666	0,272984
23	0,20	0,2436	0,2599	0,237294
24	0,22	0,2114	0,23314	0,208796
25	0,29	0,2858	0,285755	0,279641
26	0,22	0,2536	0,258165	0,24395
27	0,20	0,2214	0,230575	0,215452

Ek 3: Rz (Ortalama Pürüz Yüksekliği) İçin Regresyon Model Sonuçları

Deney No	Rz(µm)	I. deceden Rz	II. dereceden Rz	Logaritmik Rz
1	1,65	1,87805	1,716355	1,716355
2	1,58	1,64855	1,501055	1,501055
3	1,53	1,41905	1,490755	1,490755
4	1,86	1,98025	1,866965	1,866965
5	1,79	1,75075	1,648365	1,648365
6	1,57	1,52125	1,634765	1,634765
7	2,09	2,08245	2,052775	2,052775
8	1,97	1,85295	1,830875	1,830875
9	1,64	1,62345	1,813975	1,813975
10	1,98	1,99445	2,035475	2,035475
11	1,67	1,76495	1,712175	1,712175
12	1,66	1,53545	1,593875	1,593875
13	2,15	2,09665	2,127525	2,127525
14	1,86	1,86715	1,800925	1,800925
15	1,67	1,63765	1,679325	1,679325
16	2,14	2,19885	2,254775	2,254775
17	1,96	1,96935	1,924875	1,924875
18	1,95	1,73985	1,799975	1,799975
19	2,55	2,13995	2,358775	2,358775
20	1,74	1,91045	1,900475	1,900475
21	1,7	1,68095	1,647175	1,647175
22	2,42	2,24215	2,377625	2,377625
23	1,82	2,01265	1,916025	1,916025
24	1,68	1,78315	1,659425	1,659425
25	2,46	2,34435	2,431675	2,431675
26	1,92	2,11485	1,966775	1,966775
27	1,77	1,88535	1,706875	1,706875

Ek 4: a_z Titreşim İçin Regresyon Model Sonuçları

Deney No	Titreşim a_z (mV/g)	I. deceden a_z	II. dereceden a_z	Logaritmik a_z
1	1,08	1,0774	1,103678	1,056913
2	1,16	1,2504	1,237653	1,246824
3	1,4	1,4234	1,446628	1,398466
4	1,113	1,109	1,113278	1,09394
5	1,232	1,282	1,249053	1,283851
6	1,44	1,455	1,459828	1,435492
7	1,137	1,1406	1,158398	1,115599
8	1,334	1,3136	1,295973	1,30551
9	1,468	1,4866	1,508548	1,457151
10	1,16	1,1266	1,195248	1,140789
11	1,453	1,2996	1,337923	1,330701
12	1,52	1,4726	1,555598	1,482342
13	1,2	1,1582	1,207328	1,177816
14	1,32	1,3312	1,351803	1,367727
15	1,539	1,5042	1,571278	1,519369
16	1,216	1,1898	1,254928	1,199475
17	1,326	1,3628	1,401203	1,389387
18	1,555	1,5358	1,622478	1,541028
19	1,208	1,1881	1,19316	1,176913
20	1,249	1,3611	1,34671	1,366824
21	1,555	1,5341	1,57526	1,518466
22	1,216	1,2197	1,20834	1,21394
23	1,263	1,3927	1,36369	1,403851
24	1,587	1,5657	1,59404	1,555492
25	1,24	1,2513	1,25904	1,235599
26	1,461	1,4243	1,41619	1,42551
27	1,618	1,5973	1,64834	1,577151