

# TALAŞLI İMALAT YÖNTEMLERİYLE İMAL EDİLEN İŞ PARÇALARINDA YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN YÜKSEK HASSASİYETTE İĞNE UÇLU VE 3D OPTİK ÖLÇÜM SİSTEMLERİYLE DEĞERLENDİRİLMESİ

**Pınar DEMİRCİOĞLU**

*Yrd.Doç.Dr., Adnan Menderes Üniversitesi,  
Mühendislik Fakültesi,  
Makine Mühendisliği Bölümü,  
Aytepe-Aydın  
pınar.demircioglu@adu.edu.tr*

## ÖZET

Yüzey pürüzlülüğü, ürünlerin aşınma, sürtünme, geçme, kaydırma, sızdırmazlık, yorulma, elektriksel ve termal kontak gibi özelliklerini etkileyen önemli bir faktördür. Talaş kaldırarak imal edilen makine parçalarında elde edilen yüzey pürüzlülüğü, malzeme yapısının, seçilen işleme şartlarının ve yönteminin kesin bir göstergesi olmuştur. Yapılan araştırmalarda pürüzlülüğünün doğru olarak ölçülmesi ve üretim şekli için en uygun pürüzlülük ölçme yönteminin tercih edilmesi önemli bir adım olarak kabul edilmektedir. Bu çalışmada; meydana gelen pürüzlülüğün ölçülmesi veya kontrol edilmesinde, günümüzde en çok kullanılan yöntemlerden yüksek hassasiyette iğne uçlu ve 3D optik ölçüm sistemleri birbirleriyle mukayese edilmiştir.

Bu deneysel çalışmada, çeşitli geleneksel talaşlı imalat yöntemleriyle üretilmiş (tornalama, frezeleme, taşlama vs.) 15 adet düz yüzeyli iş parçası, aynı ölçüm şartları kullanılarak ölçülmüştür. Mühendislik yüzeylerinin biri yüksek hassasiyette iğne uçlu ve ikisi 3D optik ölçüm sistemleriyle yüzey pürüzlülük analizi yapılmıştır. Elde edilen veriler SPSS 15.0 (Veri analizi paket programı) kullanılarak istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve ISO (Uluslararası Standartlar Organizasyonu) standartlarında tanımlanan pürüzlülük parametrelerinden olan aritmetik ortalama pürüzlülük parametresi  $R_a$ 'nın ve maksimum pürüzlülük derinliği  $R_z$ 'in değerini, besleme (ilerleme) (F), yüzeylerin periyodikliği (P), malzeme tipi (M) ve yüzeylerin kontrastlığına (C) bağlı olarak veren birinci dereceden matematiksel model oluşturulmuştur. Bu çalışmanın hassas ölçme ve değerlendirme işlemleri Viyana Teknik Üniversitesi, İmalatta Değiştirilebilirlik ve Endüstriyel Metroloji Bölümü, Nanometroloji Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:**Yüzey metrolojisi, yüzey pürüzlülüğü, yüksek hassasiyette iğne uçlu ölçme sistemi, 3D optik ölçme sistemi

## Surface Roughness Assessment of Machined Metal Surfaces through the Stylus Type and Optical 3D High Precise Measurement Systems

## ABSTRACT

Surface roughness is an important factor affecting the product properties such as wear, adhesion, friction, leakage, fatigue, electrical and thermal contact resistance. Surface roughness of the machined parts manufactured by removing metal is a definite indicator of material structure, selected processing conditions and methods. Measuring surface roughness correctly and preferring the most suitable roughness measurement methods are regarded as a significant step in the researches performed. In this study, a precision tactile measurement profilometry and two optical type measurement instruments which are the techniques used predominantly nowadays were compared with each other in order to measure and inspect the roughness.

In this experimental study, fifteen pieces of workpiece with flat surfaces manufactured by various conventional machining processes (turning, milling, grinding etc.) were measured under the same measurement conditions. Surface roughness analysis of the engineering surfaces were carried out with a stylus type profilometer and Data of all roughness parameters obtained from the contact and the non-contact measurement instruments for each test have been analysed by using SPSS 15 (Statistical Package for Social Science) statistically and developing mathematical models for the two most important and commonly used roughness parameters  $R_a$  and  $R_z$  so that  $R_a = R_a(F, P, C)$  and  $R_z = R_z(F, P, C, M)$ , whereas F expresses feed, P periodicity, C contrast und M the type of material. The precise measurement and evaluation processes of this study have been carried out at Vienna University of Technology, Interchangeable Manufacturing and Industrial Metrology, Nanometrology Laboratory.

**Keywords :** Surface metrology, surface roughness, structure analysis, contact and non-contact measurement methods

Geliş tarihi : 06.01.2011  
Kabul tarihi : 15.02.2011

## GİRİŞ

**P**ürüzlülük, makine elemanını başka bir nesneden, maddeden veya alandan ayıran ve kendisini sınırlandıran yüzey üzerindeki sapmaları ifade etmektedir [1]. 1930'lu yıllarda metal yüzeylerinin pürüzlülük değerlendirilmesi, o yüzeye bakarak veya dokunarak yapılırdı. Yüzeyde yüksek yansıma varsa yüzey pürüzsüz olarak düşünülürdü. Bu tip değerlendirmenin ömrü pek uzun olmadı ve yüzeyler yüzey pürüzlülük parametreleriyle değerlendirilmeye başlandı. Yüzey kalitesini değerlendirmek ve parametrelere (matematiksel büyüklüklere) çevirmek için pürüzlülük ölçümleri yapıldı. Pürüzlülük ölçümünün doğru ve hassas yapılmasının yanında hangi pürüzlülük parametrelerinin kullanılacağına doğru tespiti ve bunların doğru değerlendirilmesi gerekir. Pürüzlülük ölçümünde kullanılan çok sayıda parametre mevcuttur. Pürüz yüksekliği için ortalama yükseklik, yüzey yapısında başrolü oynar [2].

Talaşlı imalatta yüzey pürüzlülüğü, son mamulde istenen yüzey kalitesinin sağlanması bakımından son derece önemlidir. Parçanın kullanım amacı, malzemesi, önceki imalat işlemleri (ısıtım işlemi vb.) son yüzey kalitesine etki eder. Her talaş kaldırma yönteminde elde edilebilecek yüzey kalitesi ve yüzey pürüzlülüğü derecesi farklıdır. Yüzey pürüzlülük değerinin doğru seçimi, malzeme, enerji ve işçilik maliyetlerine doğrudan etki eder. Hatalı seçilen bir yüzey pürüzlülük değeri, çoğu kez parçanın reddedilme gerekçesi olabilir.

Yüzey karakteristiklerinin ölçümü için önce “yüzey dokusu” ve “yüzey pürüzlülüğü” terimiyle ne kastedilmek istendiğini anlamak gereklidir. Herhangi bir yüzeyin geometrik şekli “yüzey dokusu” olarak tanımlanmaktadır. Bir yüzey dokusu genel olarak, pürüzlülük, dalgalanma ve şekil hatası şeklinde tanımlanan karakteristiklerden meydana gelmektedir. Geleneksel olarak bir yüzey dokusu nicelik bakımından ölçüldüğünde analiz edilen yalnızca pürüzlülüktür; dalgalanma ve şekil elemanları mekanik, elektriksel ve dijital olarak kaydedilen verilerden çıkartılmaktadır. Teknik yüzeylerin pürüzlülüğünü tanımlayabilmek için uluslararası tespit edilmiş olan pürüzlülük parametrelerinden faydalanılmaktadır [3].

## YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÖLÇME TEKNİKLERİ

İş parçalarının yüzeylerinin pürüzlülüğü sürtünmeyi, aşınma mukavemetini, yorulma dayanımını ve montaj parçalarının görüntülerini belirlemektedir. Buna rağmen çoğu zaman yeteri kadar tam ve doğru olarak tespit edilememektedir. Ayrıca zor muayene şartlarında veya yüzey pürüzlülüğünün kontrol edilemediği durumlarda yüzeylerin çok kere gereksiz

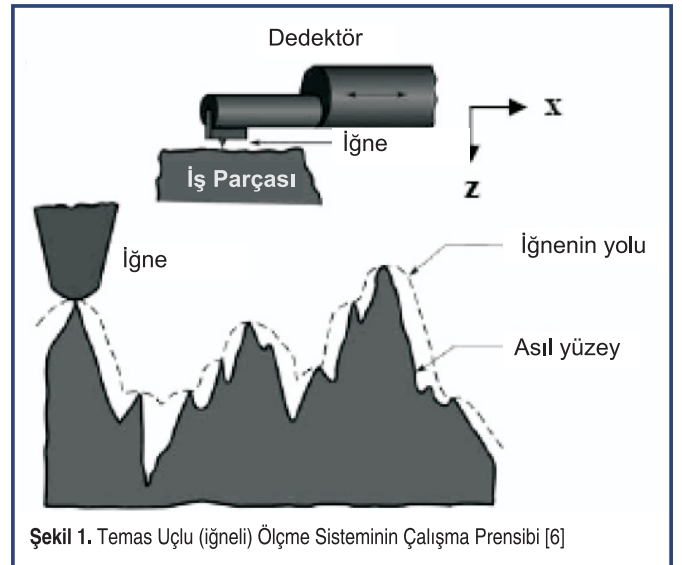
yere daha düzgün olması için çalışılmaktadır. Bunu önlemek için bir yüzeyin performansı hakkında yeterli bilgiye sahip olmak gerekmektedir. Standartlara uygun veriler ve uygun ölçme ve muayene metodlarının kullanımıyla gereksiz üretim sarfiyatı önleneyeceği gibi, kaliteyi düşürmeden ve işletme güvenliğini tehlikeye atmadan önemli ölçüde üretim maliyetinden tasarruf edilmiş olacaktır [4].

Yüzey pürüzlülüğünü değerlendirmek amacıyla pek çok cihaz ve teknik kullanılır. Temas uçlu (iğneli) ve 3D ışık-optik ölçüm sistemleri, mühendislik açısından en önemli olanlardır. Bu deneysel çalışmada, temas uçlu (iğneli) ölçüm sistemi ve 2 farklı 3D ışık-optik ölçüm sistemleri pek çok 2D yüzey pürüzlülük parametresi bakımından karşılaştırıldı [5].

## Temas Uçlu (İğneli) Ölçme Sistemi

İlk temas uçlu (iğneli) ölçme sistemi 1929 yılında G. Schmaltz tarafından yüzey dokusunun değerlendirilmesi için geliştirildi. Schmaltz'dan sonra sırasıyla 1936 yılında Dr. E. Abbot ve 1939 yılında Taylor Hobson yüzey ölçme teknolojisini ilerlettiler. Son yıllarda temas uçlu (iğneli) ölçme cihazları kullanılarak daha küçük yüzey pürüzlülük değerleri elde edilmektedir [3].

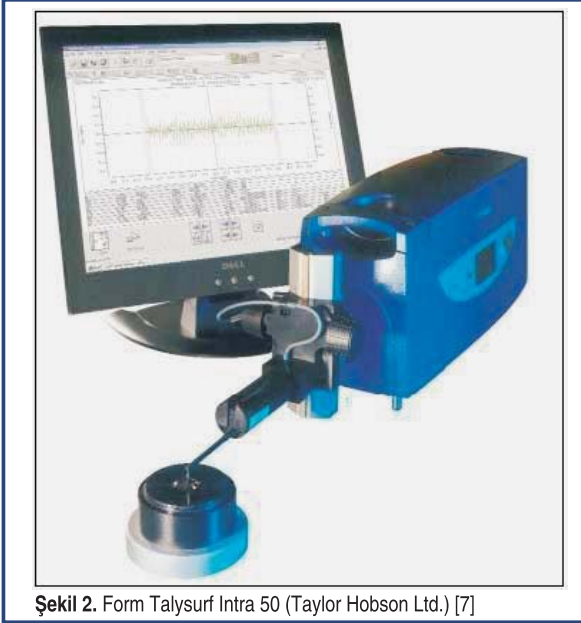
Dedektör, sürücü ünitesine bağlıdır, bir motor vasıtasıyla yatay olarak iş parçası üzerinde ileri geri hareketini yapar. Dedektörün parça üzerindeki yatay hareketi esnasında yüzey üzerindeki pürüzlüklere değen dedektöre bağlı elmas uçlu iğnenin dikey hareketinin oluşturduğu mekanik sapmaların sürücü ünitesi tarafından elektrik sinyallerine çevrilip yükseltilmesi; verilere göre filtrelenmesine, yüzey pürüzlülük parametrelerinin hesaplanmasına, ekranda gösterilmesine ve çıktısının alınmasına dayanır (Şekil 1). Dedektör ucundaki iğne maksimum z ekseninde 350 µm (+150 µm /-200 µm ve 0.01 µm çözünürlükte), x ekseninde 12,5 mm hareket



Şekil 1. Temas Uçlu (İğneli) Ölçme Sisteminin Çalışma Prensibi [6]

edebilmektedir. ( $1\mu\text{m}=0.001\text{ mm}$ ). Dedektör gidişi 0.25 veya 0.5 mm/s, dönüşü 1 mm/s'dir.

Bu deneysel çalışmanın temaslı yüzey pürüzlülüğü ölçüm işlemlerinde "Taylor Hobson" şirketine ait "Form Talysurf Intra 50" model cihazı kullanılmıştır. Cihaz 1mm ölçme alanında 16nm çözünürlüğe sahiptir. Cihazın fotoğrafı Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. Form Talysurf Intra 50 (Taylor Hobson Ltd.) [7]

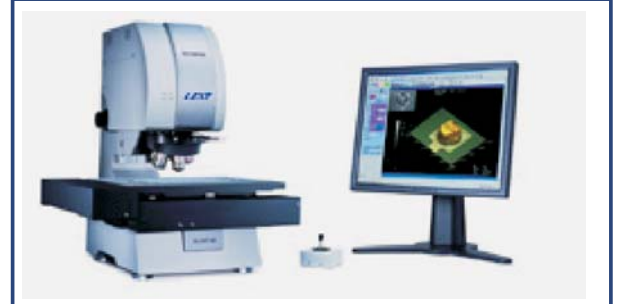
### 3D Işık-Optik Ölçme Sistemi

Bu deneysel çalışmada, biri "değiştirilebilir odak teknolojisi" mantığıyla temellendirilen yüksek çözünürlüklü 3D ışık-optik mikroskopu (Şekil 3), diğeri lazer taramalı konfokal mikroskopu (Şekil 4) kullanılmıştır.

Şekil 5'te 3D ışık-optik mikroskopun (infinite focus mikroskop) şematik şekli görülmektedir. Bu temassız yüzey ölçüm tekniği, koaksiyel beyaz ışık kullanır (diyagram: yeşil



Şekil 3. "Değiştirilebilir Odak Teknolojisi" Temassız Yüzey Ölçüm Cihazı (Infinite Focus Mikroskop) [8]



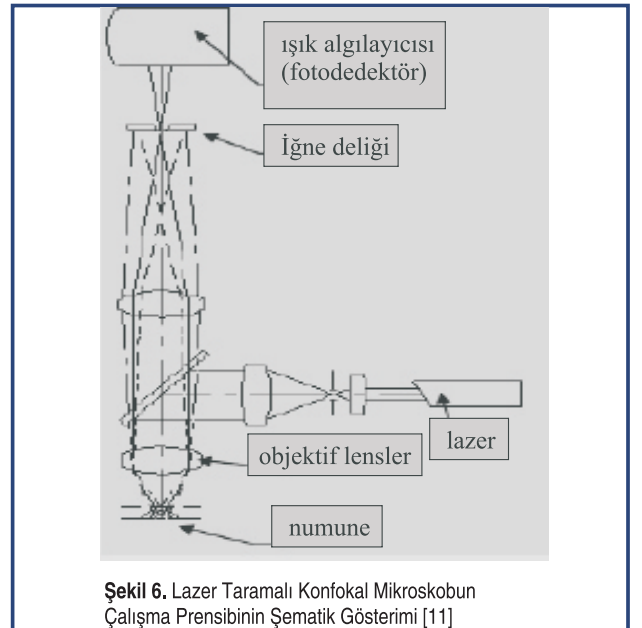
Şekil 4. LEXT OLS3100 (Olympus Imaging GmbH) [9]

ışık yolu). Numuneden yansıyan ışık hüzmeye bölücüsü sayesinde renkli bir dijital sensör üzerine yansıtılır (sarı ve kırmızı ışık yolları) (Şekil 5).

Şekil 6'da görülen lazer taramalı konfokal mikroskopun çalışma prensibine gelince, objektif lenslerle sistem lazer ışını çok küçük bir noktada hedef alır ve x-y yönlerinde numuneyi tarar, sonra ışık algılayıcısıyla numuneden bir ışık yakalar ve



Şekil 5. "Değiştirilebilir Odak Teknolojisi" Temassız Yüzey Ölçüm Cihazının (Infinite Focus Mikroskop) Çalışma Prensibinin Şematik Gösterimi [10]



Şekil 6. Lazer Taramalı Konfokal Mikroskopun Çalışma Prensibinin Şematik Gösterimi [11]

numunenin görüntüsünü ekrana verir. Yani, bir ışık demetiyle yüzeyin aydınlatılması sağlanarak, sayısal sistem ile yüzey görüntülenir ve veriler analiz edilmek üzere bilgisayara gönderilir. Sayısal veriler daha sonra bir korelasyon diyagramıyla birlikte kullanılarak gerçek pürüzlülük değerleri elde edilir.

## ÖLÇÜM ŞARTLARI

Bu deneysel çalışmadaki bütün ölçümlerde, 60mm stylus kol uzunluğu, izleyici uç kısmı sert metalden 60° ve 90°'lik 2µm çaplı koni biçiminde tepesi küresel elmas stylus uç büyüklüğü, 1mN kuvvet (hız = 1mm/s) ve Gauss filtresi kullanıldı [12]. ISO standartlarına göre değerlendirme uzunluğu 4mm ve örnekleme uzunluğu 0.8mm olarak belirlendi [13]. Bu çalışmada ölçülen bütün numunelerin, literatürde yüzey pürüzlülükleriyle ilgili olarak bilgisine en çok başvuru parametrelerinden  $R_a$ ; örnekleme boyu içinde mutlak ordinat değerlerinin aritmetik ortalaması  $R_z$ ; tek bir numune uzunluğu içindeki en yüksek tepe ile en derin vadi arasındaki mesafe ve periyodik profilli numunelerin değerlendirilmesinde kullanılan  $RS_m$ ; ölçüm uzunluğunda ana hat çizgisi üzerindeki profil tepeleri arasındaki ortalama uzaklık değerleri kontrol edilmiştir [14]. Ölçümler, temas uçlu (iğneli) ölçüm sistemi olan "Form Talysurf Intra 50" ve 3D ışık-optik ölçme sistemleri olan "InfiniteFocus" ve "LEXT OLS3100" tarafından laboratuvar şartlarında gerçekleştirilmiştir.

## UYGULAMALAR

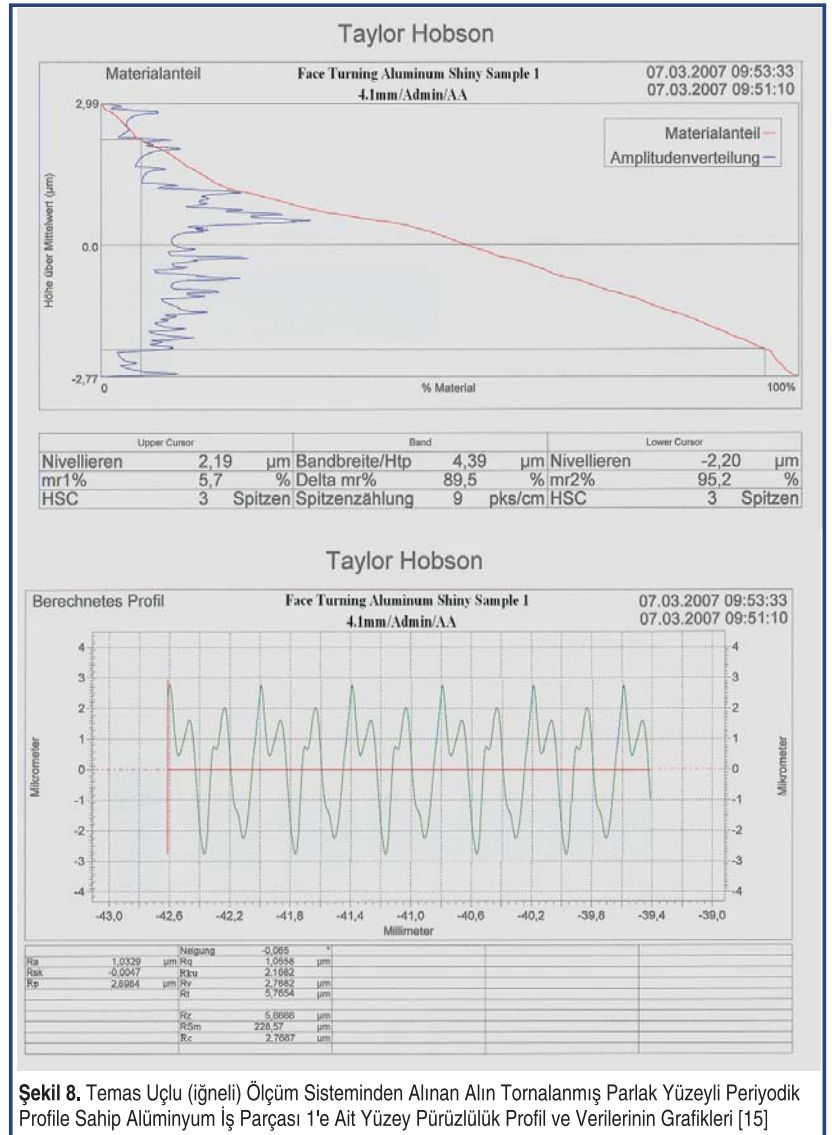
Bu deneysel çalışmada, farklı yüzey pürüzlülük sınıfına sahip, parlak ve mat yüzeyli, periyodik ve rastgele profile sahip 15 adet ölçüm numunesi kullanılmıştır. Aynı hizalama çizgisinde her bir ölçüm şartı için ard arda altı adet ölçüm yapılmıştır. Bu makalede, hem temas uçlu (iğneli) ölçüm sisteminden hem de 3D ışık-optik ölçme sistemlerinden alınan ölçüm neticeleri verilmiştir.

### Periyodik Profilli Numuneler

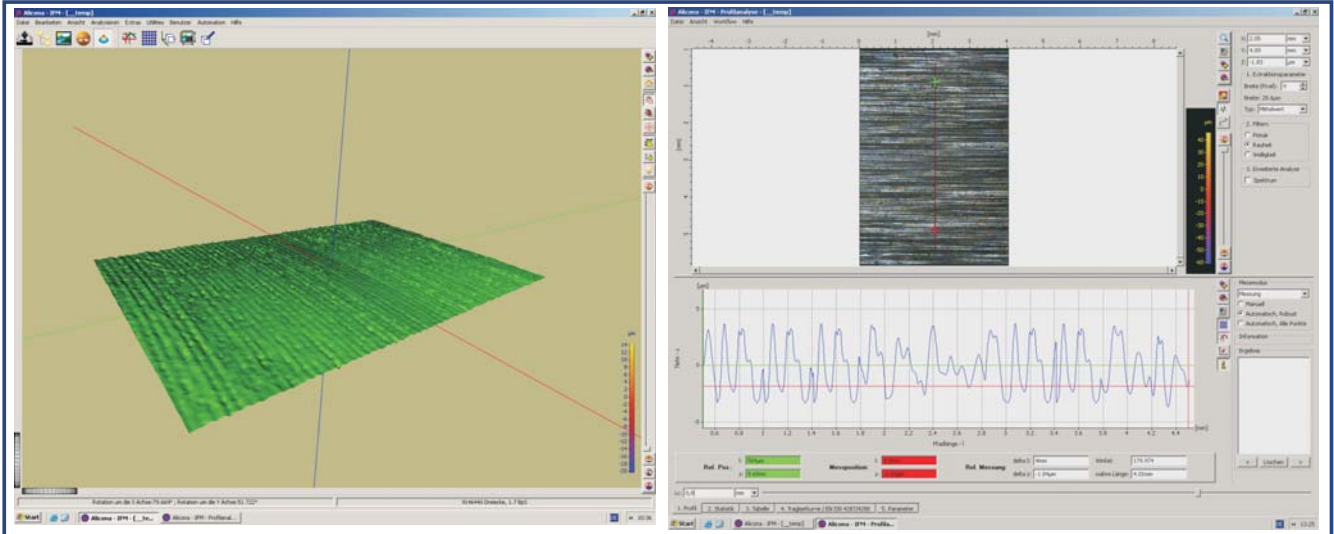
Üç adet alın tornalanmış parlak yüzeyli periyodik profile sahip alüminyum iş parçası, üç adet alın tornalanmış parlak yüzeyli periyodik profile sahip çelik iş parçası ve üç adet alın tornalanmış mat yüzeyli periyodik profile sahip çelik iş parçası, üç adet yüzey pürüzlülük ölçüm cihazıyla ölçülmüştür. Teması sistemden alınan alın tornalanmış parlak yüzeyli periyodik



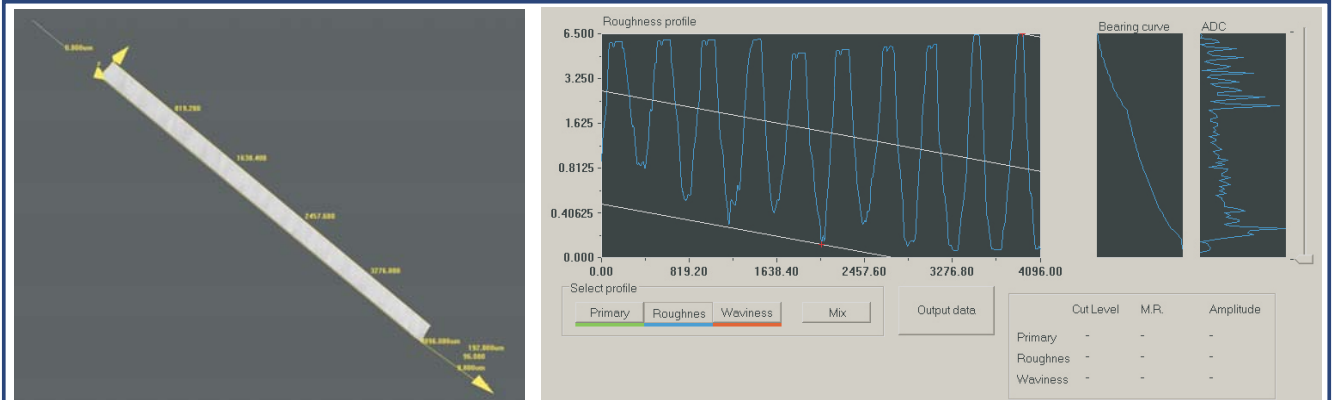
Şekil 7. Alın Tornalanmış Parlak Yüzeyli Periyodik Profile Sahip Alüminyum İş Parçası 1 [15]



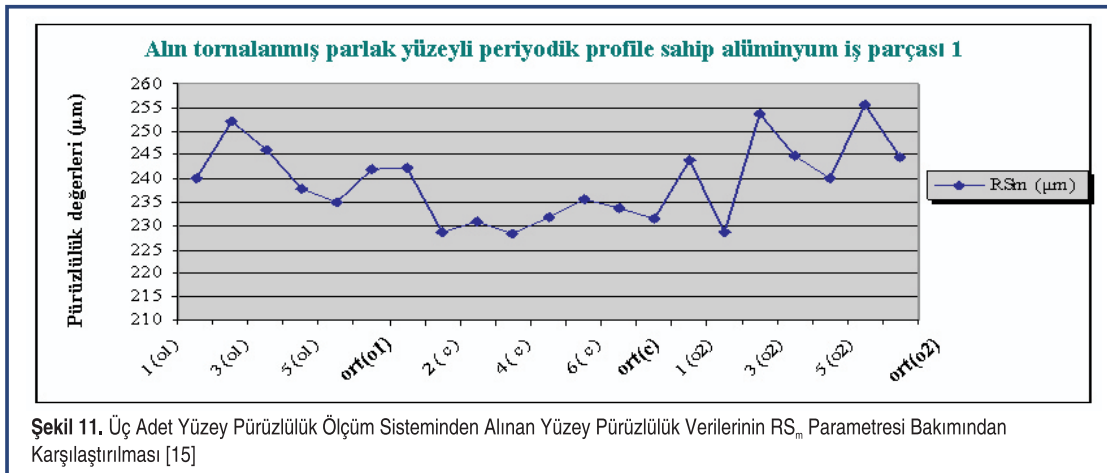
Şekil 8. Temas Uçlu (iğneli) Ölçüm Sisteminden Alınan Alın Tornalanmış Parlak Yüzeyli Periyodik Profile Sahip Alüminyum İş Parçası 1'e Ait Yüzey Pürüzlülük Profil ve Verilerinin Grafikleri [15]



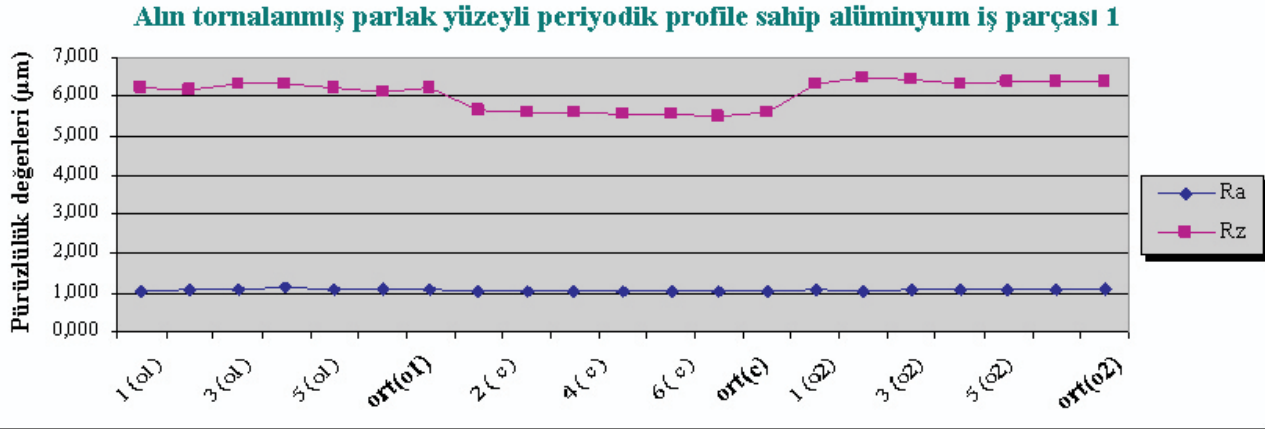
Şekil 9. InfiniteFocus 3D Işık-Optik Ölçme Sisteminden Alınan Alın Tormalanmış Parlak Yüzeyle Periyodik Profile Sahip Alüminyum İş Parçası 1'e ait 3D Modeli ve Yüzey Pürüzlülük Profili Grafikleri [15]



Şekil 10. LEXT OLS3100 Lazer Taramalı Konfokal Mikroskoptan Alınan Alın Tormalanmış Parlak Yüzeyle Periyodik Profile Sahip Alüminyum İş Parçası 1'e Ait 3D Modeli ve Yüzey Pürüzlülük Profili Grafikleri [15]



Şekil 11. Üç Adet Yüzey Pürüzlülük Ölçüm Sisteminden Alınan Yüzey Pürüzlülük Verilerinin RS<sub>m</sub> Parametresi Bakımından Karşılaştırılması [15]

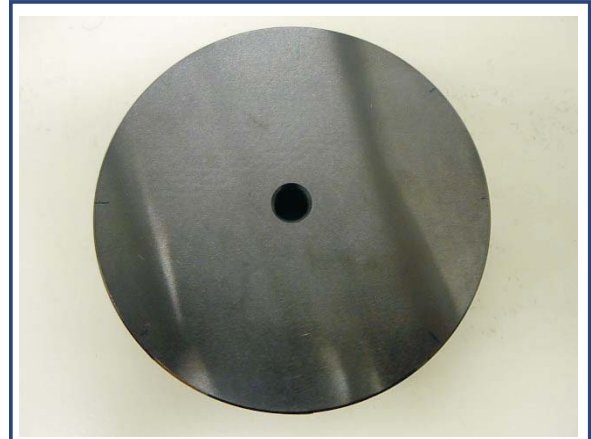


Şekil 12. Üç Adet Yüzey Pürüzlülük Ölçüm Sisteminden Alınan Yüzey Pürüzlülük Verilerinin  $R_a$  ve  $R_z$  Parametreleri Bakımından Karşılaştırılması [15]

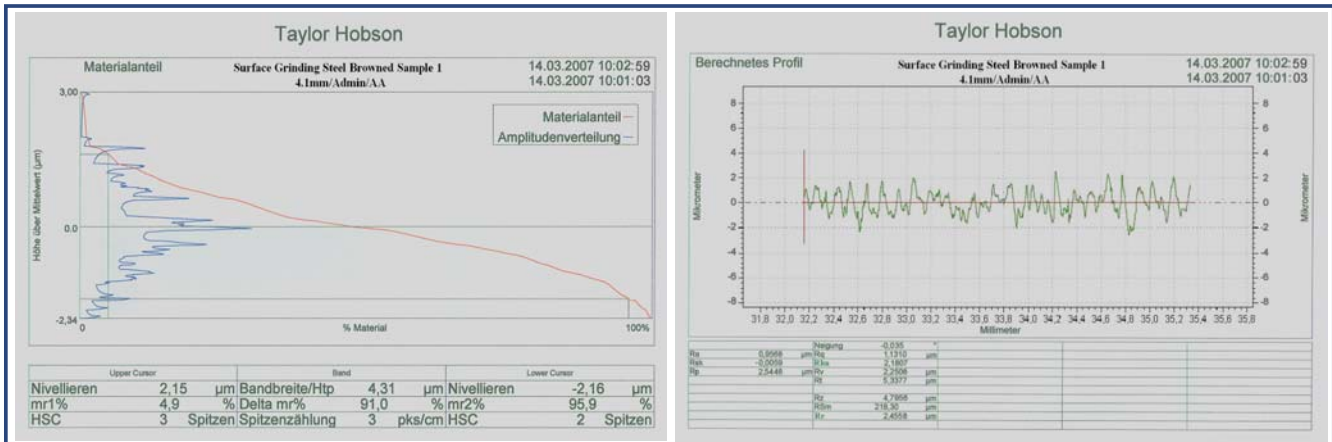
profile sahip alüminyum iş parçası 1'e (Şekil 7) ait yüzey pürüzlülük profil ve verilerinin grafikleri Şekil 8'de gösterilmiştir.

3D ışık-optik ölçüm sistemlerinden alınan alın tormalanmış parlak yüzeyli periyodik profile sahip alüminyum iş parçası 1'e ait yüzey pürüzlülük profilleri ve 3D modellerin grafikleri Şekil 9 ve 10'da gösterilmiştir.

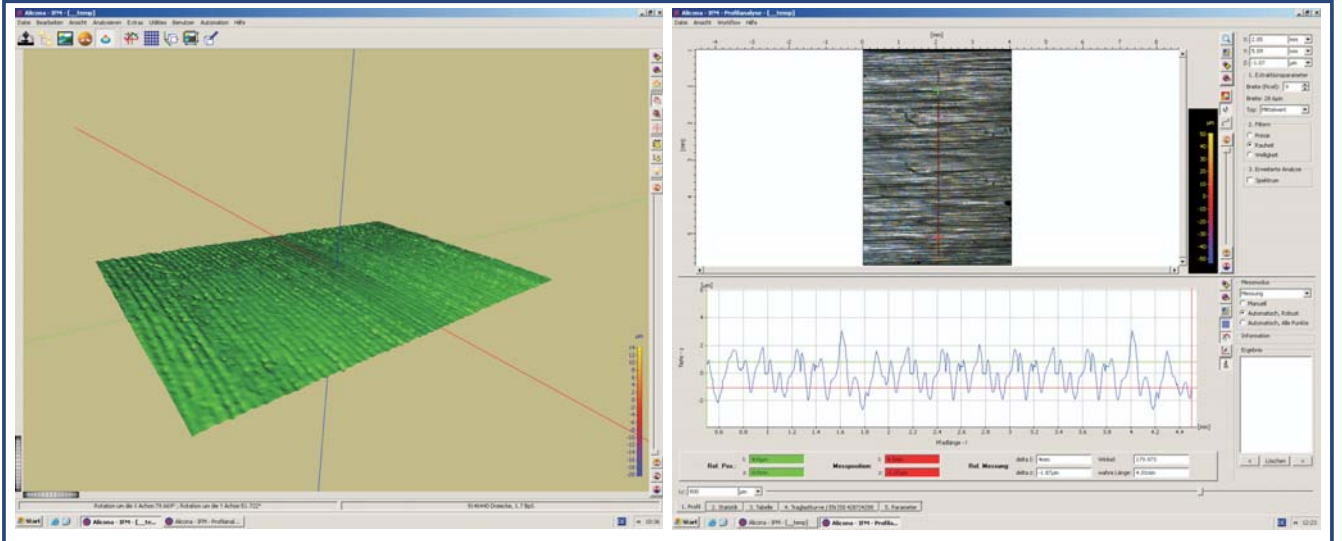
Üç adet yüzey pürüzlülük ölçüm sisteminden alınan periyodik profilli diğer ölçümü yapılacak numuneler gibi, alın tormalanmış parlak yüzeyli periyodik profile sahip alüminyum iş parçası 1'e ait yüzey pürüzlülük verilerinin karşılaştırılması ISO 4288: 1998'e göre  $R_a$  ve  $R_z$  parametrelerinin yanında  $RS_m$  parametresi bakımından da yapıldı (Şekil 11 ve Şekil 12) [13]. Şekillerde kullanılan o1; InfiniteFocus 3D ışık-optik ölçme sistemini, o2; LEXT OLS3100 lazer taramalı konfokal mikroskop ve c; Form Talysurf Intra50 temas uçlu (iğneli) ölçüm sistemini temsil etmektedir.



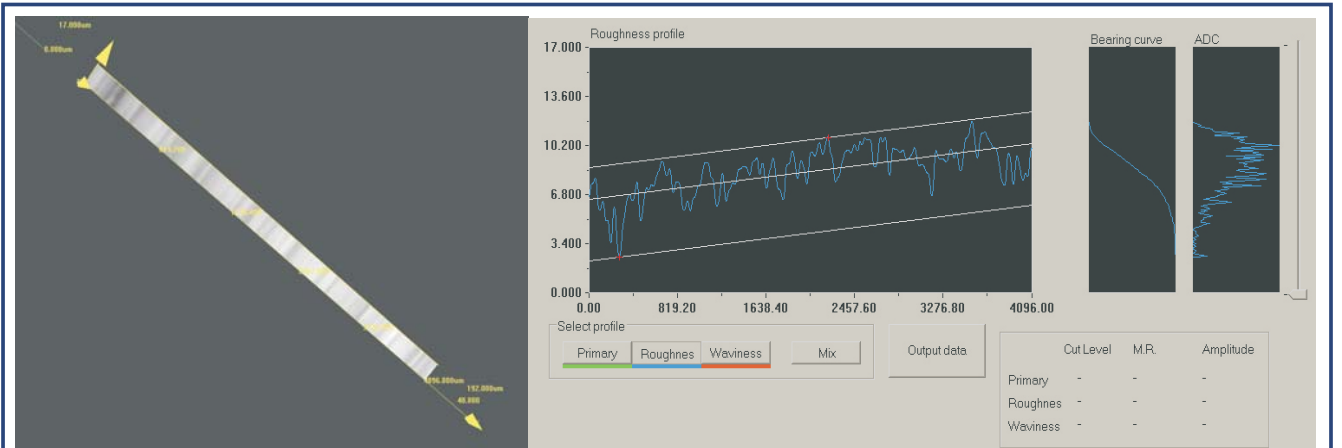
Şekil 13. Yüzey Taşlanmış Mat Yüzeyli Rastgele Profile Sahip Çelik İş Parçası 1 [15]



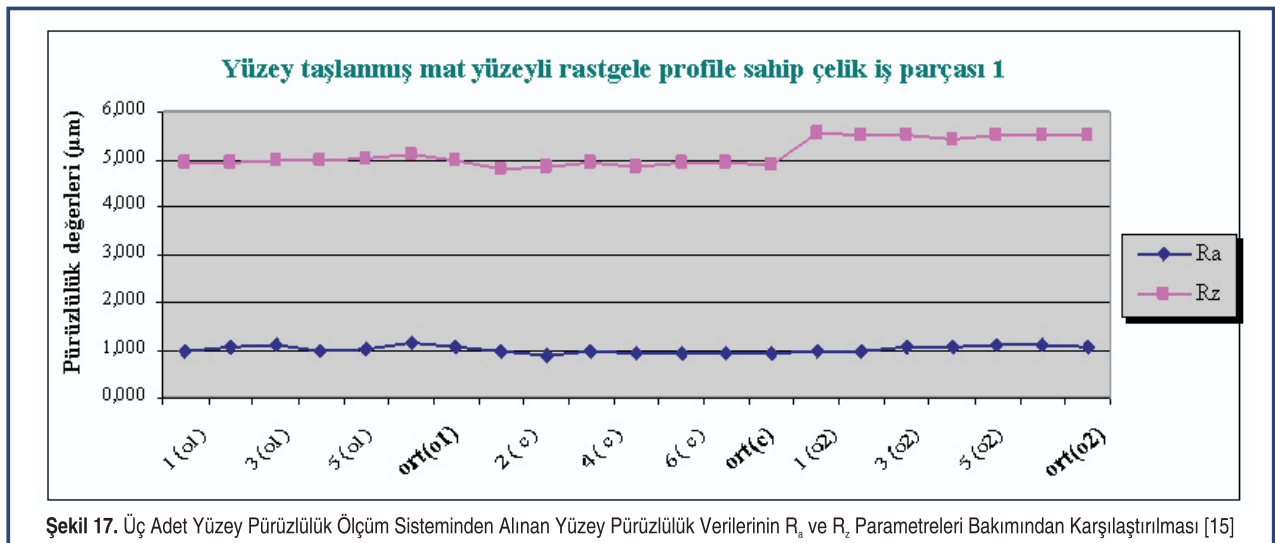
Şekil 14. Temas Uçlu (iğneli) Ölçüm Sisteminden Alınan Yüzey Taşlanmış Mat Yüzeyli Rastgele Profile Sahip Çelik İş Parçası 1'e Ait Yüzey Pürüzlülük Profil ve Verilerinin Grafikleri [15]



Şekil 15. InfiniteFocus 3D Işık-Optik Ölçme Sisteminden Alınan Yüzey Taşlanmış Mat Yüzeyli Rastgele Profile Sahip Çelik İş Parçası 1'e Ait 3D Modeli ve Yüzey Pürüzlülük Profili Grafikleri [15]



Şekil 16. LEXT OLS3100 3D Işık-Optik Ölçme Sisteminden Alınan Yüzey Taşlanmış Mat Yüzeyli Rastgele Profile Sahip Çelik İş Parçası 1'e Ait 3D Modeli ve Yüzey Pürüzlülük Profili Grafikleri [15]



Şekil 17. Üç Adet Yüzey Pürüzlülük Ölçüm Sisteminden Alınan Yüzey Pürüzlülük Verilerinin  $R_a$  ve  $R_z$  Parametreleri Bakımından Karşılaştırılması [15]

### Rastgele (Stohastik) Profilli Numuneler

İki adet yüzey taşlanmış mat yüzeyli rastgele profile sahip çelik iş parçası, iki adet çevresel frezelenmiş mat yüzeyli rastgele profile sahip çelik iş parçası ve iki adet alın frezelenmiş mat yüzeyli rastgele profile sahip çelik iş parçası, üç adet yüzey pürüzlülük ölçüm cihazıyla ölçülmüştür. Temaslı sistemden alınan yüzey taşlanmış mat yüzeyli rastgele profile sahip çelik iş parçası 1'e (Şekil 13) ait pürüzlülük profil ve verilerinin grafikleri Şekil 14'te gösterilmiştir. 3D optik ölçüm sistemlerinden alınan yüzey taşlanmış mat yüzeyli rastgele profile sahip çelik iş parçası 1'e ait pürüzlülük profilleri ve 3D modellerin grafikleri Şekil 15 ve 16'da gösterilmiştir.

Üç adet yüzey pürüzlülük ölçüm sisteminden alınan yüzey pürüzlülük verilerinin karşılaştırılması, rastgele profilli numuneler göz önüne alındığında  $R_a$  ve  $R_z$  parametreleri bakımından yapıldı (Şekil 17).

## SONUÇLAR

Bu deneysel çalışmada, farklı yüzey pürüzlülük sınıfına sahip, parlak ve mat yüzeyli, periyodik ve rastgele profile sahip 15 adet ölçüm numunesi kullanılmıştır. Ölçümlerin sonucunda dokuz adet periyodik ve altı adet rastgele profile sahip iş parçasının yüzey pürüzlülük ölçüm değerlerinin karşılaştırılabilirliği araştırıldı. Elde edilen veriler SPSS 15.0 veri analiz paket programı kullanılarak istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve ISO standartlarında tanımlanan yüzey pürüzlülük parametrelerinden olan aritmetik ortalama pürüzlülük parametresi  $R_a$ 'nın ve maksimum pürüzlülük derinliği  $R_z$ 'in değerini, besleme (ilerleme) (F), yüzeylerin periyodikliği (P), malzeme tipi (M) ve yüzeylerin

kontrastlığına (C) bağlı olarak veren birinci dereceden matematiksel model oluşturulmuştur (1; 2).

Ölçüm verileri, bilgisayar ortamında istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Her test için veriler regresyon analizi yardımıyla değerlendirildi. Regresyon analizi üç ölçüm sisteminin arasındaki ilişkileri ölçmek için kullanılır. Üç adet yüzey pürüzlülüğü ölçüm sistemleri arasındaki farkı değerlendirmek için %95 güvenle t-testi ve tek yönlü varyans analizi (one-way ANOVA) yapıldı. Hangi ölçüm sisteminin diğerlerinden önemli ölçüde daha farklı olduğunu belirlemek için de çoklu karşılaştırma testi (Post-Hoc test) uygulandı.

$R_a$  bağımlı değişkeninin değerini en iyi tahmin eden birkaç bağımsız değişkeni (besleme, periyodiklik, malzeme tipi, kontrast ve imalat yönteminin tipi vb.) içeren lineer denklem katsayıları aşağıdaki tabloda görülmektedir (Tablo 1).

Tablo 1.  $R_a$  bağımlı değişkeninin değerini en iyi tahmin eden birkaç bağımsız değişkeni (besleme, periyodiklik, malzeme tipi, kontrast ve imalat yönteminin tipi vb.) tahmin eden lineer denklemin katsayıları [15].

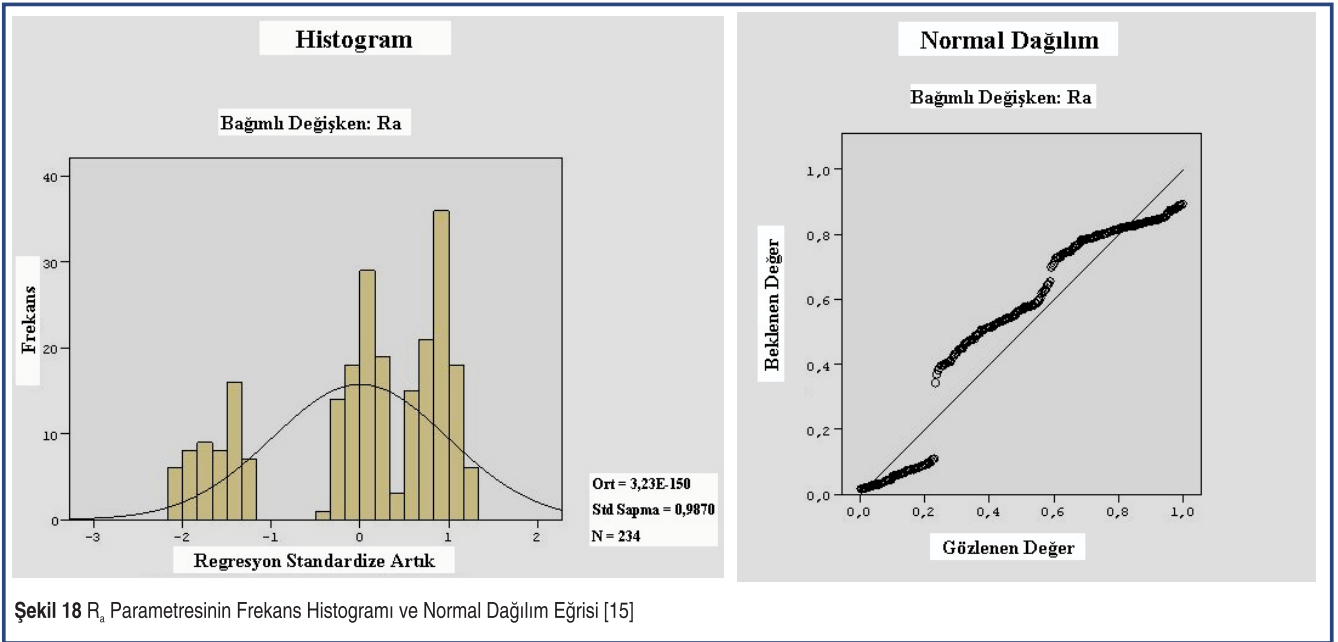
Tablo 1'e göre,  $R_a$  parametresi, bağımsız değişkenler olarak periyodiklik, malzeme tipi, kontrast, imalat yönteminin tipi, besleme ve makine tipine bağlı ama  $R_a$  parametresinin değerini en iyi bağımsız değişken olarak besleme, periyodiklik ve kontrast tahmin etti.  $R_a$  parametresinin lineer denklemi ve frekans histogramı ile normal dağılım eğrisi aşağıdadır (F; besleme, P; periyodiklik ve C; kontrastlık).

$$R_a = -1.314 + 9.097^* F + 1.279^* P - 0.188^* C \quad (1)$$

Katsayılar (a)						
Model		Standartlaştırılmamış katsayılar		Standartlaştırılmış katsayılar	t	Anlamlılık
		B	Std. Hata	Beta		
1	(Sabit)	-1,314	0,244		-5,396	0,000
	Periyodik yüzey profili	1,279	0,283	0,234	4,525	0,000
	Malzeme tipi	0,059	0,087	0,010	0,680	0,497
	Kontrast	-0,188	0,087	-0,037	-2,166	0,031
	İmalat yönetiminin tipi	-0,024	0,106	-0,011	-0,227	0,821
	Besleme	9,097	0,124	1,097	73,633	0,000
	Makine tipi	-0,025	0,036	-0,008	-0,687	0,493

a. Bağımlı Değişken :  $R_a$





Şekil 18  $R_z$  Parametresinin Frekans Histogramı ve Normal Dağılım Eğrisi [15]

$R_z$  bağımlı değişkeninin değerini en iyi tahmin eden birkaç bağımsız değişkeni (besleme, periyodiklik, malzeme tipi, kontrast ve imalat yönteminin tipi vb.) içeren lineer denklemin katsayıları aşağıdaki tabloda görülmektedir (Tablo2).

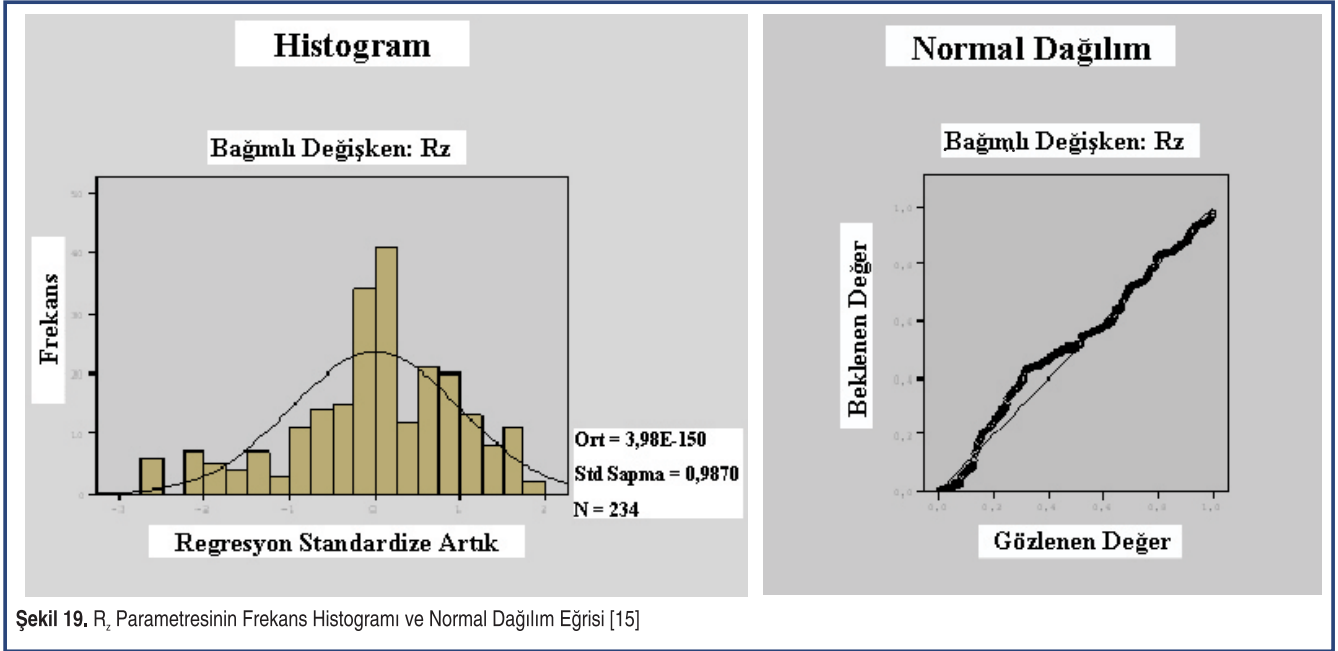
Tablo 2.  $R_z$  bağımlı değişkeninin değerini en iyi tahmin eden birkaç bağımsız değişkeni (besleme, periyodiklik, malzeme tipi, kontrast ve imalat yönteminin tipi vb.) tahmin eden lineer denklemin katsayıları [15].

Tablo 2'e göre,  $R_z$  parametresi, bağımsız değişkenler olarak periyodiklik, malzeme tipi, kontrast, imalat yönteminin tipi, besleme ve makine tipine bağlı ama  $R_z$  parametresinin değerini en iyi bağımsız değişken olarak besleme, periyodiklik, kontrast ve malzeme tipi tahmin etti.  $R_z$  parametresinin lineer denklemini ve frekans histogramı ile normal dağılım eğrisi aşağıdadır (F; besleme, P; periyodiklik ve C; kontrastlık).

$$R_z = -3.258 + 38.059 * F + 4.495 * P + 0.906 * M - 1.500 * C \quad (2)$$

Katsayılar (a)						
Model		Standartlaştırılmamış katsayılar		Standartlaştırılmış katsayılar	t	Anlamlılık
		B	Std. Hata			
1	(Sabit)	-3.258	,960		-3,395	.001
	Periyodik yüzey profili	4.495	1.113	.194	4.038	.000
	Malzeme tipi	.906	.342	.036	2,648	.009
	Kontrast	-1.500	.342	-.070	-4,386	.000
	İmalat yönetiminin tipi	.067	.419	.007	.159	.874
	Besleme	38.059	.487	1,082	78,203	.000
	Makine tipi	-.051	.142	-.004	-.357	.721

a. Bağımlı Değişken :  $R_z$



Şekil 19. Rz Parametresinin Frekans Histogramı ve Normal Dağılım Eğrisi [15]

## GENEL DEĞERLENDİRME

Bu deneysel çalışmada, yüksek hassasiyette iğne uçlu ölçme cihazı ve 3D optik ölçüm sistemleri kapasiteleri bakımından karşılaştırıldı. Böylece, her iki ölçüm sistemi kullanılarak pek çok ölçüm yapıldı. Bu çalışma için çeşitli geleneksel talaşlı imalat yöntemleriyle üretilmiş (tornalama, frezeleme, taşlama vs.) ISO standartlarına göre belirlenmiş  $R_a$  pürüzlülük değerlerine karşılık gelen 12 çeşit pürüzlülük sınıf numaralarından farklı yüzey pürüzlülük sınıfına sahip, parlak ve mat yüzeyli, periyodik ve rastgele profile sahip 15 adet iş parçası kullanılmıştır. Her bir iş parçası yüzeyi üzerinde altı farklı ölçüm yapılmıştır. Mühendislik yüzeylerinin biri yüksek hassasiyette iğne uçlu ölçme cihazı ve ikisi 3D optik ölçüm sistemleriyle yüzey pürüzlülük analizi yapılmıştır.

Ölçümlerin sonucunda, hem iğne uçlu ölçme cihazından hem de 3D ışık-optik ölçüm sistemlerinden alınan ölçüm neticeleri birbirleriyle oldukça tutarlı sonuçlar verdi. Ancak, taşlama, honlama gibi hassas imalat yöntemleriyle üretilmiş yansıtıcı özelliği çok iyi olan yüzeylerinin ve tahribat görmüş iş parçalarının yüzeylerinin ölçülmesinde temas uçlu (iğneli) ve 3D ışık-optik ölçüm sistemlerinden alınan verilerde önemli farklar kaydedildi. Bunun sebebi temas uçlu (iğneli) ölçüm sistemi, bu tip hassas imalat yöntemleriyle işlenmiş yüzeyleri sanki düz bir çizgi gibi değerlendirmesidir. Hâlbuki optik ölçüm sistemlerinde lazer ile yüzeye tamamen nüfuz edilebildiği için yüzeye ait çok detaylı yükseklik bilgisi çıkarılabilmektedir. Böylece temaslı sistemden alınan ölçüm neticeleri optik sistemlere kıyasla daha düşük değerler vermektedir. Bu noktada geometrik formu sayesinde bir ışık demetiyle kıyaslanınca iğnenin yetersizliği yadsınamaz bir

gerçektir. Elbette ki bugünün teknolojisinde hiçbir stylus (iğne) bir ışık demetinin kalınlığına ulaşamaz.

Bu deneysel çalışmada, ölçüm verilerine dayalı olarak aritmetik ortalama pürüzlülük parametresi  $R_a$ 'nın değerini veren birinci dereceden matematiksel model elde edildi. İstatistiksel analiz neticesinde  $R_a$ 'nın değerinin, besleme (ilerleme) (F), yüzeylerin periyodikliği (P) ve yüzeylerin kontrastlığına (C) bağlı olarak büyük ölçüde değişim gösterdiği anlaşıldı.

Temas uçlu (iğneli) ölçüm sistemi yükseklik bilgisi verir, buna karşın optik sistemler alan bilgisi verir. Temas uçlu (iğneli) ölçüm sistemiyle yapılan ölçümün 2 boyutlu olması 3D ışık-optik ölçüm sistemine kıyasla bir dezavantaj teşkil etti. İğne uçlu sistemde değerlendirme uzunluğu 0.4 ile 40 mm arasındadır. Yani yüzeyin küçük bir alanı taranmaktadır. İğne ucunun geometrisi ölçüm sonuçlarını etkiler. Çok keskin pürüzler, çatlaklar, küçük gözenekler tespit edilemediğinden belli bir hata oluşmaktadır. Buna rağmen optik prob yardımıyla hassas inceleme yapılabilmesiyle optik sistem iğne uçlu sisteme bir avantaj sağladı. Temas uçlu (iğneli) sistemde cihazın çalışması sürecinde duraklama yapılmasını gerektirmektedir. Bunun yanında yumuşak bir malzemenin ölçümü söz konusu olduğunda sivri uçlu elmas iğne yüzeyde mikro çizikler oluşturabilmektedir.

Sonuçta, dokunmayla yapılan ölçme tekniklerinin aksine optik ölçme metotları son derece yüksek doğruluk, güvenilirlik ve kullanım kolaylığı sağlamaktadırlar. Dokunmatik ölçüm cihazlarında, iğne ucun yüzeyle temasından dolayı küresel geometrilerde doğru sonuçların alınması çoğu kez mümkün olamamaktadır. İğne ucun eğri

üzerinden kayma eğilimi içerisinde olması yanlış sonuçlar alınmasına sebep olacaktır. Yüzeyde optik olarak yapılan ölçme işlemi ise bu yanlışlıkları ortadan kaldıracaktır.

## KAYNAKÇA

1. ISO 14660-1 (1999) Geometrical Product Specifications (GPS) Geometrical features Part 1: General Terms And Definitions.
2. Durakbasa, M.N., Afjehi-Sadat, A., Nomak, A. 2001. "Dimensional and Geometrical Measurement and Interpretation of Measuring Results on the Basis of the Skin Model". 3rd International Conference Measurement, Measurement Science Review, Bratislava, Slovakia, vol.1, no. 1, p. 14-17.
3. Smith, G.T. 2002. Industrial Metrology: Surfaces and Roundness. Springer Verlag, ISBN 1-85233-507-6, 4/336.
4. Durakbasa, M.N. "TQM und Präzisionsmesstechnik in der Rechnerintegrierten Produktion." Tagungsband: Nanotechnologie-Nanometrologie. Herausgeber: Technische Universität Brno, p. 31-36.
5. Durakbasa, M.N., Osanna, P.H., Aksoy, P. 2007. "Characterization and Analysis of High-Precise Surface Structures by Contact and Non-contact Methods," The First Conference ERIN, Faculty of Mechanical Engineering in Bratislava, Slovakia, April 25-26, p.61.
6. Blunt, L., Stout, K.J. 2000. Three-dimensional Surface Topography. ISBN 1857180267, Penton Pres, London.
7. "Precision News" retrieved July 15, 2008. www.taylor-hobson.com.
8. "Evaluation of Roughness Accuracy" retrieved July 15, 2008. www.alicon.com.
9. "Konfokales Laser-Scanning-Mikroskop LEXT" retrieved July 15, 2008. www.olympus.de/microscopy/26\_LEXT.htm.
10. Danzl, R., Helml, F., Scherer, S. 2009. "Focus Variation A New Technology for High Resolution Optical 3D Surface Metrology," The 10th International Conference of the Slovenian Society for Non-Destructive Testing, Application of Contemporary Non-Destructive Testing in Engineering, September 1-3, Ljubljana, Slovenia.
11. http://www.leedsmicro.com/LEXT.asp
12. ISO 3274 (1996) Geometrical Product Specification (GPS) Surface texture: Profile method Nominal characteristics of contact stylus instruments. Tcor 1: 1998.
13. ISO 4288 (1996) Geometrical Product Specifications (GPS) Surface texture: Profile method - Rules and procedures for the assessment of surface texture. Tcor 1: 1998.
14. Beck, H.C., Pleul R. Methods for selecting function-relevant surface characteristics: TEQ Technologietransfer & Qualitätssicherung GmbH, Chemnitz, Institut für Mangement und Fertigungsmesstechnik.
15. Demircioğlu, P. 2010. Comparison of Stylus and Optical Methods: Evaluation of High Precision Surface Structures and their Mathematical Modeling with the Help of Statistical Techniques, ISBN: 978-3838390215, 376p., LAP LAMBERT Academic Publishing, Germany.

<http://omys.mmo.org.tr/muhendismakina/>

TMMOB MAKİNA MÜHENDİSLERİ ODASI

Mühendis ve Makina Dergisi

Online Makale Yönetimi



| ANA SAYFA (GİRİŞ SAYFASI) |

YAZAR

HAKEM

EDİTÖR

» HOŞGELDİNİZ

YAZAR GİRİŞİ

e-Posta :

Şifre :

[Yeni Kullanıcı](#) | [Şifremi Unuttum](#)

MÜHENDİS VE MAKİNA DERGİSİ'ne makale gönderebilmek için sisteme kayıt olmanız gerekmektedir. Kayıt olabilmek için sol kısımda yer alan [Yeni Kullanıcı] bağlantısına tıklayınız.

Daha önce kayıt olduysanız, e-posta adresiniz ve şifrenizi girmeniz yeterlidir.

Şifrenizi hatırlamıyorsanız, şifrenizin e-posta adresinize gönderilebilmesi için [Şifremi Unuttum] bağlantısına tıklayınız.

Sistemle ilgili sorularınızı [yavin@mmo.org.tr](mailto:yavin@mmo.org.tr) e-posta adresine gönderebilirsiniz.