

169825

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SÜRTÜNMEYE DAYALI MİL GÖBEK BAĞLANTI ŞEKİLLERİNDEN SIKI  
GEÇMELERDE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN ÖNEMİ**

**Alpan SEVÜK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

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

**SÜRTÜNMEYE DAYALI MİL GÖBEK BAĞLANTI ŞEKİLLERİNDEN SIKI  
GEÇMELERDE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN ÖNEMİ**

**Alpan SEVÜK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**2005**

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SÜRTÜNMEYE DAYALI MİL GÖBEK BAĞLANTI ŞEKİLLERİNDEN SIKI  
GEÇMELERDE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN ÖNEMİ

Alpan SEVÜK

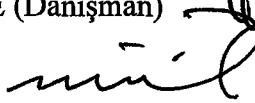
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez, 21.09.2005 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından (75) not takdir edilerek Oybirliği/ Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Hikmet RENDE (Danışman)

Prof. Dr. Narin ÜNAL

Prof. Dr. Alper GÜLSÖZ



**ÖZET**  
**SÜRTÜNMEYE DAYALI MİL GÖBEK BAĞLANTI ŞEKİLLERİNDEN SIKI**  
**GEÇMELERDE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN ÖNEMİ**

**Alpan SEVÜK**

Danışman: Prof. Dr. Hikmet RENDE  
Yüksek Lisans Tezi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı  
Eylül 2005, 82 Sayfa

Bu çalışmada özellikle otomotiv ve pompa sektöründe kullanılan mil göbek çiftlerinden olan sıkı geçmelerin montaj öncesi ve sonrası yüzey pürüzlerinin kırılma durumları incelenmiştir. Hazırlanan numuneler, kuvvet kullanılmadan, metallerin ısı genleşmesinden faydalanılarak monte edilmiş ve aynı şekilde demonte edilerek yüzey pürüzlülük durumları incelenmiştir.

Çalışma sonucunda eksenel pres geçmelerde, radyal pres geçmelere oranla yüzey pürüzlerinin %15 - %20 daha fazla kırıldığı görülmüştür. Bu durum, iletilecek momentin hesaplanmasında ve geçmenin tekrar montajında önemli rol oynamaktadır.

**ANAHTAR KELİMELEER:** Sıkı geçme, yüzey pürüzlülüğü, radyal pres geçmeler, eksenel pres geçmeler

**JÜRİ:** Prof. Dr. Hikmet RENDE

Prof. Dr. Narin ÜNAL

Prof. Dr. Alper GÜLSÖZ

**ABSTRACT**  
**IMPORTANCE OF THE SURFACE ROUGHNESS IN THE INTERFERENCE**  
**FIT OF THE FRICTION BASED SHAFT HOLE MATES**

**Alpan SEVÜK**

Advisor: Prof. Dr. Hikmet RENDE  
M.Sc. in Mechanical Engineering  
May 2005, 82 Pages

The interference fit of the friction based shaft-hole mates are mostly used in transmitting power in automotive and pump manufacturing industry.

In this study surface roughness effects and importance on the interference fits of the friction based shaft-hole mates are studied.

The specimens prepared for the experiments are chosen in two different tolerances and fits are made by means of metals heat expansion instead of using press force for both assembly and disassembly.

As a conclusion of this study surface roughness of the assembled and disassembled couples are measured in both interference and shrink fits. And the loss of surface roughness calculated in shrink fits are %15 -% 20 smaller than the interference fits. However the specimens were chosen in two different tolerances, the results showed that the method of the fit is more important than the tolerances.

**KEYWORDS:** Interference fits, shrink fits, surface roughness, shrink fits of the shaft-hole mates

**COMMITTEE:** Prof. Dr. Hikmet RENDE  
Prof. Dr. Narin ÜNAL  
Prof. Dr. Alper GÜLSÖZ

## ÖNSÖZ

Özellikle hassas imalat ve boyut ölçmelerinde, yüzey pürüzlülüğü sebebiyle ortaya çıkabilecek hatalar ihmal edilemeyecek büyüklüktedir. Ayrıca malzemenin yorulma dayanımı, yataklık etme ve aşınma özellikleri de yüzey pürüzlülüğü ile yakından ilgilidir. Bu nedenle parça yüzeylerinin boyut ve şekil hatalarında olduğu gibi mikrogeometrik hatalar yönünden de toleranslandırılması gerekmektedir.

Çalışmada, farklı toleranslarda imal edilip yüzey pürüzlülük durumları incelenen parçalarda, bu aşınmanın ne kadar olduğu ve endüstride etkilerinin ne olabileceği araştırılmıştır.

Çalışma konumun belirlenmesinde ve çalışmamın her aşamasında destek, görüş ve yardımlarını esirgemeyen danışmanım Prof. Dr. Hikmet RENDE'ye, teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam sırasında göstermiş oldukları anlayış ve yardımlarından ötürü Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü çalışanlarına, destek, görüş ve yardımlarından ötürü Prof. Dr. Narin ÜNAL'a, imalat sürecinde yardımlarından ötürü Fikret DALCAN'a, Süleyman DUYAN'a ve manevi desteklerini hiçbir zaman eksik etmeyen dostlarıma teşekkürü bir borç bilirim. Maddi ve manevi destek ve teşvikleriyle çalışmam süresince her zaman yanımda olan eşim ve aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

|                                                     |      |
|-----------------------------------------------------|------|
| ÖZET.....                                           | i    |
| ABSTRACT.....                                       | ii   |
| ÖNSÖZ.....                                          | iii  |
| İÇİNDEKİLER.....                                    | iv   |
| SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....                 | viii |
| ŞEKİLLER DİZİNİ.....                                | ix   |
| ÇİZELGELER DİZİNİ.....                              | x    |
| 1. GİRİŞ.....                                       | 1    |
| 2. KURAMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMALARI.....      | 2    |
| 2.1. Geçmeler.....                                  | 2    |
| 2.1.1 Boşluklu Geçmeler.....                        | 3    |
| 2.1.2 Ara Geçmeler.....                             | 3    |
| 2.1.3 Sıkı (Pres) Geçmeler.....                     | 4    |
| 2.2. Geçmelerin Kullanım Alanları.....              | 4    |
| 2.3. Sıkı (Pres) Geçme Türleri.....                 | 4    |
| 2.3.1 Boyuna (Eksenel) Pres Geçmeler.....           | 5    |
| 2.3.1.1 Boyuna Pres Geçmelerin Hesabı.....          | 6    |
| 2.3.1.1.1 Gerilme ve Deformasyonlar.....            | 6    |
| 2.3.1.1.2 Bileşik Gerilmeler.....                   | 9    |
| 2.3.1.1.3 Deformasyonların Hesabı.....              | 10   |
| 2.3.2 Enine (Radyal) Pres Geçmelerin Hesabı.....    | 14   |
| 2.4. Yüzey Kalitesi ve Yüzey Pürüzlülüğü.....       | 16   |
| 2.4.1. Yüzey Kalitesi.....                          | 16   |
| 2.4.2. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Parametreleri.....   | 16   |
| 2.4.2.1 Ra Parametresi.....                         | 17   |
| 2.4.2.2 Rz Parametresi.....                         | 17   |
| 2.4.2.3 Rmax(Ry) Parametresi.....                   | 18   |
| 2.4.2.4 Sınır Dalga Boyu (Cut-off) Parametresi..... | 18   |
| 3. MATERYAL ve METOT.....                           | 19   |
| 3.1. Materyal .....                                 | 19   |

|                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1.1. Numunelerin Hazırlanması.....                                                                                           | 19 |
| 3.2. Metot.....                                                                                                                | 22 |
| 3.2.1. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazı.....                                                                                     | 22 |
| 3.2.2. Cihaz Parametreleri.....                                                                                                | 23 |
| 4. BULGULAR.....                                                                                                               | 25 |
| 4.1. Deney Numunelerinin İmalat Sonrası Net Ölçümleri.....                                                                     | 25 |
| 4.2. Deney Öncesi Geçme Sıcaklığının Tespiti.....                                                                              | 26 |
| 4.2.1. 304 Çeliğinden İmal Edilen Numunelerin Geçme Sıcaklıkları.....                                                          | 27 |
| 4.2.2. 304 Çeliğinden İmal Edilen Numunelerin Geçme Sıcaklıkları.....                                                          | 27 |
| 4.2.3. 304 Çeliğinden İmal Edilen Numunelerin Geçme Sıcaklıkları.....                                                          | 28 |
| 4.2.4. Al Göbek ve 304 Çeliğinden İmal Edilen Milin Geçme Sıcaklıkları.....                                                    | 29 |
| 4.2.5. Pirinç Göbek ve 304 Çeliğinden İmal Edilen Milin Geçme Sıcaklıkları.....                                                | 30 |
| 4.2.6. 304 Çeliğinden, Göbek Dış Çapı Ø 70 Seçilerek İmal Edilen Numunelerin Geçme Sıcaklıkları.....                           | 31 |
| 4.3. Yüzey Pürüz Kayıplarının Montaj Öncesi ve Demonte Sonrası Tespiti.....                                                    | 32 |
| 4.3.1. 304 Çeliğinden İmal Edilen Ø30 H7u6 Numunelerin Montaj Öncesi Ölçümleri.....                                            | 33 |
| 4.3.2. 304 Çeliğinden İmal Edilen Ø30 H7u6 Numunelerin Demonte Sonrası Ölçümleri.....                                          | 34 |
| 4.3.2.1. Ø30 H7u6 304 Çeliğinden İmal Edilen Numunelerde Teorik ve Deney Sonucu Bulunan Au Değerlerinin Karşılaştırılması..... | 37 |
| 4.3.3. 304 Çeliğinden İmal Edilen Ø25 H7s6 Numunelerin Montaj Öncesi Ölçümleri.....                                            | 38 |
| 4.3.4. 304 Çeliğinden İmal Edilen Ø25 H7s6 Numunelerin Demonte Sonrası Ölçümleri.....                                          | 40 |
| 4.3.4.1. Ø25 H7s6 304 Çeliğinden İmal Edilen Numunelerde Teorik ve Deney Sonucu Bulunan Au Değerlerinin Karşılaştırılması..... | 44 |
| 4.3.5. 304 Çeliğinden İmal Edilen Ø30 H7u6 Numunelerin Montaj Öncesi Ölçümleri.....                                            | 45 |

|                                                                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.3.6. 304 Çeliğinden İmal Edilen Ø30 H7u6 Numunelerin Demonte Sonrası Ölçümleri.....                                                              | 47 |
| 4.3.6.1. Soğuk Halde Preslenerek Monte Edilen Numunelerde Yapılan Ölçümler.....                                                                    | 48 |
| 4.3.6.2. Göbek Isıtılarak Monte Edilen Numunelerde Yapılan Ölçümler.....                                                                           | 49 |
| 4.3.7. Önceden Preslenerek Monte Edilen ve Demontajı Yapılan Numunelerin Isıtılarak Monte ve Demonte Edilmesiyle Elde Edilen Sonuçlar .....        | 50 |
| 4.3.8. Önceden Isıtılarak Monte Edilen ve Demontajı Yapılan Numunelerin Preslenerek Monte ve Demonte Edilmesiyle Elde Edilen Sonuçlar.....         | 52 |
| 4.3.8.1. Ø30 H7u6 304 Çeliğinden İmal Edilen Numunelerde Teorik ve Deney Sonucu Bulunan $\Delta u$ Değerlerinin Karşılaştırılması.....             | 54 |
| 4.3.8.2. Ø30 H7u6 304 Çeliğinden İmal Edilen Numunelerde Teorik ve Deney Sonucu Bulunan $\Delta u$ Değerlerinin Karşılaştırılması.....             | 55 |
| 4.3.9. Ø30 H7u6 Al Alaşımı Göbek ve 304 Milin Montaj Öncesi Ölçülen Değerleri.....                                                                 | 56 |
| 4.3.10. Ø30 H7u6 Pirinç Göbek ve 304 Milin Montaj Öncesi Ölçülen Değerleri.....                                                                    | 57 |
| 4.3.11. Ø30 H7u6, 304 Çeliğinden İmal Edilen Mil-Göbek Çiftinin Montaj Öncesi Ölçülen Değerleri(Göbek Dış Çap Ø70).....                            | 59 |
| 4.3.12. Ø30 H7u6, Al Alaşımı Göbek ve 304 Milin Demonte Sonrası Ölçülen Değerleri.....                                                             | 60 |
| 4.3.13. Ø30 H7u6, Pirinç Göbek ve 304 Milin Demonte Sonrası Ölçülen Değerleri.....                                                                 | 62 |
| 4.3.14. Ø30 H7u6, 304 Çeliğinden İmal Edilen Mil-Göbek Çiftinin Demonte Sonrası Ölçülen Değerleri(Göbek Dış Çapı Ø 70).....                        | 63 |
| 4.3.15. Ø30 H7u6, Al Alaşımı Göbek ve 304 Milin $\Delta u$ Teorik ve $\Delta u$ Pratik Değerlerinin Hesaplanması ve Karşılaştırılması.....         | 67 |
| 4.3.16. Ø30 H7u6, Pirinç Göbek ve 304 Milin $\Delta u$ Teorik ve $\Delta u$ Pratik Değerlerinin Hesaplanması ve Karşılaştırılması.....             | 67 |
| 4.3.17. Ø30 H7u6 304 Çeliğinden İmal Edilen Numunelerin $\Delta u$ Teorik ve $\Delta u$ Pratik Değerlerinin Hesaplanması ve Karşılaştırılması..... | 68 |
| 5. SONUÇ.....                                                                                                                                      | 70 |

|                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.1. Mil ve Göbeklerdeki Yüzey Pürüzlülüğü Kayıpları.....                                                     | 70 |
| 5.2. Eksenel ve Radyal Pres Geçme Arasındaki Yüzey Pürüzlülüğü Kayıplarının Farkları.....                     | 71 |
| 5.3. Mil Ve Göbeğin Farklı Malzemedan İmal Edilmesi Durumunda Yüzey Pürüzlülüğü Kayıplarının İncelenmesi..... | 71 |
| 5.4. Göbek Cidar Kalınlığı Etkisinin İncelenmesi.....                                                         | 71 |
| 6. EK – I NUMUNELERİN ÖLÇÜM SONUÇLARI ÖRNEKLERİ.....                                                          | 72 |
| 7. KAYNAKLAR.....                                                                                             | 82 |
| 8. ÖZGEÇMİŞ                                                                                                   |    |



## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

|                    |                         |
|--------------------|-------------------------|
| $^{\circ}\text{C}$ | Derece santigrat        |
| E                  | Elastiklik modülü       |
| P                  | Basınç                  |
| U                  | Sıkılık                 |
| $\varepsilon$      | Birim uzama             |
| $\mu$              | Sürtünme katsayısı      |
| $\nu$              | Poisson oranı           |
| $\alpha$           | Isıl Genleşme Katsayısı |
| $\sigma$           | Normal gerilme          |
| $\tau$             | Kayma gerilmesi         |
| mm                 | Milimetre               |
| $\mu\text{m}$      | Mikrometre              |

### Kısaltmalar

|                  |                                                            |
|------------------|------------------------------------------------------------|
| $S_g$            | Maksimum boşluk ( $\mu\text{m}$ )                          |
| $S_k$            | Minimum boşluk ( $\mu\text{m}$ )                           |
| $U_g$            | Maksimum sıkılık ( $\mu\text{m}$ )                         |
| $U_{\text{max}}$ | Maksimum sıkılık ( $\mu\text{m}$ )                         |
| $U_k$            | Minimum sıkılık ( $\mu\text{m}$ )                          |
| $U_{\text{min}}$ | Minimum sıkılık ( $\mu\text{m}$ )                          |
| $R_a$            | Pürüz alanları ortalaması ( $\mu\text{m}$ )                |
| $R_z$            | 5 tepe 5 çukur ortalaması ( $\mu\text{m}$ )                |
| $R_{\text{max}}$ | En yüksek tepe en derin çukur ortalaması ( $\mu\text{m}$ ) |
| $t_G$            | Geçme Sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )                     |
| $\Delta u$       | Sıkılık kaybı ( $\mu\text{m}$ )                            |
| $M_s$            | Sürtünme momenti (Nm)                                      |
| $M_b$            | Burulma momenti (Nm)                                       |
| $\ell$           | Genişlik (m)                                               |
| $L_t$            | Ölçüm mesafesi (mm)                                        |
| $\lambda_c$      | Sınır dalga boyu                                           |
| n                | Ölçüm sayısı                                               |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|              |                                                                                 |    |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 2.1.   | Geçmelerin Şematik Olarak Gösterilmesi.....                                     | 3  |
| Şekil 2.2.   | Geçmelerde Toleransların Konumu.....                                            | 4  |
| Şekil 2.3.   | Boyuna Pres Geçmede Presleme Kuvveti.....                                       | 5  |
| Şekil 2.4.   | Boyuna Pres Geçme Bağlantısında Deformasyonlar.....                             | 7  |
| Şekil 2.5.   | Pres Geçme Bağlantısında Gerilmeler.....                                        | 7  |
| Şekil 2.6.   | Pres Geçme Dolu Kesitli Milde Gerilmeler.....                                   | 9  |
| Şekil 2.7.   | Pres Geçmede Yüzey Pürüzleri ve Ezilme.....                                     | 13 |
| Şekil 2.8.   | Pres Geçme Toleransında Sıklık Durumları.....                                   | 14 |
| Şekil 2.9.   | Bir Makina Elemanının Yüzey Geometrisi.....                                     | 17 |
| Şekil 2.9.1. | Ra Parametresinin Şematik Gösterimi.....                                        | 17 |
| Şekil 2.9.2. | Rz Parametresinin Şematik Gösterimi.....                                        | 18 |
| Şekil 2.9.3. | Sınır Dalga Boyu Parametresinin Şematik Gösterimi.....                          | 18 |
| Şekil 3.1.   | Numunelerin Hazırlanma Süreçleri. Torna ile Talaş Kaldırma, Mil<br>Taşlama..... | 20 |
| Şekil 3.2.   | Millerin Yüzeylerinin Taşlanması, Mikrometre İle Ölçüm.....                     | 20 |
| Şekil 3.3.   | Göbek Tornasıyla Göbeklerin 0,01 Hassaslıkta İşlenmesi.....                     | 20 |
| Şekil 3.4.   | Deney Numuneleri Teknik Resimleri ve Toleransları (H7u6).....                   | 21 |
| Şekil 3.5.   | Deney Numuneleri Teknik Resimleri ve Toleransları (H7s6).....                   | 21 |
| Şekil 3.6.   | Perthometer M2 V 3.03-00 Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazı.....                    | 22 |
| Şekil 3.7.   | Cihazla Numunelerin Yüzey Pürüzlülüklerinin Tespiti.....                        | 23 |
| Şekil 6.1.   | H7u6 Toleransındaki 1 Numaralı Milin Montaj Öncesi Sonuçları.....               | 72 |
| Şekil 6.2.   | H7u6 Toleransındaki 1 Numaralı Göbeğin Montaj Öncesi Sonuçları.....             | 73 |
| Şekil 6.3.   | H7u6 Toleransındaki 2 Numaralı Milin Montaj Öncesi Sonuçları.....               | 74 |
| Şekil 6.4.   | H7u6 Toleransındaki 2 Numaralı Göbeğin Montaj Öncesi Sonuçları.....             | 75 |
| Şekil 6.5.   | H7u6 Toleransındaki 3 Numaralı Milin Montaj Öncesi Sonuçları.....               | 76 |
| Şekil 6.6.   | H7u6 Toleransındaki 3 Numaralı Göbeğin Montaj Öncesi Sonuçları.....             | 77 |
| Şekil 6.7.   | H7s6 Toleransındaki 1 Numaralı Milin Montaj Öncesi Sonuçları.....               | 78 |
| Şekil 6.8.   | H7s6 Toleransındaki 1 Numaralı Göbeğin Montaj Öncesi Sonuçları.....             | 79 |
| Şekil 6.9.   | H7s6 Toleransındaki 2 Numaralı Milin Montaj Öncesi Sonuçları.....               | 80 |
| Şekil 6.10.  | H7s6 Toleransındaki 2 Numaralı Göbeğin Montaj Öncesi Sonuçları.....             | 81 |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

|               |                                                                                                                                       |    |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 2.1.  | Bazı Malzemelerin E – Elastisite Modülleri, $\nu$ – Poisson Sayıları ve $\alpha$ – Isıl Genleşme Katsayıları.....                     | 11 |
| Çizelge 3.1.  | Deney Numunelerinin Özellikleri.....                                                                                                  | 19 |
| Çizelge 3.2.  | Numunelerin Toleransları (ISO Sistemine Göre).....                                                                                    | 22 |
| Çizelge 3.3.  | Cihaz Parametreleri ve Standartlar.....                                                                                               | 24 |
| Çizelge 4.1.  | Ø30H7u6 Numunelerin Montaj Öncesi Net Toleransları ve Max. Sıkılık Değerleri.....                                                     | 25 |
| Çizelge 4.2.  | Ø25H7s6 Numunelerin Montaj Öncesi Net Toleransları ve Max. Sıkılık Değerleri .....                                                    | 25 |
| Çizelge 4.3.  | Ø30H7u6 Numunelerin Montaj Öncesi Net Toleransları ve Max. Sıkılık Değerleri .....                                                    | 25 |
| Çizelge 4.4.  | Ø30H7u6 Al Göbek – 304 Çeliği Mil Numunelerin Montaj Öncesi Net Toleransları ve Maksimum Sıkılık Değerleri.....                       | 26 |
| Çizelge 4.5.  | Ø30H7u6 Pirinç Göbek – 304 Çeliği Mil Numunelerin Montaj Öncesi Net Toleransları ve Maksimum Sıkılık Değerleri.....                   | 26 |
| Çizelge 4.6.  | Ø30H7u6 304 Çeliğinden İmal Edilen (Göbek Dış Çapı Ø70) Numunelerin Montaj Öncesi Net Toleransları ve Maksimum Sıkılık Değerleri..... | 26 |
| Çizelge 4.7.  | Göbeklerin Genleşme Sıcaklıkları.....                                                                                                 | 31 |
| Çizelge 4.8.  | Ø30H7u6 Toleransında 304 Çeliğinden İmal Edilen Numunelerin Ölçümleri ve Yüzey Pürüzlülüğü Kayıpları .....                            | 36 |
| Çizelge 4.9.  | Ø30H7u6 Toleransında 304 Çeliğinden İmal Edilen Millerin Ölçümleri ve Yüzey Pürüzlülüğü Kayıpları .....                               | 36 |
| Çizelge 4.10. | Ø30H7u6 Toleransında 304 Çeliğinden İmal Edilen Göbeklerin Ölçümleri ve Yüzey Pürüzlülüğü Kayıpları .....                             | 37 |
| Çizelge 4.11. | Ø25H7s6 Toleransında 304 Çeliğinden İmal Edilen Numunelerin Ölçümleri ve Yüzey Pürüzlülüğü Kayıpları.....                             | 43 |
| Çizelge 4.12. | Ø25H7s6 Toleransında 304 Çeliğinden İmal Edilen Millerin Ölçümleri ve Yüzey Pürüzlülüğü Kayıpları .....                               | 43 |
| Çizelge 4.13. | Ø25H7s6 Toleransında 304 Çeliğinden İmal Edilen Göbeklerde Yüzey Pürüzlülüğü Kayıpları .....                                          | 44 |
| Çizelge 4.14. | Ø30H7u6 304 Çeliğinden İmal Edilen Numunelerin Ölçümleri ve Yüzey Pürüzlülüğü Kayıpları .....                                         | 53 |

|               |                                                                                                                          |    |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 4.15. | Ø30H7u6 304 Çeliğinden İmal Edilen Millerin Ölçümleri ve Yüzey Pürüzlülüğü Kayıpları .....                               | 53 |
| Çizelge 4.16. | Ø30H7u6 304 Çeliğinden İmal Edilen Göbeklerin Ölçümleri ve Yüzey Pürüzlülüğü Kayıpları .....                             | 53 |
| Çizelge 4.17. | Ø30H7u6 Numunelerin Ölçümleri ve Yüzey Pürüzlülüğü Kayıpları.....                                                        | 65 |
| Çizelge 4.18. | Alüminyum ve 304 Çeliğinden İmal Edilen Numunelerde Ölçülen Yüzey Pürüzlülük Değerlerinin Karşılaştırılması.....         | 65 |
| Çizelge 4.19. | Pirinç ve 304 Çeliğinden İmal Edilen Numunelerde Ölçülen Yüzey Pürüzlülük Değerlerinin Karşılaştırılması.....            | 66 |
| Çizelge 4.20. | 304 Çeliğinden İmal Edilen Numunelerde Ölçülen Yüzey Pürüzlülük Değerlerinin Karşılaştırılması (Göbek Dış Çapı Ø70)..... | 66 |
| Çizelge 5.1.  | Göbek Isıtılarak Geçme Yapılan Numunelerde % Yüzey Kayıpları.....                                                        | 70 |



## 1. GİRİŞ

Özellikle otomotiv, uçak endüstrisinde ve pompa sanayisinde kullanılan sıkı geçmeler, mil-göbek çiftlerinin sabitlenmesinde yani, geçmenin kolaylıkla sökülmesinin istenmediği alanlarda kullanılmaktadır. Sıkı geçmeler, mil çapının toleransının, delik çapının toleransından daha büyük seçilip, metallerin ısı genleşmesinden veya bir pres kuvveti etkisiyle birleştirilmesinde kullanılan bir yöntemdir.

Çalışmada detaylı olarak sunulduğu üzere, ısı genleşme ile birleştirme yaparken, ilk geçme anında yüzey kaybı olmamasına rağmen metallerin soğuması esnasında göbeğin mil yüzeyine uyguladığı basınç etkisiyle çiftlerin yüzeyinde hiç de azımsanamayacak bir kayıp meydana gelmektedir. Bu durum neredeyse, bu parçaların ikinci kez sıkı geçme olarak birleştirilmesine, yüzey kayıplarının çok olması ve tolerans sınırlarının aşılması nedeniyle, olanak tanımamaktadır. Presle yani harici bir kuvvet uygulanarak yapılan sıkı geçmelerde de mil – göbek çiftinin ikinci kez sökülüp takılmasında yine aynı problem meydana gelmekte ve oluşan bu durum nedeniyle bağlantıyı bir ara geçme olarak nitelemek mümkün olabilmektedir.

Ayrıca sıkı geçmelerin ısı genleşme ile montajında sanayide gereken sıcaklığın doğru hesaplanamaması ve bu hesabın uygulanmaması veya malzeme soğuma hızının doğru ayarlanmaması malzeme mikro yapısını da etkilemekte ve gerekenden yüksek sıcaklığa ısıtılan malzemelerin hızlı soğutulmasında mil veya yatak yüzeyinde gevrekleşme meydana gelmektedir. Bu şekilde oluşan martenzit benzeri yapılar nedeniyle, kullanılan malzemeye bağlı olarak mil yüzeyinde ve göbek içerisinde yırtılmalar veya kırılmalar oluşmaktadır.

Bu çalışmanın amacı sürtünmeye dayalı bağlantı şekillerinden mil göbek çiftlerinde sıkı geçme bağlantılarının özelliklerini araştırmak ve sıkı geçme bağlantılarının sağlıklı ve emniyetli bir şekilde yapılmasında yüzey pürüzlülüğünün önemini vurgulayabilmektir.

## 2. KURAMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMALARI

### 2.1 Geçmeler

Geçmeler, birbirine geçirilen her iki parçanın (mil ve delik), tolerans bölgelerinin teşkil ettiği durum olarak tanımlanmaktadır.

Birleştirilecek parçalar arasındaki boyut fazlalığı (sıkılık), montajdan sonra yüzeyler arasında bir basınç oluşturmaktadır. Bu işlem için milin dış çapı ( $d_{Md}$ ), göbeğin delik çapından ( $d_{Gi}$ ) biraz daha büyük yapılmakta olup, göbek, mil üzerine takıldığında iki parça arasında;

$$\Delta d = d_{Md} - d_{Gi} \quad (1)$$

kadar bir sıkılık meydana gelmektedir. Bu esnada mil çapı bir miktar büzülme ve delik çapı ise bir miktar genişlemektedir. Elastik bölgede meydana gelen bu şekil değiştirmeler temas yüzeyleri arasında bir basınç oluşmasına neden olmaktadır. Bu bağlantıya bir döndürme momenti tatbik edildiğinde temas yüzeyleri arasında sürtünme momenti meydana gelmekte ve;

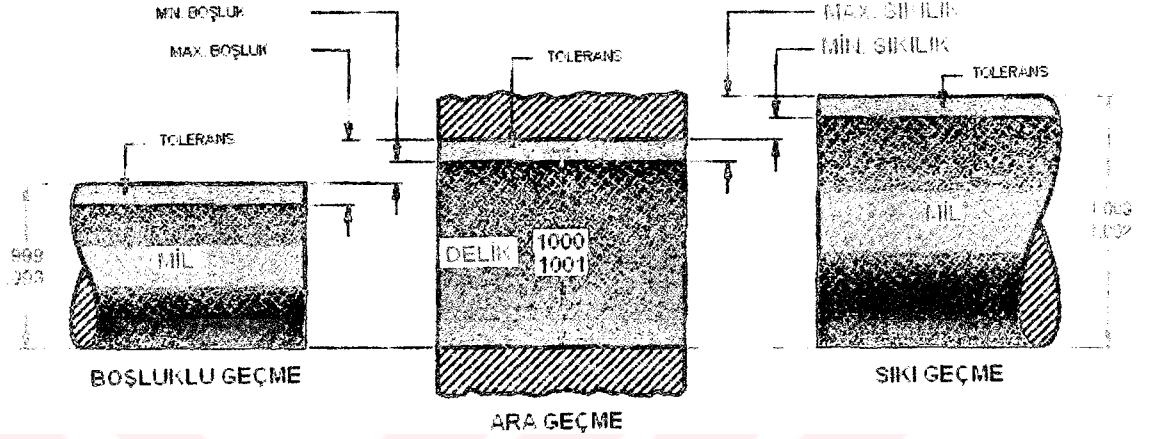
$$M_s \geq M_b \quad (2)$$

şartını gerçekleştirerek bağlantı, işlevini yerine getirmektedir.

Pres geçmeler; imalatının kolay olması (genellikle hassas tornalama), kama yuvası olmadığından mili zayıflatmaması, darbeli ve değişken zorlamaların iletimine uygun olması, mil ve göbeğin iyi merkezlenmesi nedeniyle geniş ölçüde kullanılmaktadır. Ancak yüzeyler arasındaki basıncı sağlayacak gerekli sıkılık değerinin, dolayısıyla imalat toleransının iyi seçilmiş olması gerekmektedir. Geçmeler, tolerans bölgelerine göre;

- Boşluklu Geçme
- Ara Geçme
- Sıkı Geçme

olarak 3 grup altında incelenmektedirler (Rende 2000) (Şekil2.1).



**Şekil 2.1** Geçmelerin Şematik Olarak Gösterilmesi (Faupel ve Fisher 1981)

### 2.1.1 Boşluklu Geçmeler

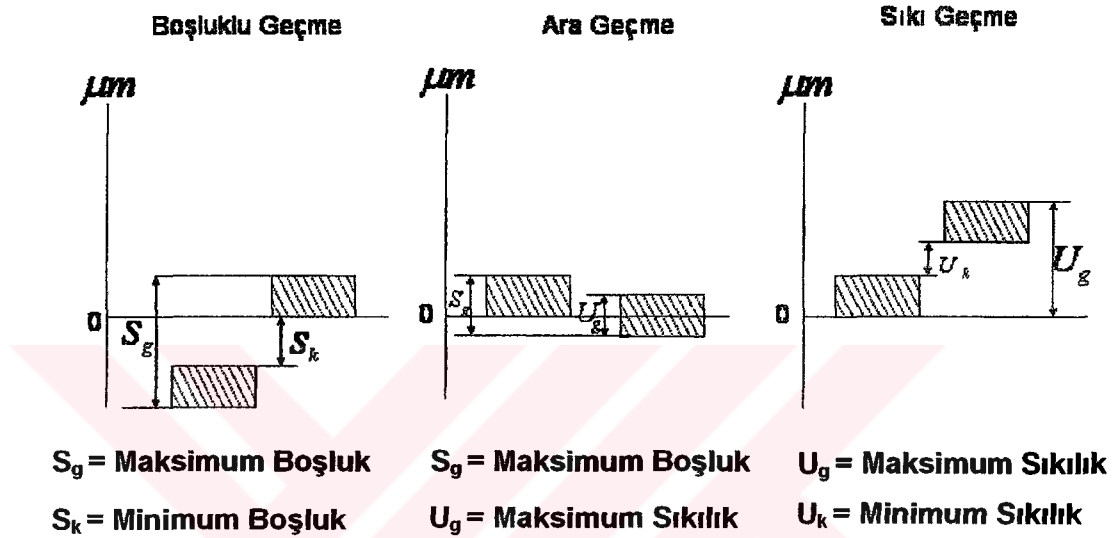
Boşluklu geçmeler, milin maksimum çapının, deliğin minimum çapından daha küçük olduğu geçmeler olarak tanımlanmaktadır. Yani, mil tolerans üst sınırı ile delik tolerans alt sınırı arasında mutlaka bir boşluk bulunmaktadır (Şekil 2.2). Uygulamada merkezleme flanşlarında, tespit halkalarında, kavramalarda, vs...’de kullanılabilmektedirler.

### 2.1.2 Ara Geçmeler

Tolerans bölgeleri sıfır çizgisinin kısmen altında kısmen de üstündedir. Böylece parçalar arasında az boşluk veya sıkılık meydana gelmektedir (Şekil 2.2). Uygulamada kasnaklarda, kavramalarda, kolay bir şekilde sökülen ve sıkça montajı yapılan parçalarda, vs...’de kullanılabilmektedirler.

### 2.1.3 Sıkı Geçmeler (Pres Geçmeler)

Mil minimum çapının delik maksimum çapından büyük olduğu geçmeler olarak tanımlanmaktadır (Şekil 2.2). Mil toleransının alt sınırı, delik toleransının üst sınırından daha büyüktür. Montaj işlemi presle veya ısıtma ile yapılır. Sıkı geçmeler, dönmeye karşı emniyet gerektirmemektedirler.



Şekil 2.2 Geçmelerde Toleransların Konumu (Rende 2000)

### 2.2 Geçmelerin Kullanım Alanları

Pres geçmeler; yuvarlanmalı yatak bilezikleri, kavrama flanşları, dişli çarkların mile montajı, dişli çarklarda göbeğe takılan dişli çemberler, demiryollarında tekerlek bandajları, millere sıkı takılan tekerlek ve volanlar, kaymalı yatak burçları, silindir gömlekleri, parçalı krank milleri gibi yerlerde oldukça yaygın olarak kullanılmaktadırlar (Rende 2000, Cürgül 1997).

### 2.3 Sıkı (Pres) Geçme Türleri

Montaj esasına göre pres geçmeler;

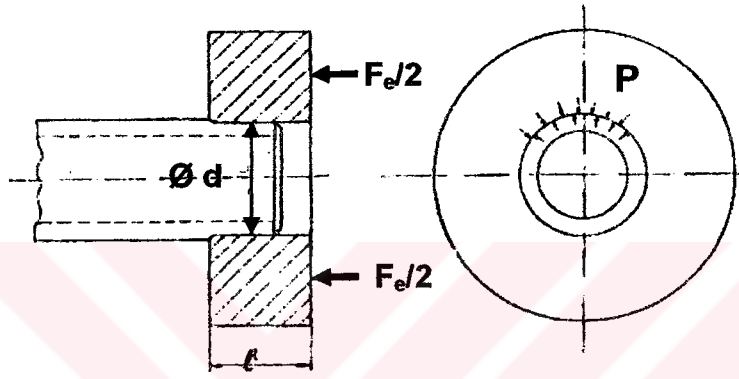
- Boyuna (Eksenel) Pres Geçmeler

### - Enine (Radyal) Pres Geçmeler

olarak iki grupta incelenmektedir.

#### 2.3.1 Boyuna (Eksenel) Pres Geçmeler

Pres geçme işlemi oda sıcaklığında yapılır. Genellikle göbek mil üzerine eksenel bir presleme kuvveti ( $F_e$ ) ile itilmektedir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Boyuna Pres Geçmede Presleme Kuvveti (Cürgül 1997)

Presleme kuvveti:

$$F_e = \pi \times d \times l \times p \times \mu \quad (3)$$

şeklinde tanımlanmaktadır. Bu formülde;

- $\mu$ , Temas yüzeylerindeki sürtünme katsayısını,
- $p$ , Yüzeyler arasında meydana gelen basıncı,
- $l$ , Göbek genişliğini,
- $d$ , Pres geçme sonucu deliğin çapını (göbeğin iç çapı ile milin dış çapının ortak büyüklüğünü), ifade etmektedir.

Montajda presleme işlemi genellikle hidrolik olarak sağlanmalıdır. Ancak küçük parçalarda ve özellikle taşınmayan montaj işlerinde presleme kuvveti çekiç yoluyla temin edilebilmektedir.

Presleme esnasında yüzey pürüzleri kısmen ezilmekte ve kısmen de makaslanmaktadır. Makaslamayı engellemek için mil ucunun 2...5mm'lik kısmı, 10° kadar kırılmakta veya yuvarlatılmaktadır aynı şekilde göbek ucunda da 45°'lik pah kırma işlemi uygulanmaktadır. Ayrıca özellikle çelik malzemelerde, malzemenin birbirine kaynamaması için yüzeyler arasına bir miktar yağ gönderilmektedir.

Boyuna pres geçmeler birkaç defa takılıp sökülürse, yüzey pürüzleri düzelerek iletilecek moment %20 - %60 civarında azalmaktadır. Boyuna pres geçme ile taşınabilecek moment;

$$M_s = \pi \times l \times p \times \mu \times \frac{d^2}{2} \quad (4)$$

olarak hesaplanmaktadır (Cürgül 1997, Rende 2000).

#### **2.3.1.1 Boyuna Pres Geçmelerin Hesabı**

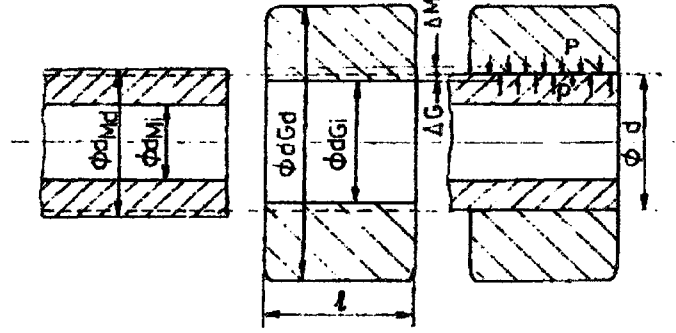
##### **2.3.1.1.1 Gerilme ve Deformasyonlar**

Pres geçme bağlantılarında demonte sonrası göbeğin delik çapı  $\Delta G$  kadar büyümekte, milin çapı ise  $\Delta M$  kadar küçülmektedir. Böylece yüzeyler arasında meydana gelen yüzey basıncı ( $p$ ), bağlantıyı temin etmektedir. Bu basıncı oluşturacak olan sıkılık;

$$U = \Delta G + \Delta M \quad (5)$$

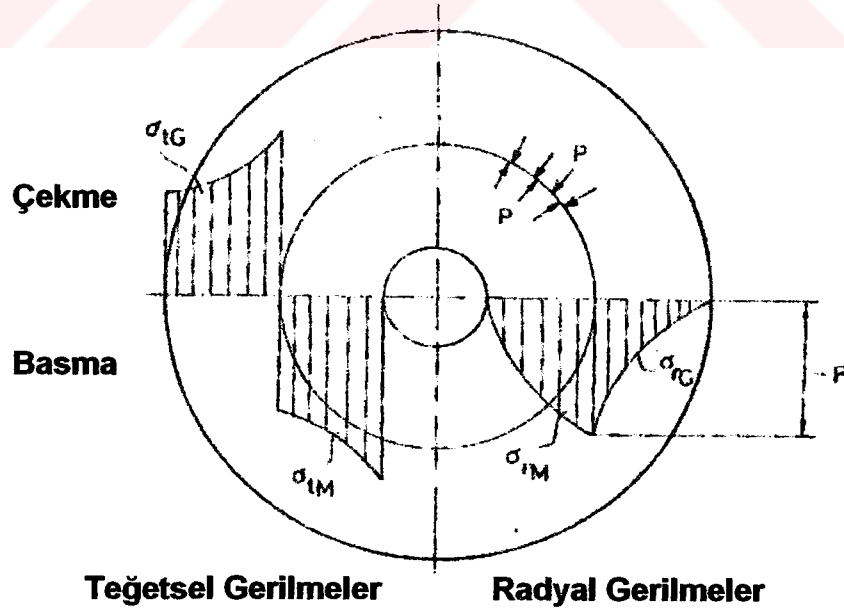
şeklinde hesaplanmaktadır.

Pres geçmelerdeki gerilme ve deformasyonların hesabında; göbek, iç basınca, mil, dış basınca maruz kalan kalın cidarlı silindirler olarak kabul edilmekte ve elastisite teorisi bu silindirlere uygulanmaktadır. Pratikte, özellikle dişli çarklar veya kayış kasnaklarında olduğu gibi, rijitleştirici kollar veya perdeler nedeniyle düzgün basınç yayılımı bulunmamaktadır. Bu nedenle hesap sonuçları yaklaşık değerler mertebesinde olmakla beraber uygulamada sakıncalar yaratmamaktadır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 Boyuna Pres Geçme Bağlantısında Deformasyonlar (Cürgül 1997)

İç veya dış basınca maruz kalan kalın cidarlı bir silindirde, elastik bölgedeki deformasyonlar sonucu, teğetsel ( $\sigma_t$ ) ve radyal ( $\sigma_r$ ) yönlerde normal gerilmeler meydana gelmektedir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 Pres Geçme Bağlantısında Gerilmeler (Cürgül 1997)

Göbek, iç basınca maruz kalın cidarlı bir silindir olarak göz önüne alındığında en büyük teğetsel gerilme;

$$\sigma_{tG} = p \times \frac{1 + Q_G^2}{1 - Q_G^2} \quad (6)$$

göbeğin iç yüzeyinde (delik cidarında), en büyük radyal gerilme de;

$$\sigma_{rG} = -p \quad (7)$$

yine aynı düzeyde oluşmaktadır.

Mil, dış basınca maruz bir silindir olarak göz önüne alındığında, içi boş mil için en büyük teğetsel gerilme;

$$\sigma_{tM} = -p \times \frac{2}{1 - Q_M^2} \quad (8)$$

milin iç yüzeyinde meydana gelmektedir. Bu yüzeydeki radyal gerilme ise,

$$\sigma_{rM} = 0 \quad (9)$$

olmaktadır. Milin dış yüzeyindeki teğetsel ve radyal gerilmeler, sırasıyla;

$$\sigma_{tM} = -p \times \frac{1 + Q_M^2}{1 - Q_M^2} \quad (10)$$

ve

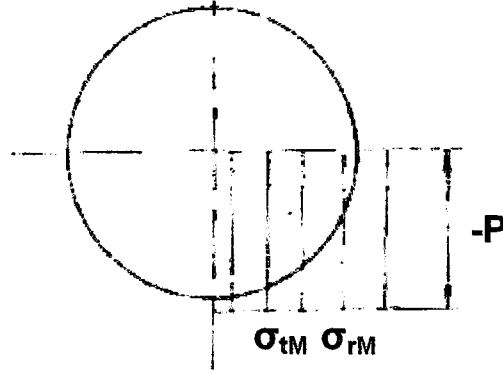
$$\sigma_{rM} = -p \quad (11)$$

bağıntıları ile hesaplanmaktadır.

Dolu kesitli mildeki (Şekil 2.6) gerilme yayılımı çapa bağlı olmaksızın;

$$\sigma_{tM} = \sigma_{rM} = -p \quad (12)$$

olmaktadır (Şekil 4). Zira  $Q_m = 0$ 'dır.



**Şekil 2.6 Pres Geçme Dolu Kesitli Milde Gerilmeler (Cürgül 1997)**

Yukarıdaki eşitliklerde,

$$Q_M = \frac{D_{Mf}}{D_{MD}} \quad \text{ve} \quad Q_G = \frac{D_{Gf}}{D_{GD}} \quad (13)$$

olarak alınmıştır (Cürgül 1997, Yayla1998).

#### 2.3.1.1.2 Bileşik Gerilmeler

Göbekteki en büyük gerilme iç kısımda olduğundan, maksimum şekil değiştirime enerjisi varsayımına göre; göbekteki bileşik gerilme,

$$\sigma_{MAX_G} = \frac{P \times (\sqrt{3 + Q_G^4})}{1 - Q_G^2} \quad (14)$$

ve içi boş mildeki bileşik gerilme, iç yüzeyde;

$$\sigma_{MAX_M} = 2 \times \frac{p}{1 - Q_M^2} \quad (15)$$

ve dış yüzeyde;

$$\sigma_{MAX_M} = \frac{p \times (\sqrt{1 + 3Q_M^4})}{1 - Q_M^2} \quad (16)$$

şeklinde olmaktadır. Bu bağıntılarda  $Q_M < 1$  olduğundan, milin iç yüzeyindeki bileşik gerilme, dış yüzeydekinden daha büyük olmaktadır. Bu nedenle içi boş mil için hesaplarda daima iç yüzeydeki gerilmeler göz önüne alınmaktadır. Dolu kesit mildeki bileşik gerilme;

$$\sigma_{MaxM} = p \quad (17)$$

şeklinde olmaktadır (Cürgül 1997, Yayla 1998).

#### 2.3.1.1.3 Deformasyon Hesabı

İki eksenli gerilme durumunda, HOOKE Kanunu'na göre teğetsel uzama;

$$\varepsilon_t = \frac{1}{E}(\sigma_t - \frac{1}{\nu} \times \sigma_r) \quad (18)$$

ve radyal uzama,

$$\varepsilon_r = \frac{1}{E}(\sigma_r - \frac{1}{\nu} \times \sigma_t) \quad (19)$$

şeklinde olup, bu formüllerde;  $\nu$ , malzemenin Poisson Oranı ve E, elastisite modülü olup, aşağıdaki tablodan alınabilir (Çizelge 2.1).

**Çizelge 2.1 Bazı Malzemelerin E – Elastisite Modülleri  $\nu$  – Poisson Sayıları ve  $\alpha$  – Isıl Genleşme Katsayıları (Cürgül 1997, Rende 2000)**

| Malzeme       | Poisson Sayısı ( $\nu$ ) | Elastisite Modülü (E)<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Isıl Genleşme Katsayısı<br>( $\alpha \times 10^{-6} \text{ } 1 / ^\circ\text{C}$ ) |           |
|---------------|--------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
|               |                          |                                               | Isıtarak                                                                           | Soğutarak |
| MgAl 18 Zn    | 0,3                      | 65 000.....75 000                             | 23                                                                                 | 18        |
| AlMgSi        | 0,34                     |                                               |                                                                                    |           |
| AlCuMg        | 0,33.....0,34            |                                               |                                                                                    |           |
| GG 10 ; GG 15 | 0,24                     | 70 000 ; 80 000                               | 10                                                                                 | -8        |
| GG 20 ; GG 25 | 0,24.....0,26            | 105 000 ; 130 000                             | 10                                                                                 | -8        |
| GGG 50        | 0,28.....0,29            | >140 000                                      | 10                                                                                 | -8        |
| Temper Döküm  | 0,25                     | 90 000 ; 100 000                              | 10                                                                                 | -8        |
| Karbon Çeliği | 0,3.....0,31             | 200 000.....235 000                           | 11                                                                                 | -8,5      |
| Ni Çeliği     | 0,31                     |                                               |                                                                                    |           |
| Bronz         | 0,35                     |                                               | 16                                                                                 | -14       |
| Kızıl Döküm   | 0,35.....0,36            | 80 000.....85 000                             | 17                                                                                 | -15       |
| CuZn 40 Pb 3  | 0,37                     |                                               | 18                                                                                 | -16       |
| CuZn 37       | 0,36                     |                                               | 18                                                                                 | -16       |

Diğer taraftan göbekteki delik büyümesi  $\Delta G$  ve mildeki çap küçülmesi  $\Delta M$  ile ifade edildiğine göre, teğetsel uzamalar;

$$\varepsilon_{tG} = \frac{\Delta G}{d} \text{ ve } \varepsilon_{tM} = \frac{\Delta M}{d} \quad (20)$$

olarak yazılmaktadır. Göbekteki şekil değiştirme;

$$\Delta G = \varepsilon_{tG} \times d = \frac{1}{E_G} \times d \times \left( p \times \frac{1+Q_G^2}{1-Q_G^2} + \frac{1}{\nu_G} \times p \right) = -\frac{p \times d}{E_G} \left( \frac{1+Q_G^2}{1-Q_G^2} + \frac{1}{\nu_G} \right) \quad (21)$$

ve mildeki şekil değiştirme, içi boş mil için;

$$\Delta M = -\frac{p \times d}{E_M} \left( \frac{1+Q_M^2}{1-Q_M^2} - \frac{1}{\nu_M} \right) \quad (22)$$

(21) ve (22) numaralı formüllerden, toplam şekil değiştirme (sıkılık değeri);

$$U = \Delta G + \Delta M = p \times d \left[ \frac{1}{E_G} \left( \frac{1+Q_G^2}{1-Q_G^2} + \frac{1}{\nu_G} \right) + \frac{1}{E_M} \left( \frac{1+Q_M^2}{1-Q_M^2} - \frac{1}{\nu_M} \right) \right] \quad (23)$$

Olarak ifade edilmektedir. Eğer mil ve göbek aynı malzemeden imal edilmiş ise,  $E_M = E_G = E$  ve  $\nu_M = \nu_G = \nu$  alınabileceğinden, (23) numaralı denklem;

$$U = \frac{p \times d}{E} \left( \frac{1+Q_G^2}{1-Q_G^2} + \frac{1+Q_M^2}{1-Q_M^2} \right) \quad (24)$$

şeklını almaktadır.

Dolu kesitli mil kullanıldığında  $Q_M = 0$  olacağından (mil ve göbeğin aynı malzemeden imal edildiği düşünülürse);

$$U = \frac{2 \times p \times d}{E \times (1-Q_G^2)} \quad (25)$$

elde edilmektedir.

Yukarıdaki eşitliklerle hesap edilen sıkılık değeri teoriktir. İşçilik (yüzey) kalitesine bağlı olarak yüzey pürüzleri presleme esnasında kısmen ezilerek, kısmen de makaslanarak düzleşeceğinden, hesap yoluyla bulunan sıkılığın bir kısmı kaybolacaktır. Bu durumda montaj öncesi ölçülen  $U$  sıkılığı,  $\Delta U$  kadar azalarak gerçek sıkılık;

$$S = U - \Delta U \quad (26)$$

olmaktadır. O halde “p” yüzey basıncını elde etmek için gereken sıkılık değeri;

$$U = S + \Delta U \quad (27)$$

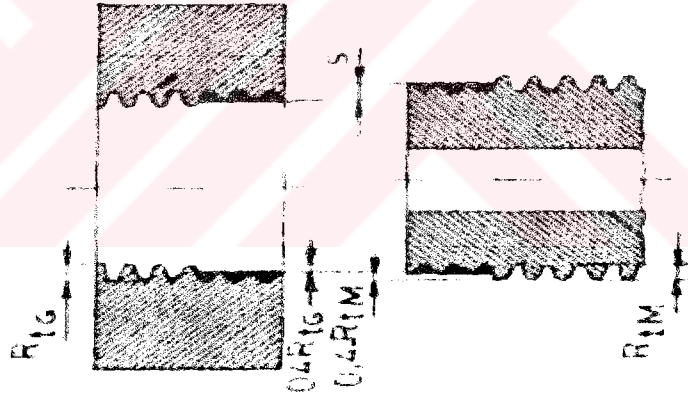
denklemleriyle ifade edilmektedir.

Malzeme yüzeyinin maksimum pürüzlülüğü  $R_t$  ile gösterilirse, demonte sonrası bu pürüz yüksekliğinin %40 - %60 oranında ezildiği kabul edilmektedir (Şekil 5). Buna göre mil ve göbek için pürüz yükseklikleri  $R_{zM}$  ve  $R_{zG}$  ile gösterilirse, pürüzlerin ezilmesi ile kaybolan sıklık;

$$\Delta U = 2[(0,4 - 0,6)R_{zM} + (0,4 - 0,6)R_{zG}] \quad (28)$$

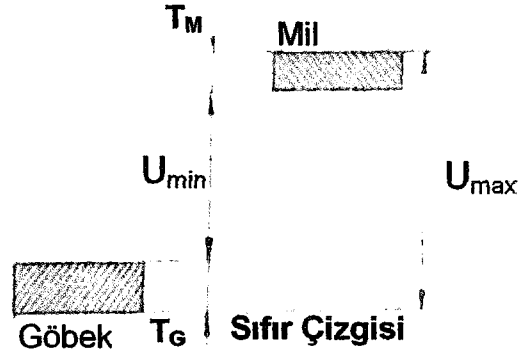
kadar olmaktadır.

Pres geçme (sıkı geçme) bağlantılarında gereken sıklık değeri, mile ve deliğe verilecek toleranslarla elde edilmektedir. Şekil 2.7’den de görülebileceği gibi ulaşılabilecek sıklık değerleri, imalattan elde edilecek boyutlara göre, bir üst değerle bir alt değer arasında değişebilmektedir.



**Şekil 2.7** Pres Geçmelerde Yüzey Pürüzleri ve Ezilme

En büyük mil çapı ile en küçük delik çapı en büyük boyut fazlalığını (en büyük sıklık değerini) meydana getirmektedir. Bu boyut fazlalığının oluşturacağı yüzey basıncı ( $p$ ), emniyetli yüzey basıncı değerlerinin üzerinde olmamalıdır. Buna karşılık en küçük mil çapı ile en büyük delik çapı en küçük boyut fazlalığını (en küçük sıklık değerini) oluşturacaktır (Şekil 2.8). Bu sıklık değerinin meydana getireceği yüzey basıncı ( $p$ ) ise, uygulanan momenti emniyetle taşıyabilmelidir (Cürgül 1997).



**Şekil 2.8** Pres geçme Toleransında Sıkılık Durumları (Cürgül 1997)

### 2.3.2 Enine Pres Geçmelerin Hesabı

Pres geçme işlemi ısıtma veya soğutma yöntemi ile yapılıyorsa, geçmenin yapılabilmesi için gerekli sıcaklığın hesabı, ısıl genleşme denklemi uygulanarak bulunmaktadır. Göbeğin ısıtılması halinde;

$$T_G = \frac{U_{Max} + U_0}{\alpha_G \times d} + T_0 \quad (29)$$

sıcaklığı gerekmektedir. Milin soğutulması gerekiyorsa, benzer şekilde;

$$T_M = \frac{U_{Max} + U_0}{\alpha_M \times d} + T_0 \quad (30)$$

eşitliğinden gereken sıcaklık değeri bulunmaktadır. Bu eşitliklerde;

$U_{Max}$ , Maksimum sıkılık,

$U_0$ , Mil ile göbek arasındaki montaj boşluğu (Genellikle  $U_0 = d \times 10^{-3}$  mm olarak alınır.),

$\alpha_g, \alpha_m$ , Göbek ve milin ısıl genleşme katsayıları ( $1 / ^\circ\text{C}$ ) (Tablo 1.2),

$t_0$ , Ortam sıcaklığı'nı,

ifade etmektedir (Cürgül 1997, Rende 2000).

Malzemenin birim sıcaklık farkı sonucu birim boyunun değişmesi ısı genleşme katsayısı olarak tanımlanan bir değer ile verilmekte ve “ $\alpha$ ” ile ifade edilmektedir. İlk boyu  $l_0$  olan bir çubuğun sıcaklığı başlangıçtaki  $T_0$  sıcaklığından  $T$  sıcaklığına çıkarıldığında çubukta oluşan uzama;

$$\Delta l = \alpha \times l_0 \times (T - T_0) \quad (31)$$

bu eşitlikte;

- $\Delta l$ , Meydana gelen uzama (mm,  $\mu$ m)  
 $\alpha$ , Göbek ve milin ısı genleşme katsayıları ( $1 / ^\circ\text{C}$ ) (Tablo 1.2),  
 $l_0$ , Isıtılan örneğin ilk boyu (mm)  
 $T$ , Son sıcaklık ( $^\circ\text{C}$ )  
 $T_0$ , İlk sıcaklık ( $^\circ\text{C}$ )

ve sonuç olarak oluşacak olan birim uzama ise;

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{\delta}{l_0} = \frac{\alpha \times l_0 \times (T - T_0)}{l_0} = \alpha \times (T - T_0) \quad (32)$$

bağıntısıyla hesaplanmaktadır. Bu bağıntıda  $\varepsilon$ , ısı etkisindeki örnekte meydana gelen birim uzamayı ifade etmektedir. Sıcaklığın artması malzemede bir uzamaya ve sonuçta pozitif bir uzamaya, sıcaklığın azalması ise malzemede bir kısalmaya ve sonuçta negatif bir uzamaya neden olmaktadır (Yayla 1998).

## **2.4 Yüzey Kalitesi ve Yüzey Pürüzlülüğü**

### **2.4.1 Yüzey Kalitesi**

Yüzey kalitesi, parçanın yüzeyinde meydana gelen izlerin, hatalar ve dalgalar gibi düzgünsüzlüklerin toplamı olarak ifade edilebilmektedir. Bu düzgünsüzlükler, parçalar arası gerçek temas yüzeyini küçültmekte, aşınmayı hızlandırmakta, sürtünmeyi arttırmakta ve yorulma mukavemetini azaltmaktadır. Bu nedenle parçanın fonksiyonuna göre yüzey kalitesini tayin etmek tasarımın başlıca görevidir. Pratikte yüzey kalitesi; şekil sapmaları, yüzey dalgaları ve yüzey pürüzlülüğünden meydana gelmektedir (Akkurt 2000).

Talaşlı işlemle imal edilen parçaların fonksiyonlarını yerine getirebilmeleri için boyut ve boyutsal toleranslara ilaveten yüzey bitirme kalitesinin de tayin edilmesi ve talaşlı işlemle bu değerlere ulaşılması gerekmektedir. Geometrik kriterlerin yanı sıra, parça yüzeyleri istenmeyen metalurjik değişimlere uğramamalı, kalıntı gerilmeleri içermemeli ve çatlak gibi hataları ihtiva etmemelidir. Bahsedilen kriterler, özellikle parçaların tahribatlı bir atmosferde yorulma yüklemelerine maruz kalması halinde veya yorulmaların trajik sonuçlara yol açabileceği hallerde daha da önem kazanmaktadır. Uçak endüstrisi gibi kritik kullanım sahalarının genişlemesi ile birlikte yüzey kalitesi daha da önemli hale gelmiştir (Çiğdem 1996).

### **2.4.2 Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Parametreleri**

Yüzey pürüzlülüğünün incelenmesinde şu kavramların açıklanmasında yarar bulunmaktadır; Geometrik yüzey, ideal yüzey olarak kabul edilmektedir. Gerçek yüzey ise işlem sonrası meydana gelen ve yüzey düzgünsüzlüklerini içeren yüzey olarak tanımlanmaktadır. Ölçülen yüzey ise ölçme sonucu elde edilen ve kağıt üzerinde temsil edilen yüzey olarak tanımlanmaktadır (Akkurt 2000). Pratikte yüzey pürüzlülüğünü değerlendirmek için  $R_a$ ,  $R_z$  ve  $R_p$  kullanılmaktadır. Yüzey pürüzlülüğünü temsil eden çeşitli faktörler arasında bir bağlantı bulunmamaktadır. Bununla beraber istatistiki

verilere dayanarak  $R_a \approx 0,2 \dots 0,25$  ve  $R_{max}$ ;  $R_a \approx (0,27 \dots 0,31) \times R_z$  alınabilir (Akkurt 2000).



**Şekil 2.9 Bir Makina Elemanının Yüzey Geometrisi (Ural 1995)**

#### 2.4.2.1 $R_a$ Parametresi

$R_a$ , pürüz alanlarının ortalamasını ifade etmektedir. Ölçüm yapılan mesafedeki (L), tepe ve çukurların oluşturduğu alanların integralinin alınmasıyla hesaplanır. (Şekil 2.9.1)

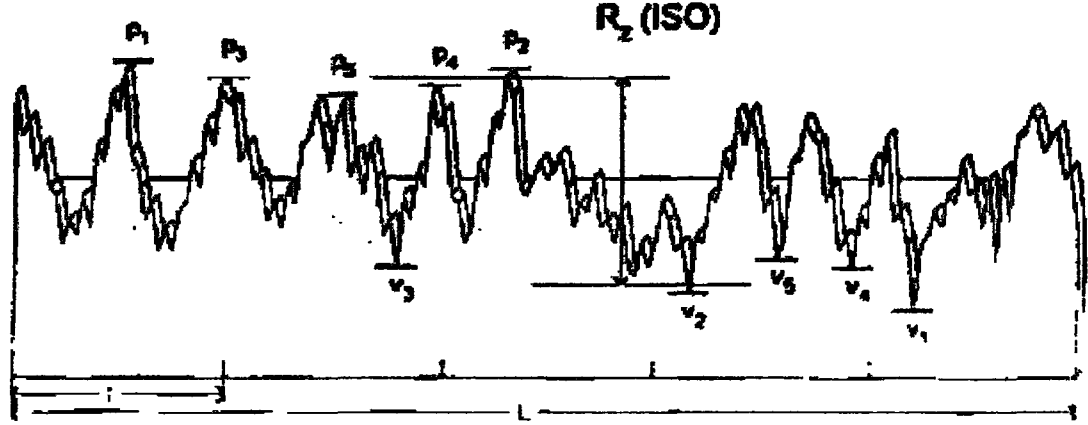
$$R_a = \frac{1}{L} \int_0^L |r(x)| dx \quad (33)$$



**Şekil 2.9.1  $R_a$  Parametresinin Şematik Gösterimi**

#### 2.4.2.2 $R_z$ (ISO) Parametresi

$R_z$ , ölçüm mesafesi (L) üzerindeki en yüksek tepe ile en derin çukurun ölçüm mesafesi olarak tanımlanmaktadır. (Şekil 2.9.2)

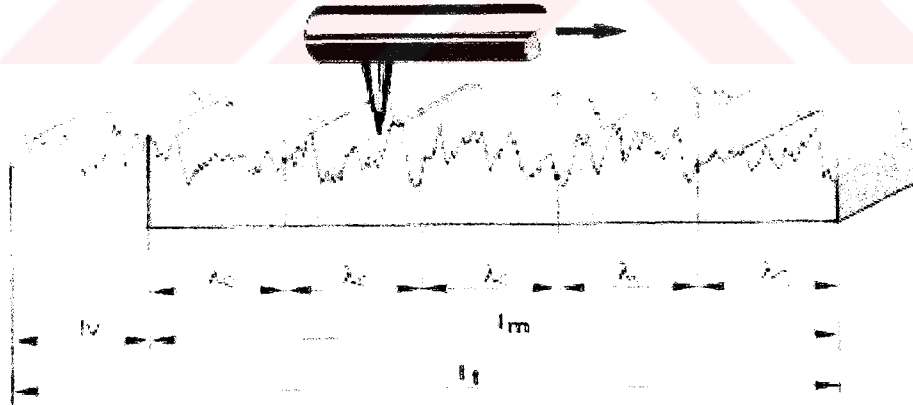


Şekil 2.9.2  $R_z$  Parametresinin Şematik Gösterimi

#### 2.4.2.3 $R_{max}$ ( $R_y$ ) Parametresi

Maksimum tepe yüksekliğinden en derin çukura olan mesafeyi ifade eden bir parametredir.

#### 2.4.2.4 $\lambda_c$ , Sınır Dalga Boyu (Cut off) Parametresi



Şekil 2.9.3 Sınır Dalga Boyu Parametresinin Şematik Gösterimi

Sınır dalga boyu olarak da tanımlanan  $\lambda_c$ , cihazın iğnesinin kaç milimetre ilerledikten sonra bir ölçüm yapacağını belirten bir parametredir (Şekil 2.9.3).

### 3. MATERYAL ve METOT

#### 3.1 Materyal

Deneysel çalışmalarda kullanılan numuneler, mekanik özellikleri çizelge 3.1’de gösterilen, 304 çeliğidir.

**Çizelge 3.1** Deney Numunelerinin Özellikleri (Bargel ve Schulze 1995, Anonim III)

| Numune          | Deney Sıc. (°C) | Çekme Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> ) | Akma Sınırı (N/mm <sup>2</sup> )<br>En az | Kopma Uzaması (%)<br>En az |            | Çentik Vurma Dayanımı (J)<br>En az |
|-----------------|-----------------|-------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------|------------|------------------------------------|
|                 |                 |                                     |                                           | Boylamasına                | Enlemesine |                                    |
| 304             | 30 °C           | 900...1200                          | 650                                       | 60.....2                   |            | -                                  |
| Al              | 30 °C           | 40.....180                          | -                                         | 50.....4                   |            | -                                  |
| Pirinç (CuZn28) | 30 °C           | 300....350                          | -                                         | 60                         | -          | -                                  |

##### 3.1.1 Numunelerin Hazırlanması

Konstrüksiyon gereklerine göre ölçülendirilip teknik resimleri çizilen deney numuneleri (Şekil 2.2), 304 çeliğinden seçilmiş ve universal torna tezgahında, öncelikle kaba talaş kaldırma suretiyle istenen çapa yaklaşılmıştır. Bu işlemi takiben tezgaha mil yüzeylerini istenen tolerans değerlerine getirmek ve yüzeyi daha ince işleyebilmek için taşlama aparatı bağlanmış, mil, torna aynasına bağlı olarak düşük devirde dönerken, taşlama aparatı, yüksek devirde dönerek hassas taşlama ile mil yüzeyini işlemiştir. (Şekil 3.1, Şekil 3.2, Şekil 3.3, Şekil 3.4, Şekil 3.5).

Göbeklerin işlenmesi millere nazaran daha zor olmakla birlikte, motor silindir göbeklerini 0.01 hassaslıkta işleyen göbek tornasına bağlanan göbekler istenen tolerans değerlerinde ve yüzey kalitesinde hassas olarak imal edilmiştir. 5 adet numune Ø25

H7s6 toleransında 304 çeliğinden, 3 adet numune Ø30 H7u6 toleransında 304 ve 5 adet numune de Ø30 H7u6 toleransında 304 çeliğinden imal edilmiştir.



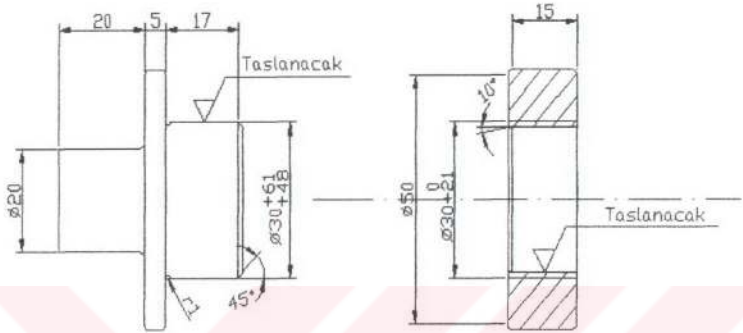
Şekil 3.1 Numunelerin Hazırlanma Süreçleri, Torna İle Talaş Kaldırma, Mil Taşlama



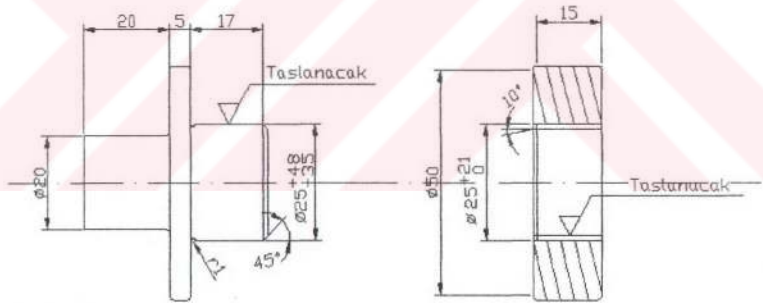
Şekil 3.2 Millerin Yüzeylerinin Taşlanması, Mikrometre İle Ölçüm



Şekil 3.3 Göbek Tornasıyla Göbeklerin 0,01 Hassaslıkta İşlenmesi



Şekil 3.4 Deney Numuneleri Teknik Resimleri ve Toleransları (H7u6)



Şekil 3.5 Deney Numuneleri Teknik Resimleri ve Toleransları (H7s6)

Numuneler, H7u6 ve H7s6 toleranslarında imal edilmiştir. Numunelerin çapları ve tolerans alt ve üst değerleri, birim delik sistemine göre Çizelge 3.2’ de gösterilmiştir. Numunelere deney başlangıcında herhangi bir ısıt işlem uygulanmamış olup deney esnasında ortam sıcaklığı 30 °C olarak ölçülmüştür.

**Çizelge 3.2** Numunelerin Toleransları (ISO Sistemine Göre)

| Numune | Göbek Çapı ve Tolerans Değeri | Mil Çapı ve Tolerans Değeri |
|--------|-------------------------------|-----------------------------|
| H7u6   | $30^{+21}_{+0}$               | $30^{+61}_{+48}$            |
| H7s6   | $25^{+21}_{+0}$               | $25^{+48}_{+35}$            |

### 3.2 Metot

#### 3.2.1 Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazı

Yüzey pürüzlülüğü ölçüm deneylerinde, MAHR Firmasının üretmiş olduğu “Perthometer M2 V 3.03-00” cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.7, Şekil 3.8). Cihazın maksimum ölçüm sınırı 150  $\mu\text{m}$ ’dir. Cihaz iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm, ölçümü yapan iğnenin bağlı bulunduğu hareketli kafa kısmı, ikinci bölüm ise verilerin çıktıya dönüştüğü bilgisayar kısmıdır.



**Şekil 3.6** Perthometer M2 V 3.03-00 Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazı



**Şekil 3.7** Cihazla Numunelerin Yüzey Pürüzlerinin Tespiti

### 3.2.2 Cihaz Parametreleri

Cihazın ölçüm mesafesi seçilen standarda göre değişmekte olup ISO veya JIS standardında ölçüm uzunluğu ( $L_t$ ), 1.750 mm, 5.600 mm, 17.50 mm olarak ölçüm hassasiyetine göre değişmektedir.  $L_t$  şu şekilde hesaplanmaktadır;

$$L_t = \lambda_c \times n \quad (33)$$

Bu eşilikte;

$L_t$  : Ölçüm mesafesini,

$\lambda_c$  : Sınır dalga boyunu (cut off) (Cihazın iğnesinin kaç milimetre ilerledikten sonra bir ölçüm yapacağını belirtir. Örneğin, n sayısı kadar her 0.800 mm’de bir ölçüm gibi),

n : Ölçüm sayısını,

ifade etmektedir .

Ölçüm sayısı “n”, 5 altında seçilemez. Cihazda kullanılan parametreler, tanımları ve hangi standart için kullanıldığı aşağıdaki tabloda gösterilmiştir (Çizelge 3.3).

**Çizelge 3.3 Cihaz Parametreleri ve Standartlar (Mahr 04/99, TS 971/Aralık 1998)**

| Parametre | Tanımı                                                                                                                                                | Standart                                                   |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| $R_a$     | Pürüzlülük profil sapmalarının aritmetik ortalaması                                                                                                   | DIN EN ISO 4287 : 1998, ISO 4287 : 1997, JIS B 0601 : 1994 |
| $R_q$     | Pürüzlülük profilinin RMS sapması                                                                                                                     | DIN EN ISO 4287 : 1998, ISO 4287 : 1997, JIS B 0601 : 1994 |
| $R_z$     | Ortalama tepe – çukur yüksekliği                                                                                                                      | DIN EN ISO 4287 : 1998, ISO 4287 : 1997, JIS B 0601 : 1994 |
| $R_{max}$ | Maksimum pürüz derinliği                                                                                                                              | DIN 4768 : 1990                                            |
| $R_{py}$  | Maksimum tepe profili yüksekliği                                                                                                                      | DIN EN ISO 4287 : 1998, ISO 4287 : 1997                    |
| $R_{pk}$  | Azaltılmış tepe yüksekliği                                                                                                                            | DIN EN ISO : 13565-2 : 1997                                |
| $R_k$     | Merkezdeki pürüz derinliği                                                                                                                            | DIN EN ISO : 13565-2 : 1997                                |
| $R_{vk}$  | Azaltılmış çukur derinliği                                                                                                                            | DIN EN ISO : 13565-2 : 1997                                |
| $M_{t1}$  | Malzeme oranı 1 (%). Malzeme oranı (%) olarak, yüzeyde aşırı veya beklenmedik şekilde belirmiş olan tepeleri merkez pürüzlülük profilinden ayıran hat | DIN EN ISO : 13565-2 : 1997                                |
| $M_{t2}$  | Malzeme oranı 2 (%). Çok derin ve aşırı olan çukurları merkez pürüzlülük profilinden ayıran hat (% olarak)                                            | DIN EN ISO : 13565-2 : 1997                                |
| $R_t$     | Pürüz derinliği                                                                                                                                       | DIN EN ISO 4287 : 1998, ISO 4287 : 1997                    |
| $P_e$     | 1 cm'deki tepe sayısı                                                                                                                                 | SEP 1940 : 1992, ANSI/ASME B46.1 : 1985                    |
| $S_m$     | Profil düzensizliklerinin ortalama aralığı                                                                                                            | DIN EN ISO 4287 : 1998, ISO 4287 : 1997, JIS B 0601 : 1994 |
| $R$       | Pürüz motiflerinin ortalama derinliği                                                                                                                 | ISO 12085 : 1996                                           |

Deneyler, 5.600 mm ölçüm aralığında  $n = 7$ ,  $\lambda_c = 0.800$  alınarak yapılmıştır.

## 4. BULGULAR

### 4.1 Deney Numunelerinin İmalat Sonrası Net Ölçümleri

İmal edilen numunelerde deneye başlanmadan önce yapılan ölçümler ve bu ölçümler neticesinde hesaplanan max. sıklık değerleri aşağıdaki çizelgelerde gösterilmiştir(Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3, Çizelge 4.4, Çizelge 4.5, Çizelge 4.6).

**Çizelge 4.1** Ø30H7u6 Numunelerin Montaj Öncesi Net Toleransları ve Max. Sıklık Değerleri.

| Numune No.             | Mil Net Toleransı | Göbek Net Toleransı | $U_{max}$  |
|------------------------|-------------------|---------------------|------------|
| Ø30H7u6 1 no.lu numune | 50 $\mu m$        | 7 $\mu m$           | 43 $\mu m$ |
| Ø30H7u6 2 no.lu numune | 52 $\mu m$        | 12 $\mu m$          | 40 $\mu m$ |
| Ø30H7u6 3 no.lu numune | 56 $\mu m$        | 4 $\mu m$           | 52 $\mu m$ |

**Çizelge 4.2** Ø25H7s6 Numunelerin Montaj Öncesi Net Toleransları ve Max. Sıklık Değerleri.

| Numune No.             | Mil Net Toleransı | Göbek Net Toleransı | $U_{max}$  |
|------------------------|-------------------|---------------------|------------|
| Ø25H7s6 1 no.lu numune | 43 $\mu m$        | 17 $\mu m$          | 26 $\mu m$ |
| Ø25H7s6 2 no.lu numune | 42 $\mu m$        | 10 $\mu m$          | 32 $\mu m$ |
| Ø25H7s6 3 no.lu numune | 46 $\mu m$        | 6 $\mu m$           | 40 $\mu m$ |
| Ø25H7s6 4 no.lu numune | 48 $\mu m$        | 15 $\mu m$          | 33 $\mu m$ |
| Ø25H7s6 5 no.lu numune | 45 $\mu m$        | 9 $\mu m$           | 36 $\mu m$ |

**Çizelge 4.3** Ø30H7u6 Numunelerin Montaj Öncesi Net Toleransları ve Max. Sıklık Değerleri.

| Numune No.             | Mil Net Toleransı | Göbek Net Toleransı | $U_{max}$  |
|------------------------|-------------------|---------------------|------------|
| Ø30H7u6 1 no.lu numune | 57 $\mu m$        | 12 $\mu m$          | 45 $\mu m$ |
| Ø30H7u6 2 no.lu numune | 50 $\mu m$        | 15 $\mu m$          | 35 $\mu m$ |
| Ø30H7u6 3 no.lu numune | 59 $\mu m$        | 7 $\mu m$           | 52 $\mu m$ |
| Ø30H7u6 4 no.lu numune | 55 $\mu m$        | 10 $\mu m$          | 45 $\mu m$ |
| Ø30H7u6 5 no.lu numune | 53 $\mu m$        | 5 $\mu m$           | 48 $\mu m$ |

**Çizelge 4.4 Ø30H7u6 Al. Göbek – 304 Çeliği Mil, Numunelerin Montaj Öncesi Net Toleransları ve Max. Sıkılık Değerleri.**

| Numune No.             | Mil Net Toleransı | Göbek Net Toleransı | U <sub>max</sub> |
|------------------------|-------------------|---------------------|------------------|
| Ø30H7u6 1 no.lu numune | 53 µm             | 7 µm                | 46 µm            |
| Ø30H7u6 2 no.lu numune | 55 µm             | 14 µm               | 41 µm            |
| Ø30H7u6 3 no.lu numune | 58 µm             | 7 µm                | 51 µm            |

**Çizelge 4.5 Ø30H7u6 Pirinç Göbek – 304 Çeliği Mil, Numunelerin Montaj Öncesi Net Toleransları ve Max. Sıkılık Değerleri.**

| Numune No.             | Mil Net Toleransı | Göbek Net Toleransı | U <sub>max</sub> |
|------------------------|-------------------|---------------------|------------------|
| Ø30H7u6 1 no.lu numune | 50 µm             | 18 µm               | 32 µm            |
| Ø30H7u6 2 no.lu numune | 59 µm             | 11 µm               | 48 µm            |
| Ø30H7u6 3 no.lu numune | 51 µm             | 7 µm                | 44 µm            |

**Çizelge 4.6 Ø30H7u6 304 Çeliğinden İmal Edilen (Göbek Dış Çapı Ø70), Numunelerin Montaj Öncesi Net Toleransları ve Max. Sıkılık Değerleri.**

| Numune No.             | Mil Net Toleransı | Göbek Net Toleransı | U <sub>max</sub> |
|------------------------|-------------------|---------------------|------------------|
| Ø30H7u6 1 no.lu numune | 53 µm             | 11 µm               | 42 µm            |
| Ø30H7u6 2 no.lu numune | 57 µm             | 16 µm               | 41 µm            |
| Ø30H7u6 3 no.lu numune | 57 µm             | 20 µm               | 37 µm            |

#### **4.2 Deney Öncesi Geçme Sıcaklığının Tespiti**

Deneye başlamadan önce göbeklerin (deliklerin), hangi sıcaklıklarda genleşeceğinin tespitinde, 2.3.2'deki (29) numaralı formül kullanılmış ve ısı genleşme katsayıları çizelge 2.1'den alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Deney ortam sıcaklığı 30°C olarak ölçülmüştür.

Buna göre;

**4.2.1 304 Çeliğinden İmal Edilen ve Çizelge 4.1’de Net Toleransları Verilen Ø30 H7u6 Numunelerin Geçme Sıcaklıkları;**

a) 1 numaralı numune, göbeğin ısıtılması gereken sıcaklık değeri;

$$t_{G1} = \frac{(43 \times 10^{-3} + 30 \times 10^{-3})}{(11 \times 10^{-6} \times 30)} + 30 = 251,21^{\circ}\text{C}$$

b) 2 numaralı numune, göbeğin ısıtılması gereken sıcaklık değeri;

$$t_{G2} = \frac{(40 \times 10^{-3} + 30 \times 10^{-3})}{(11 \times 10^{-6} \times 30)} + 30 = 242,12^{\circ}\text{C}$$

c) 3 numaralı numune, göbeğin ısıtılması gereken sıcaklık değeri;

$$t_{G3} = \frac{(52 \times 10^{-3} + 30 \times 10^{-3})}{(11 \times 10^{-6} \times 30)} + 30 = 278,48^{\circ}\text{C}$$

olarak hesaplanmıştır.

**4.2.2 304 Çeliğinden İmal Edilen ve Çizelge 4.2’de Net Toleransları Verilen Ø25 H7s6 Numunelerin Geçme Sıcaklıkları;**

a) 1 numaralı numune, göbeğin ısıtılması gereken sıcaklık değeri;

$$t_{G1} = \frac{(26 \times 10^{-3} + 25 \times 10^{-3})}{(11 \times 10^{-6} \times 25)} + 30 = 185,45^{\circ}\text{C}$$

b) 2 numaralı numune, göbeğin ısıtılması gereken sıcaklık değeri;

$$t_{G2} = \frac{(32 \times 10^{-3} + 25 \times 10^{-3})}{(11 \times 10^{-6} \times 25)} + 30 = 237,27^{\circ}C$$

c) 3 numaralı numune, göbeğin ısıtılması gereken sıcaklık değeri;

$$t_{G3} = \frac{(40 \times 10^{-3} + 25 \times 10^{-3})}{(11 \times 10^{-6} \times 25)} + 30 = 266,36^{\circ}C$$

d) 4 numaralı numune, göbeğin ısıtılması gereken sıcaklık değeri;

$$t_{G4} = \frac{(33 \times 10^{-3} + 25 \times 10^{-3})}{(11 \times 10^{-6} \times 25)} + 30 = 241^{\circ}C$$

e) 5 numaralı numune, göbeğin ısıtılması gereken sıcaklık değeri;

$$t_{G5} = \frac{(36 \times 10^{-3} + 25 \times 10^{-3})}{(11 \times 10^{-6} \times 25)} + 30 = 251,81^{\circ}C$$

olarak hesaplanmıştır.

**4.2.3 304 Çeliğinden İmal Edilen ve Çizelge 4.3’de Net Toleransları Verilen Ø30 H7u6 Numunelerin Geçme Sıcaklıkları;**

a) 1 numaralı numune, göbeğin ısıtılması gereken sıcaklık değeri;

$$t_{G1} = \frac{(45 \times 10^{-3} + 30 \times 10^{-3})}{(11 \times 10^{-6} \times 30)} + 30 = 257,3^{\circ}C$$

b) 2 numaralı numune, göbeğin ısıtılması gereken sıcaklık değeri;

$$t_{G2} = \frac{(35 \times 10^{-3} + 30 \times 10^{-3})}{(11 \times 10^{-6} \times 30)} + 30 = 226,96^{\circ}C$$

c) 3 numaralı numune, göbeğin ısıtılması gereken sıcaklık değeri;

$$t_{G3} = \frac{(52 \times 10^{-3} + 30 \times 10^{-3})}{(11 \times 10^{-6} \times 30)} + 30 = 278,48^{\circ}\text{C}$$

d) 4 numaralı numune, göbeğin ısıtılması gereken sıcaklık değeri;

$$t_{G4} = \frac{(45 \times 10^{-3} + 30 \times 10^{-3})}{(11 \times 10^{-6} \times 30)} + 30 = 257,3^{\circ}\text{C}$$

e) 5 numaralı numune, göbeğin ısıtılması gereken sıcaklık değeri;

$$t_{G5} = \frac{(48 \times 10^{-3} + 30 \times 10^{-3})}{(11 \times 10^{-6} \times 30)} + 30 = 266,36^{\circ}\text{C}$$

olarak hesaplanmıştır.

#### 4.2.4 Al. Göbek ve 304 Çeliğinden İmal Edilen ve Çizelge 4.4'de Net Toleransları Verilen Ø30 H7u6 Numunelerin Geçme Sıcaklıkları;

a) 1 numaralı numune, göbeğin ısıtılması gereken sıcaklık değeri;

$$t_{G1} = \frac{(46 \times 10^{-3} + 30 \times 10^{-3})}{(23 \times 10^{-6} \times 30)} + 30 = 140,14^{\circ}\text{C}$$

b) 2 numaralı numune, göbeğin ısıtılması gereken sıcaklık değeri;

$$t_{G2} = \frac{(41 \times 10^{-3} + 30 \times 10^{-3})}{(23 \times 10^{-6} \times 30)} + 30 = 132,89^{\circ}\text{C}$$

c) 3 numaralı numune, göbeğin ısıtılması gereken sıcaklık değeri;

$$t_{G3} = \frac{(51 \times 10^{-3} + 30 \times 10^{-3})}{(23 \times 10^{-6} \times 30)} + 30 = 147,39^{\circ}\text{C}$$

olarak hesaplanmıştır.

**4.2.5 Pirinç Göbek ve 304 Çeliğinden İmal Edilen ve Çizelge 4.5’de Net Toleransları Verilen Ø30 H7u6 Numunelerin Geçme Sıcaklıkları;**

d) 1 numaralı numune, göbeğin ısıtılması gereken sıcaklık değeri;

$$t_{G1} = \frac{(32 \times 10^{-3} + 30 \times 10^{-3})}{(18 \times 10^{-6} \times 30)} + 30 = 144,81^{\circ}\text{C}$$

e) 2 numaralı numune, göbeğin ısıtılması gereken sıcaklık değeri;

$$t_{G2} = \frac{(48 \times 10^{-3} + 30 \times 10^{-3})}{(18 \times 10^{-6} \times 30)} + 30 = 174,44^{\circ}\text{C}$$

f) 3 numaralı numune, göbeğin ısıtılması gereken sıcaklık değeri;

$$t_{G3} = \frac{(44 \times 10^{-3} + 30 \times 10^{-3})}{(18 \times 10^{-6} \times 30)} + 30 = 167,03^{\circ}\text{C}$$

olarak hesaplanmıştır.

**4.2.6 304 Çeliğinden, Göbek Dış Çapı Ø70 Seçilerek İmal Edilen ve Çizelge 4.6'da Net Toleransları Verilen Ø30 H7u6 Numunelerin Geçme Sıcaklıkları;**

g) 1 numaralı numune, göbeğin ısıtılması gereken sıcaklık değeri;

$$t_{G1} = \frac{(42 \times 10^{-3} + 30 \times 10^{-3})}{(11 \times 10^{-6} \times 30)} + 30 = 248,18^{\circ}\text{C}$$

h) 2 numaralı numune, göbeğin ısıtılması gereken sıcaklık değeri;

$$t_{G2} = \frac{(41 \times 10^{-3} + 30 \times 10^{-3})}{(11 \times 10^{-6} \times 30)} + 30 = 245,15^{\circ}\text{C}$$

i) 3 numaralı numune, göbeğin ısıtılması gereken sıcaklık değeri;

$$t_{G3} = \frac{(37 \times 10^{-3} + 30 \times 10^{-3})}{(11 \times 10^{-6} \times 30)} + 30 = 233,03^{\circ}\text{C}$$

olarak hesaplanmıştır.

**Çizelge 4.7 Göbeklerin Genleşme Sıcaklıkları**

| <b>Ø30H7u6 Numuneler</b>   | <b>Genleşme Sıcaklığı</b> |
|----------------------------|---------------------------|
| Ø30H7u6, 1 numaralı numune | 251,21 °C                 |
| Ø30H7u6, 2 numaralı numune | 242,12 °C                 |
| Ø30H7u6, 3 numaralı numune | 278,48 °C                 |
| <b>Ø25H7s6 Numuneler</b>   | <b>Genleşme Sıcaklığı</b> |
| Ø25H7s6, 1 numaralı numune | 251,81 °C                 |
| Ø25H7s6, 2 numaralı numune | 237,27 °C                 |
| Ø25H7s6, 3 numaralı numune | 266,36 °C                 |
| Ø25H7s6, 4 numaralı numune | 241 °C                    |
| Ø25H7s6, 5 numaralı numune | 251,81 °C                 |

| <b>Çizelge 4.7 Göbeklerin Genleşme Sıcaklıkları (devamı)</b> |                           |
|--------------------------------------------------------------|---------------------------|
| <b>Ø30H7u6 Numuneler</b>                                     | <b>Genleşme Sıcaklığı</b> |
| Ø30H7u6, 1 numaralı numune                                   | 257,3 °C                  |
| Ø30H7u6, 2 numaralı numune                                   | 226,96 °C                 |
| Ø30H7u6, 3 numaralı numune                                   | 278,48 °C                 |
| Ø30H7u6, 4 numaralı numune                                   | 257,3 °C                  |
| Ø30H7u6, 5 numaralı numune                                   | 266,36 °C                 |
| <b>Ø30H7u6 Al. Numuneler</b>                                 | <b>Genleşme Sıcaklığı</b> |
| Ø30H7u6, 1 numaralı numune                                   | 140,14 °C                 |
| Ø30H7u6, 2 numaralı numune                                   | 132,89 °C                 |
| Ø30H7u6, 3 numaralı numune                                   | 147,39 °C                 |
| <b>Ø30H7u6 Pirinç Numuneler</b>                              | <b>Genleşme Sıcaklığı</b> |
| Ø30H7u6, 1 numaralı numune                                   | 144,81 °C                 |
| Ø30H7u6, 2 numaralı numune                                   | 174,44 °C                 |
| Ø30H7u6, 3 numaralı numune                                   | 167,03 °C                 |
| <b>Ø30H7u6 304 Numuneler (Göbek dış çapı Ø70)</b>            | <b>Genleşme Sıcaklığı</b> |
| Ø30H7u6, 1 numaralı numune                                   | 248,18 °C                 |
| Ø30H7u6, 2 numaralı numune                                   | 245,15 °C                 |
| Ø30H7u6, 3 numaralı numune                                   | 233,03 °C                 |

Geçmelerin sağlanabilmesi için göbeklerin ısıtılması gereken sıcaklık değerleri tespit edilmiştir (Çizelge 4.7). İmal edilen numunelerin yüzeyleri, montaj yapılmadan önce “Perthometer M2 V3.03-00” yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazında, numune üzerindeki rasgele üç noktadan ölçülmüş olup, montaj öncesi ve demonte sonrası yüzey pürüzlülük kayıp değerleri bu üç ölçüm sonucunun ortalaması alınarak hesaplanmıştır ve sonuçlar, özetle çizelgelerde belirtilmiştir.

#### **4.3 Yüzey Pürüzlerinin Montaj Öncesi ve Demonte Sonrası Tespiti**

Montaj öncesi yapılan ölçümler, numuneler üzerinde rastgele üç nokta ölçülerek ve yapılan ölçümlerin ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler Çizelge 4.8, Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.14’de gösterilmiştir.

#### 4.3.1 304 Çeliğinden İmal Edilen Ø30 H7u6 Numunelerin Montaj Öncesi Ölçümleri

a) 1 No'lu milin montaj öncesi ölçümleri:

|                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| $Ra_1=0,693 \mu m$     | $Rz_1=3,97 \mu m$     |
| $Ra_2=0,687 \mu m$     | $Rz_2=3,66 \mu m$     |
| $Ra_3=0,647 \mu m$     | $Rz_3=3,31 \mu m$     |
| $Ra_{ort}=0,675 \mu m$ | $Rz_{ort}=3,65 \mu m$ |

b) 1 No'lu göbeğin montaj öncesi ölçümleri:

|                        |                        |
|------------------------|------------------------|
| $Ra_1=0,277 \mu m$     | $Rz_1=2,86 \mu m$      |
| $Ra_2=0,398 \mu m$     | $Rz_2=3,28 \mu m$      |
| $Ra_3=0,249 \mu m$     | $Rz_3=2,57 \mu m$      |
| $Ra_{ort}=0,308 \mu m$ | $Rz_{ort}=2,903 \mu m$ |

c) 2 No'lu milin montaj öncesi ölçümleri:

|                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| $Ra_1=0,547 \mu m$     | $Rz_1=2,68 \mu m$     |
| $Ra_2=0,546 \mu m$     | $Rz_2=2,70 \mu m$     |
| $Ra_3=0,543 \mu m$     | $Rz_3=2,72 \mu m$     |
| $Ra_{ort}=0,545 \mu m$ | $Rz_{ort}=2,70 \mu m$ |

d) 2 No'lu göbeğin montaj öncesi ölçümleri:

|                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| $Ra_1=0,510 \mu m$     | $Rz_1=3,18 \mu m$     |
| $Ra_2=0,535 \mu m$     | $Rz_2=3,37 \mu m$     |
| $Ra_3=0,540 \mu m$     | $Rz_3=3,43 \mu m$     |
| $Ra_{ort}=0,528 \mu m$ | $Rz_{ort}=3,33 \mu m$ |

e) 3 No'lu milin montaj öncesi ölçümleri:

|                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| $Ra_1=0,305 \mu m$     | $Rz_1=2,57 \mu m$     |
| $Ra_2=0,367 \mu m$     | $Rz_2=2,81 \mu m$     |
| $Ra_3=0,315 \mu m$     | $Rz_3=2,38 \mu m$     |
| $Ra_{ort}=0,329 \mu m$ | $Rz_{ort}=2,59 \mu m$ |

f) 3 No'lu göbeğin montaj öncesi ölçümleri:

|                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| $Ra_1=0,791 \mu m$     | $Rz_1=3,55 \mu m$     |
| $Ra_2=0,818 \mu m$     | $Rz_2=3,94 \mu m$     |
| $Ra_3=0,835 \mu m$     | $Rz_3=4,02 \mu m$     |
| $Ra_{ort}=0,815 \mu m$ | $Rz_{ort}=3,84 \mu m$ |

#### **4.3.2 304 Çeliğinden İmal Edilen Ø30 H7u6 Numunelerin Demonte Sonrası Ölçümleri**

a) 1 No'lu milin demonte sonrası ölçümleri:

|                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| $Ra_1=0,464 \mu m$     | $Rz_1=2,95 \mu m$     |
| $Ra_2=0,490 \mu m$     | $Rz_2=2,94 \mu m$     |
| $Ra_3=0,348 \mu m$     | $Rz_3=2,89 \mu m$     |
| $Ra_{ort}=0,434 \mu m$ | $Rz_{ort}=2,93 \mu m$ |

b) 1 No'lu göbeğin demonte sonrası ölçümleri:

|                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| $Ra_1=0,224 \mu m$      | $Rz_1=1,85 \mu m$      |
| $Ra_2=0,238 \mu m$      | $Rz_2=1,99 \mu m$      |
| $Ra_3=0,224 \mu m$      | $Rz_3=1,84 \mu m$      |
| $Ra_{ort.}=0,229 \mu m$ | $Rz_{ort.}=1,89 \mu m$ |

c) 2 No'lu milin demonte sonrası ölçümleri:

|                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| $Ra_1=0,247 \mu m$      | $Rz_1=2,13 \mu m$      |
| $Ra_2=0,241 \mu m$      | $Rz_2=2,07 \mu m$      |
| $Ra_3=0,293 \mu m$      | $Rz_3=2,37 \mu m$      |
| $Ra_{ort.}=0,260 \mu m$ | $Rz_{ort.}=2,09 \mu m$ |

d) 2 No'lu göbeğin demonte sonrası ölçümleri:

|                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| $Ra_1=0,285 \mu m$      | $Rz_1=2,31 \mu m$      |
| $Ra_2=0,292 \mu m$      | $Rz_2=2,39 \mu m$      |
| $Ra_3=0,301 \mu m$      | $Rz_3=2,49 \mu m$      |
| $Ra_{ort.}=0,299 \mu m$ | $Rz_{ort.}=2,39 \mu m$ |

e) 3 No'lu milin demonte sonrası ölçümleri:

|                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| $Ra_1=0,345 \mu m$      | $Rz_1=2,12 \mu m$      |
| $Ra_2=0,314 \mu m$      | $Rz_2=2,01 \mu m$      |
| $Ra_3=0,311 \mu m$      | $Rz_3=1,96 \mu m$      |
| $Ra_{ort.}=0,323 \mu m$ | $Rz_{ort.}=2,03 \mu m$ |

f) 3 No'lu göbeğin demonte sonrası ölçümleri:

$$Ra_1=0,441 \mu\text{m}$$

$$Rz_1=2,44 \mu\text{m}$$

$$Ra_2=0,583 \mu\text{m}$$

$$Rz_2=2,96 \mu\text{m}$$

$$Ra_3=0,553 \mu\text{m}$$

$$Rz_3=2,86 \mu\text{m}$$

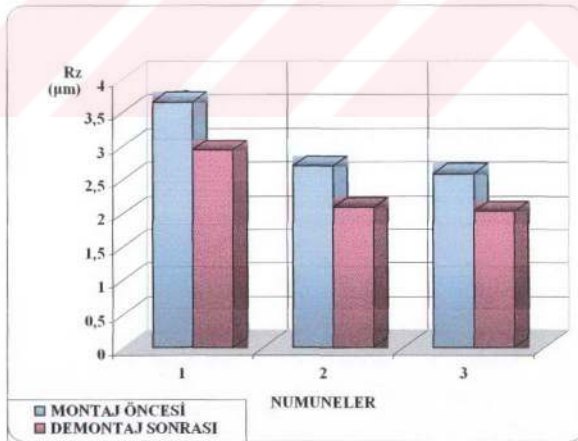
$$Ra_{\text{ort}}=0,526 \mu\text{m}$$

$$Rz_{\text{ort}}=2,75 \mu\text{m}$$

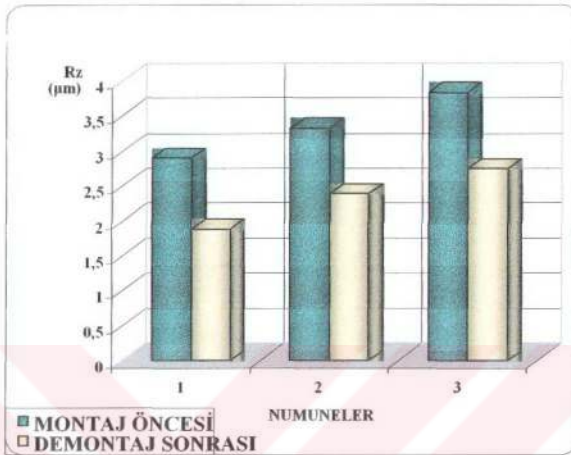
**Çizelge 4.8** Ø30H7u6 Toleransında 304 Çeliğinden İmal Edilen Numunelerin Ölçümleri ve Yüzey Pürüzlülüğü Kayıpları:

|   | MONTAJ ÖNCESİ |       |         |       | DEMONTE SONRASI |       |         |       | ΔRz (%) |       |
|---|---------------|-------|---------|-------|-----------------|-------|---------|-------|---------|-------|
|   | Ra (µm)       |       | Rz (µm) |       | Ra (µm)         |       | Rz (µm) |       |         |       |
|   | MİL           | GÖBEK | MİL     | GÖBEK | MİL             | GÖBEK | MİL     | GÖBEK | MİL     | GÖBEK |
| 1 | 0,675         | 0,308 | 3,65    | 2,903 | 0,434           | 0,229 | 2,93    | 1,89  | %20     | %35   |
| 2 | 0,545         | 0,528 | 2,7     | 3,33  | 0,26            | 0,299 | 2,09    | 2,39  | %23     | %28   |
| 3 | 0,329         | 0,815 | 2,59    | 3,84  | 0,323           | 0,526 | 2,03    | 2,75  | %22     | %28   |

**Çizelge 4.9** Ø30H7u6 Toleransında 304 Çeliğinden İmal Edilen Millerin Ölçümleri ve Yüzey Pürüzlülüğü Kayıpları



**Çizelge 4.10** Ø30H7u6 Toleransında 304 Çeliğinden İmal Edilen Göbeklerin Ölçümleri ve Yüzey Pürüzlülüğü Kayıpları



#### 4.3.2.1 Ø30 H7u6 Toleransında 304 Çeliğinden İmal Edilen Numunelerde Teorik ve Deney Sonucu Bulunan Aı Değerlerinin Karşılaştırılması;

$$\Delta u_{T1} = 1,2 \times (3,65 + 2,903) = 7,86 \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{T2} = 1,2 \times (2,70 + 3,33) = 7,24 \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{T3} = 1,2 \times (2,59 + 3,84) = 7,72 \mu\text{m}$$

$$\Delta R_{z\text{Göbek1}} = 2,903 - 1,89 = 1,013 \mu\text{m}$$

$$\Delta R_{z\text{Göbek2}} = 3,33 - 2,39 = 0,94 \mu\text{m}$$

$$\Delta R_{z\text{Göbek3}} = 3,84 - 2,75 = 1,09 \mu\text{m}$$

$$\Delta R_{z\text{Mil1}} = 3,65 - 2,93 = 0,72 \mu\text{m}$$

$$\Delta R_{z\text{Mil2}} = 2,70 - 2,09 = 0,61 \mu\text{m}$$

$$\Delta R_{z\text{Mil3}} = 2,59 - 2,03 = 0,56 \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{P1} = 1,013 + 0,72 = 1,73 \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{P2} = 0,94 + 0,61 = 1,55 \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{P1} = 1,09 + 0,56 = 1,65 \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{P1} / \Delta u_{T1} = ( 7,86 - 1,73 ) / 7,86 = \%78$$

$$\Delta u_{P2} / \Delta u_{T2} = ( 7,24 - 1,55 ) / 7,24 = \%79$$

$$\Delta u_{P3} / \Delta u_{T3} = ( 7,72 - 1,65 ) / 7,72 = \%79$$

#### 4.3.3 304 Çeliğinden İmal Edilen Ø25 H7s6 Toleransındaki Numunelerin Montaj Öncesi Ölçümleri

a) 1 No'lu milin montaj öncesi ölçümleri:

$$Ra_1=2,855 \mu\text{m}$$

$$Rz_1=12,1 \mu\text{m}$$

$$Ra_2=2,728 \mu\text{m}$$

$$Rz_2=11,6 \mu\text{m}$$

$$Ra_3=2,659 \mu\text{m}$$

$$Rz_3=11,7 \mu\text{m}$$

$$Ra_{ort.}=2,747 \mu\text{m}$$

$$Rz_{ort.}=11,8 \mu\text{m}$$

b) 1 No'lu göbeğin montaj öncesi ölçümleri:

$$Ra_1=0,308 \mu\text{m}$$

$$Rz_1=2,76 \mu\text{m}$$

$$Ra_2=0,243 \mu\text{m}$$

$$Rz_2=2,43 \mu\text{m}$$

$$Ra_3=0,438 \mu\text{m}$$

$$Rz_3=3,11 \mu\text{m}$$

$$Ra_{ort.}=0,329 \mu\text{m}$$

$$Rz_{ort.}=2,76 \mu\text{m}$$

c) 2 No'lu milin montaj öncesi ölçümleri:

$$Ra_1=1,609 \mu\text{m}$$

$$Rz_1=8,17 \mu\text{m}$$

$$Ra_2=1,429 \mu\text{m}$$

$$Rz_2=7,28 \mu\text{m}$$

$$Ra_3=1,422 \mu\text{m}$$

$$Rz_3=7,37 \mu\text{m}$$

$$Ra_{ort.}=1,486 \mu\text{m}$$

$$Rz_{ort.}=7,61 \mu\text{m}$$

d) 2 No'lu göbeğin montaj öncesi ölçümleri:

|                              |                             |
|------------------------------|-----------------------------|
| $Ra_1=0,338 \mu\text{m}$     | $Rz_1=2,17 \mu\text{m}$     |
| $Ra_2=0,314 \mu\text{m}$     | $Rz_2=2,13 \mu\text{m}$     |
| $Ra_3=0,330 \mu\text{m}$     | $Rz_3=2,20 \mu\text{m}$     |
| $Ra_{ort}=0,327 \mu\text{m}$ | $Rz_{ort}=2,17 \mu\text{m}$ |

e) 3 No'lu milin montaj öncesi ölçümleri:

|                              |                             |
|------------------------------|-----------------------------|
| $Ra_1=0,395 \mu\text{m}$     | $Rz_1=2,08 \mu\text{m}$     |
| $Ra_2=0,402 \mu\text{m}$     | $Rz_2=2,27 \mu\text{m}$     |
| $Ra_3=0,445 \mu\text{m}$     | $Rz_3=2,34 \mu\text{m}$     |
| $Ra_{ort}=0,414 \mu\text{m}$ | $Rz_{ort}=2,23 \mu\text{m}$ |

f) 3 No'lu göbeğin montaj öncesi ölçümleri:

|                              |                             |
|------------------------------|-----------------------------|
| $Ra_1=0,462 \mu\text{m}$     | $Rz_1=3.30 \mu\text{m}$     |
| $Ra_2=0,450 \mu\text{m}$     | $Rz_2=3.27 \mu\text{m}$     |
| $Ra_3=0,486 \mu\text{m}$     | $Rz_3=3.52 \mu\text{m}$     |
| $Ra_{ort}=0,465 \mu\text{m}$ | $Rz_{ort}=3.36 \mu\text{m}$ |

g) 4 No'lu milin montaj öncesi ölçümleri:

|                              |                             |
|------------------------------|-----------------------------|
| $Ra_1=0,167 \mu\text{m}$     | $Rz_1=1.70 \mu\text{m}$     |
| $Ra_2=0,206 \mu\text{m}$     | $Rz_2=1.83 \mu\text{m}$     |
| $Ra_3=0,325 \mu\text{m}$     | $Rz_3=2.38 \mu\text{m}$     |
| $Ra_{ort}=0,233 \mu\text{m}$ | $Rz_{ort}=1.97 \mu\text{m}$ |

h) 4 No'lu göbeğin montaj öncesi ölçümleri:

|                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| $Ra_1=0,435 \mu m$      | $Rz_1=2.62 \mu m$      |
| $Ra_2=0,411 \mu m$      | $Rz_2=2.40 \mu m$      |
| $Ra_3=0,406 \mu m$      | $Rz_3=2.25 \mu m$      |
| $Ra_{ort.}=0,417 \mu m$ | $Rz_{ort.}=2.52 \mu m$ |

i) 5 No'lu milin montaj öncesi ölçümleri:

|                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| $Ra_1=0,678 \mu m$      | $Rz_1=3.97 \mu m$      |
| $Ra_2=0,648 \mu m$      | $Rz_2=3.84 \mu m$      |
| $Ra_3=0,673 \mu m$      | $Rz_3=3.72 \mu m$      |
| $Ra_{ort.}=0,633 \mu m$ | $Rz_{ort.}=3.84 \mu m$ |

j) 5 No'lu göbeğin montaj öncesi ölçümleri:

|                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| $Ra_1=0,364 \mu m$      | $Rz_1=2.26 \mu m$      |
| $Ra_2=0,376 \mu m$      | $Rz_2=2.43 \mu m$      |
| $Ra_3=0,341 \mu m$      | $Rz_3=2.74 \mu m$      |
| $Ra_{ort.}=0,360 \mu m$ | $Rz_{ort.}=2.48 \mu m$ |

#### 4.3.4 304 Çeliğinden İmal Edilen Ø25 H7s6 Toleransındaki Numunelerin Demonte Sonrası Ölçümleri

a) 1 No'lu milin demonte sonrası ölçümleri:

|                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| $Ra_1=1,789 \mu m$      | $Rz_1=9,04 \mu m$      |
| $Ra_2=1,683 \mu m$      | $Rz_2=8,99 \mu m$      |
| $Ra_3=1,713 \mu m$      | $Rz_3=9,38 \mu m$      |
| $Ra_{ort.}=1,728 \mu m$ | $Rz_{ort.}=9,14 \mu m$ |

b) 1 No'lu göbeğin demonte sonrası ölçümleri:

|                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| $Ra_1=0,313 \mu m$     | $Rz_1=1,89 \mu m$     |
| $Ra_2=0,263 \mu m$     | $Rz_2=1,68 \mu m$     |
| $Ra_3=0,408 \mu m$     | $Rz_3=2,33 \mu m$     |
| $Ra_{ort}=0,328 \mu m$ | $Rz_{ort}=1,97 \mu m$ |

c) 2 No'lu milin demonte sonrası ölçümleri:

|                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| $Ra_1=1,125 \mu m$     | $Rz_1=5,73 \mu m$     |
| $Ra_2=1,242 \mu m$     | $Rz_2=6,30 \mu m$     |
| $Ra_3=1,278 \mu m$     | $Rz_3=6,21 \mu m$     |
| $Ra_{ort}=1,215 \mu m$ | $Rz_{ort}=6,08 \mu m$ |

d) 2 No'lu göbeğin demonte sonrası ölçümleri:

|                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| $Ra_1=0,271 \mu m$     | $Rz_1=1,68 \mu m$     |
| $Ra_2=0,252 \mu m$     | $Rz_2=1,54 \mu m$     |
| $Ra_3=0,232 \mu m$     | $Rz_3=1,51 \mu m$     |
| $Ra_{ort}=0,252 \mu m$ | $Rz_{ort}=1,58 \mu m$ |

e) 3 No'lu milin demonte sonrası ölçümleri:

|                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| $Ra_1=0,320 \mu m$     | $Rz_1=1,63 \mu m$     |
| $Ra_2=0,322 \mu m$     | $Rz_2=1,68 \mu m$     |
| $Ra_3=0,331 \mu m$     | $Rz_3=1,62 \mu m$     |
| $Ra_{ort}=0,324 \mu m$ | $Rz_{ort}=1,64 \mu m$ |

f) 3 No'lu göbeğin demonte sonrası ölçümleri:

$$Ra_1=0,249 \mu\text{m} \quad Rz_1=2.44 \mu\text{m}$$

$$Ra_2=0,222 \mu\text{m} \quad Rz_2=2.38 \mu\text{m}$$

$$Ra_3=0,260 \mu\text{m} \quad Rz_3=2.27 \mu\text{m}$$

$$Ra_{\text{ort.}}=0,243 \mu\text{m} \quad Rz_{\text{ort.}}=2.36 \mu\text{m}$$

g) 4 No'lu milin demonte sonrası ölçümleri:

$$Ra_1=0.149 \mu\text{m} \quad Rz_1=1.61 \mu\text{m}$$

$$Ra_2=0,147 \mu\text{m} \quad Rz_2=1.59 \mu\text{m}$$

$$Ra_3=0,140 \mu\text{m} \quad Rz_3=1.28 \mu\text{m}$$

$$Ra_{\text{ort.}}=0,145 \mu\text{m} \quad Rz_{\text{ort.}}=1.49 \mu\text{m}$$

h) 4 No'lu göbeğin demonte sonrası ölçümleri:

$$Ra_1=0,314 \mu\text{m} \quad Rz_1=1.73 \mu\text{m}$$

$$Ra_2=0,330 \mu\text{m} \quad Rz_2=1.86 \mu\text{m}$$

$$Ra_3=0,333 \mu\text{m} \quad Rz_3=1.73 \mu\text{m}$$

$$Ra_{\text{ort.}}=0,326 \mu\text{m} \quad Rz_{\text{ort.}}=1.77 \mu\text{m}$$

i) 5 No'lu milin demonte sonrası ölçümleri:

$$Ra_1=0.491 \mu\text{m} \quad Rz_1=3.05 \mu\text{m}$$

$$Ra_2=0,508 \mu\text{m} \quad Rz_2=3.17 \mu\text{m}$$

$$Ra_3=0,492 \mu\text{m} \quad Rz_3=2.71 \mu\text{m}$$

$$Ra_{\text{ort.}}=0,497 \mu\text{m} \quad Rz_{\text{ort.}}=2.9 \mu\text{m}$$

j) 5 No'lu göbeğin demonte sonrası ölçümleri:

$$Ra_1=0,263 \mu\text{m}$$

$$Rz_1=1.78 \mu\text{m}$$

$$Ra_2=0,258 \mu\text{m}$$

$$Rz_2=1.93 \mu\text{m}$$

$$Ra_3=0,284 \mu\text{m}$$

$$Rz_3=1.77 \mu\text{m}$$

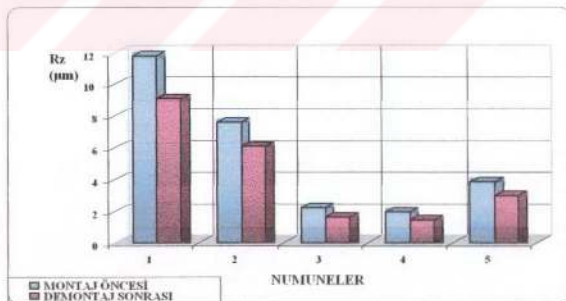
$$Ra_{\text{ort.}}=0,268 \mu\text{m}$$

$$Rz_{\text{ort.}}=1.83 \mu\text{m}$$

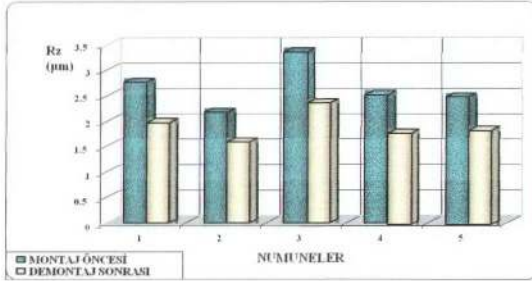
**Çizelge 4.11** Ø25h7s6 Toleransında 304 Çeliğinden İmal Edilen Numunelerin Ölçümleri ve Yüzey Pürüzlülüğü Kayıpları:

|   | MONTAJ ÖNCESİ |       |         |       | DEMONTE SONRASI |       |         |       | ΔRz (%) |       |
|---|---------------|-------|---------|-------|-----------------|-------|---------|-------|---------|-------|
|   | Ra (μm)       |       | Rz (μm) |       | Ra (μm)         |       | Rz (μm) |       |         |       |
|   | MİL           | GÖBEK | MİL     | GÖBEK | MİL             | GÖBEK | MİL     | GÖBEK | MİL     | GÖBEK |
| 1 | 2,747         | 0,329 | 11,8    | 2,76  | 1,728           | 0,328 | 9,14    | 1,97  | %23     | %29   |
| 2 | 1,486         | 0,327 | 7,61    | 2,17  | 1,215           | 0,252 | 6,08    | 1,58  | %20     | %27   |
| 3 | 0,414         | 0,465 | 2,23    | 3,36  | 0,324           | 0,243 | 1,64    | 2,36  | %26     | %30   |
| 4 | 0,233         | 0,417 | 1,97    | 2,52  | 0,145           | 0,326 | 1,49    | 1,77  | %24     | %30   |
| 5 | 0,633         | 0,36  | 3,84    | 2,48  | 0,497           | 0,268 | 2,98    | 1,83  | %22     | %26   |

**Çizelge 4.12** Ø25H7s6 Toleransında 304 Çeliğinden İmal Edilen Millerin Ölçümleri ve Yüzey Pürüzlülüğü Kayıpları



**Çizelge 4.13** Ø25H7s6 Toleransında 304 Çeliğinden İmal Edilen Göbeklerde Yüzey Pürüzlülüğü Kayıpları



#### 4.3.4.1 Ø25 H7s6 Toleransında 304 Çeliğinden İmal Edilen Numunelerde Teorik ve Deney Sonucu Bulunan Aı Değerlerinin Karşılaştırılması;

$$\Delta u_{T1} = 1,2 \times (11,8 + 2,76) = 17,47 \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{T2} = 1,2 \times (7,61 + 2,17) = 11,74 \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{T3} = 1,2 \times (2,23 + 3,36) = 6,71 \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{T4} = 1,2 \times (1,97 + 2,52) = 5,39 \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{T5} = 1,2 \times (3,84 + 2,48) = 7,58 \mu\text{m}$$

$$\Delta R_{ZG1} = 11,8 - 9,14 = 2,66 \mu\text{m}$$

$$\Delta R_{ZG2} = 7,61 - 6,08 = 1,53 \mu\text{m}$$

$$\Delta R_{ZG3} = 2,23 - 1,64 = 0,59 \mu\text{m}$$

$$\Delta R_{ZG4} = 1,97 - 1,49 = 0,48 \mu\text{m}$$

$$\Delta R_{ZG5} = 3,84 - 2,98 = 0,86 \mu\text{m}$$

$$\Delta R_{ZM1} = 2,76 - 1,97 = 0,79 \mu\text{m}$$

$$\Delta R_{ZM2} = 2,17 - 1,58 = 0,59 \mu\text{m}$$

$$\Delta R_{ZM3} = 3,36 - 2,36 = 1,00 \mu\text{m}$$

$$\Delta R_{ZM4} = 2,52 - 1,77 = 0,75 \mu\text{m}$$

$$\Delta R_{ZM5} = 2,48 - 1,83 = 0,65 \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{P1} = 2,66 + 0,79 = 3,45 \text{ } \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{P2} = 1,53 + 0,59 = 2,12 \text{ } \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{P3} = 0,59 + 1,00 = 1,59 \text{ } \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{P4} = 0,48 + 0,75 = 1,23 \text{ } \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{P5} = 0,86 + 0,65 = 1,51 \text{ } \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{P1} / \Delta u_{T1} = ( 17,47 - 3,45 ) / 17,47 = \% 80$$

$$\Delta u_{P2} / \Delta u_{T2} = ( 11,74 - 2,12 ) / 11,74 = \% 82$$

$$\Delta u_{P3} / \Delta u_{T3} = ( 6,71 - 1,59 ) / 6,71 = \% 76$$

$$\Delta u_{P4} / \Delta u_{T4} = ( 5,39 - 1,23 ) / 5,39 = \% 77$$

$$\Delta u_{P5} / \Delta u_{T5} = ( 7,58 - 1,51 ) / 7,58 = \% 80$$

#### 4.3.5 304 Çeliğinden İmal Edilen Ø30 H7u6 Toleransındaki Numunelerin Montaj Öncesi Ölçümleri

a) 1 No'lu milin montaj öncesi ölçümleri:

$$Ra_1=0,322 \text{ } \mu\text{m}$$

$$Rz_1=2,48 \text{ } \mu\text{m}$$

$$Ra_2=0,463 \text{ } \mu\text{m}$$

$$Rz_2=2,98 \text{ } \mu\text{m}$$

$$Ra_3=0,424 \text{ } \mu\text{m}$$

$$Rz_3=3,04 \text{ } \mu\text{m}$$

$$Ra_{ort.}=0,403 \text{ } \mu\text{m}$$

$$Rz_{ort.}=2,83 \text{ } \mu\text{m}$$

b) 1 No'lu göbeğin montaj öncesi ölçümleri:

$$Ra_1=2,732 \text{ } \mu\text{m}$$

$$Rz_1=10,10 \text{ } \mu\text{m}$$

$$Ra_2=2,851 \text{ } \mu\text{m}$$

$$Rz_2=10,30 \text{ } \mu\text{m}$$

$$Ra_{ort.}=2,792 \text{ } \mu\text{m}$$

$$Rz_{ort.}=10,20 \text{ } \mu\text{m}$$

c) 2 No'lu milin montaj öncesi ölçümleri:

$$Ra_1=1,359 \mu m$$

$$Rz_1=4,96 \mu m$$

$$Ra_2=1,414 \mu m$$

$$Rz_2=5,26 \mu m$$

$$Ra_{ort}=1,387 \mu m$$

$$Rz_{ort}=5,11 \mu m$$

d) 2 No'lu göbeğin montaj öncesi ölçümleri:

$$Ra_1=1,554 \mu m$$

$$Rz_1=6,73 \mu m$$

$$Ra_2=1,403 \mu m$$

$$Rz_2=6,02 \mu m$$

$$Ra_{ort}=1,479 \mu m$$

$$Rz_{ort}=6,38 \mu m$$

e) 3 No'lu milin montaj öncesi ölçümleri:

$$Ra_1=0,681 \mu m$$

$$Rz_1=3,51 \mu m$$

$$Ra_2=0,609 \mu m$$

$$Rz_2=3,21 \mu m$$

$$Ra_{ort}=0,645 \mu m$$

$$Rz_{ort}=3,36 \mu m$$

f) 3 No'lu göbeğin montaj öncesi ölçümleri:

$$Ra_1=2,436 \mu m$$

$$Rz_1=9,77 \mu m$$

$$Ra_2=2,336 \mu m$$

$$Rz_2=9,41 \mu m$$

$$Ra_3=2,523 \mu m$$

$$Rz_3=9,56 \mu m$$

$$Ra_{ort}=2,432 \mu m$$

$$Rz_{ort}=9,58 \mu m$$

g) 4 No'lu milin montaj öncesi ölçümleri:

$$Ra_1=1,335 \mu m$$

$$Rz_1=5,10 \mu m$$

$$Ra_2=1,332 \mu\text{m}$$

$$Rz_2=4,95 \mu\text{m}$$

$$Ra_{\text{ort}}=1,334 \mu\text{m}$$

$$Rz_{\text{ort}}=5,03 \mu\text{m}$$

h) 4 No'lu göbeğin montaj öncesi ölçümleri:

$$Ra_1=0,484 \mu\text{m}$$

$$Rz_1=2,46 \mu\text{m}$$

$$Ra_2=0,461 \mu\text{m}$$

$$Rz_2=2,48 \mu\text{m}$$

$$Ra_{\text{ort}}=0,473 \mu\text{m}$$

$$Rz_{\text{ort}}=2,47 \mu\text{m}$$

i) 5 No'lu milin montaj öncesi ölçümleri:

$$Ra_1=0,822 \mu\text{m}$$

$$Rz_1=4,53 \mu\text{m}$$

$$Ra_2=0,695 \mu\text{m}$$

$$Rz_2=3,89 \mu\text{m}$$

$$Ra_{\text{ort}}=0,759 \mu\text{m}$$

$$Rz_{\text{ort}}=4,21 \mu\text{m}$$

j) 5 No'lu göbeğin montaj öncesi ölçümleri:

$$Ra_1=1,765 \mu\text{m}$$

$$Rz_1=7,67 \mu\text{m}$$

$$Ra_2=1,794 \mu\text{m}$$

$$Rz_2=8,20 \mu\text{m}$$

$$Ra_{\text{ort}}=1,780 \mu\text{m}$$

$$Rz_{\text{ort}}=7,94 \mu\text{m}$$

#### 4.3.6 304 Çeliğinden İmal Edilen Ø30 H7u6 Toleransındaki Numunelerin Demonte Sonrası Ölçümleri

304 çeliğinden imal edilen 5 adet Ø30 H7u6 toleransındaki numuneden 1, 2 ve 3 numaralı numuneler, soğuk halde preslenerek, 4 ve 5 numaralı numuneler ise göbek ısıtılarak mile monte edilmiş olup demonte sonrası ölçüm sonuçları aşağıda belirtilmiştir.

#### 4.3.6.1 Soğuk Halde Preslenerek Monte Edilen Numunelerde Yapılan Ölçümler

a) 1 No'lu milin demonte sonrası ölçümleri:

|                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| $Ra_1=0,185 \mu m$      | $Rz_1=2,35 \mu m$      |
| $Ra_2=0,155 \mu m$      | $Rz_2=1,62 \mu m$      |
| $Ra_3=0,135 \mu m$      | $Rz_3=1,53 \mu m$      |
| $Ra_{ort.}=0,158 \mu m$ | $Rz_{ort.}=1,83 \mu m$ |

b) 1 No'lu göbeğin demonte sonrası ölçümleri:

|                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| $Ra_1=1,001 \mu m$      | $Rz_1=5,10 \mu m$      |
| $Ra_2=1,022 \mu m$      | $Rz_2=4,94 \mu m$      |
| $Ra_{ort.}=1,012 \mu m$ | $Rz_{ort.}=5,02 \mu m$ |

c) 2 No'lu milin demonte sonrası ölçümleri:

|                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| $Ra_1=0,443 \mu m$      | $Rz_1=2,33 \mu m$      |
| $Ra_2=0,551 \mu m$      | $Rz_2=4,59 \mu m$      |
| $Ra_{ort.}=0,477 \mu m$ | $Rz_{ort.}=3,46 \mu m$ |

d) 2 No'lu göbeğin demonte sonrası ölçümleri:

|                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| $Ra_1=0,489 \mu m$      | $Rz_1=3,24 \mu m$      |
| $Ra_2=0,538 \mu m$      | $Rz_2=3,69 \mu m$      |
| $Ra_3=0,580 \mu m$      | $Rz_3=3,76 \mu m$      |
| $Ra_{ort.}=0,536 \mu m$ | $Rz_{ort.}=3,56 \mu m$ |

e) 3 No'lu milin demonte sonrası ölçümleri:

|                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| $Ra_1=0,217 \mu m$     | $Rz_1=1,90 \mu m$     |
| $Ra_2=0,318 \mu m$     | $Rz_2=2,39 \mu m$     |
| $Ra_3=0,197 \mu m$     | $Rz_3=1,63 \mu m$     |
| $Ra_{ort}=0,211 \mu m$ | $Rz_{ort}=1,97 \mu m$ |

f) 3 No'lu göbeğin demonte sonrası ölçümleri:

|                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| $Ra_1=0,866 \mu m$     | $Rz_1=4,48 \mu m$     |
| $Ra_2=0,973 \mu m$     | $Rz_2=4,89 \mu m$     |
| $Ra_3=0,844 \mu m$     | $Rz_3=4,64 \mu m$     |
| $Ra_{ort}=0,894 \mu m$ | $Rz_{ort}=4,67 \mu m$ |

#### 4.3.6.2 Göbek Isıtılarak Monte Edilen Numunelerde Yapılan Ölçümler

a) 4 No'lu milin demonte sonrası ölçümleri:

|                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| $Ra_1=0,548 \mu m$     | $Rz_1=3,60 \mu m$     |
| $Ra_2=0,491 \mu m$     | $Rz_2=2,94 \mu m$     |
| $Ra_{ort}=0,520 \mu m$ | $Rz_{ort}=3,27 \mu m$ |

b) 4 No'lu göbeğin demonte sonrası ölçümleri:

|                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| $Ra_1=0,118 \mu m$     | $Rz_1=1,15 \mu m$     |
| $Ra_2=0,167 \mu m$     | $Rz_2=1,52 \mu m$     |
| $Ra_{ort}=0,143 \mu m$ | $Rz_{ort}=1,34 \mu m$ |

c) 5 No'lu milin demonte sonrası ölçümleri:

$$Ra_1=0,409 \mu m$$

$$Rz_1=2,62 \mu m$$

$$Ra_2=0,372 \mu m$$

$$Rz_2=2,38 \mu m$$

$$Ra_{ort.}=0,391 \mu m$$

$$Rz_{ort.}=2,50 \mu m$$

d) 5 No'lu göbeğin demonte sonrası ölçümleri:

$$Ra_1=0,881 \mu m$$

$$Rz_1=3,71 \mu m$$

$$Ra_2=0,893 \mu m$$

$$Rz_2=3,99 \mu m$$

$$Ra_{ort.}=0,887 \mu m$$

$$Rz_{ort.}=3,85 \mu m$$

#### **4.3.7 Önceden Preslenerek Monte Edilen ve Demontajı Yapılan Numunelerin Isıtılarak Monte ve Demonte Edilmesiyle Elde Edilen Sonuçlar**

a) 1 No'lu milin demonte sonrası ölçümleri:

$$Ra_1=0,160 \mu m$$

$$Rz_1=1,66 \mu m$$

$$Ra_2=0,134 \mu m$$

$$Rz_2=0,98 \mu m$$

$$Ra_3=0,145 \mu m$$

$$Rz_3=1,10 \mu m$$

$$Ra_{ort.}=0,146 \mu m$$

$$Rz_{ort.}=1,25 \mu m$$

b) 1 No'lu göbeğin demonte sonrası ölçümleri:

$$Ra_1=0,751 \mu m$$

$$Rz_1=4,27 \mu m$$

$$Ra_2=0,905 \mu m$$

$$Rz_2=4,98 \mu m$$

$$Ra_3=0,801 \mu m$$

$$Rz_3=4,70 \mu m$$

$$Ra_{ort.}=0,819 \mu m$$

$$Rz_{ort.}=4,65 \mu m$$

c) 2 No'lu milin demonte sonrası ölçümleri:

|                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| $Ra_1=0,337 \mu m$     | $Rz_1=2,50 \mu m$     |
| $Ra_2=0,539 \mu m$     | $Rz_2=3,39 \mu m$     |
| $Ra_3=0,427 \mu m$     | $Rz_3=2,86 \mu m$     |
| $Ra_{ort}=0,434 \mu m$ | $Rz_{ort}=2,92 \mu m$ |

d) 2 No'lu göbeğin demonte sonrası ölçümleri:

|                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| $Ra_1=0,481 \mu m$     | $Rz_1=3,37 \mu m$     |
| $Ra_2=0,483 \mu m$     | $Rz_2=3,24 \mu m$     |
| $Ra_3=0,467 \mu m$     | $Rz_3=3,11 \mu m$     |
| $Ra_{ort}=0,477 \mu m$ | $Rz_{ort}=3,24 \mu m$ |

e) 3 No'lu milin demonte sonrası ölçümleri:

|                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| $Ra_1=0,191 \mu m$     | $Rz_1=1,81 \mu m$     |
| $Ra_2=0,179 \mu m$     | $Rz_2=1,57 \mu m$     |
| $Ra_3=0,214 \mu m$     | $Rz_3=1,94 \mu m$     |
| $Ra_{ort}=0,195 \mu m$ | $Rz_{ort}=1,77 \mu m$ |

f) 3 No'lu göbeğin demonte sonrası ölçümleri:

|                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| $Ra_1=0,950 \mu m$     | $Rz_1=4,12 \mu m$     |
| $Ra_2=0,980 \mu m$     | $Rz_2=4,24 \mu m$     |
| $Ra_3=0,952 \mu m$     | $Rz_3=4,11 \mu m$     |
| $Ra_{ort}=0,961 \mu m$ | $Rz_{ort}=4,16 \mu m$ |

#### 4.3.8 Önceden Isıtılarak Monte Edilen ve Demontajı Yapılan Numunelerin Preslenerek Monte ve Demonte Edilmesiyle Elde Edilen Sonuçlar

a) 4 No'lu milin demonte sonrası ölçümleri:

|                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| $Ra_1=0,296 \mu m$      | $Rz_1=1,84 \mu m$      |
| $Ra_2=0,473 \mu m$      | $Rz_2=2,83 \mu m$      |
| $Ra_3=0,326 \mu m$      | $Rz_3=1,90 \mu m$      |
| $Ra_{ort.}=0,365 \mu m$ | $Rz_{ort.}=2,19 \mu m$ |

b) 4 No'lu göbeğin demonte sonrası ölçümleri:

|                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| $Ra_1=0,116 \mu m$      | $Rz_1=0,78 \mu m$      |
| $Ra_2=0,124 \mu m$      | $Rz_2=1,10 \mu m$      |
| $Ra_3=0,115 \mu m$      | $Rz_3=0,81 \mu m$      |
| $Ra_{ort.}=0,118 \mu m$ | $Rz_{ort.}=0,90 \mu m$ |

c) 5 No'lu milin demonte sonrası ölçümleri:

|                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| $Ra_1=0,312 \mu m$      | $Rz_1=1,97 \mu m$      |
| $Ra_2=0,250 \mu m$      | $Rz_2=1,80 \mu m$      |
| $Ra_3=0,322 \mu m$      | $Rz_3=1,77 \mu m$      |
| $Ra_{ort.}=0,295 \mu m$ | $Rz_{ort.}=1,85 \mu m$ |

d) 5 No'lu göbeğin demonte sonrası ölçümleri:

|                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| $Ra_1=0,475 \mu m$      | $Rz_1=2,39 \mu m$      |
| $Ra_2=0,542 \mu m$      | $Rz_2=2,94 \mu m$      |
| $Ra_3=0,580 \mu m$      | $Rz_3=2,38 \mu m$      |
| $Ra_{ort.}=0,532 \mu m$ | $Rz_{ort.}=2,57 \mu m$ |

**Çizelge 4.14 Ø30H7u6 304 Çeliğinden İmal Edilen Numunelerin Ölçümleri ve Yüzey Pürüzlülüğü Kayıpları**

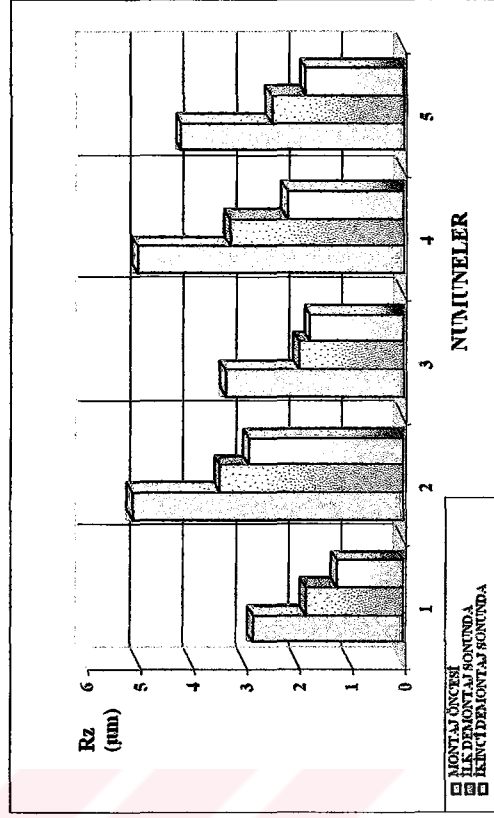
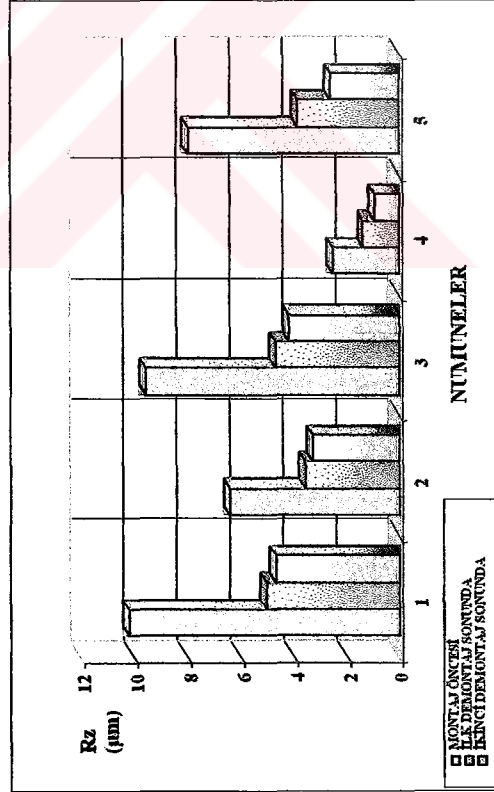
| MONTAJ ÖNCESİ |       |         |       | DEMONTAJ SONRASI |             |         |       | ΔRz (%) |       |         |       |      |     |     |
|---------------|-------|---------|-------|------------------|-------------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|------|-----|-----|
| Ra (µm)       |       | Rz (µm) |       | Ra (µm)          |             | Rz (µm) |       | Ra (µm) |       | Rz (µm) |       |      |     |     |
| MİL           | GÖBEK | MİL     | GÖBEK | MİL              | GÖBEK       | MİL     | GÖBEK | MİL     | GÖBEK | MİL     | GÖBEK |      |     |     |
| 1             | 0,403 | 2,792   | 2,83  | 10,2             | 0,158       | 1,012   | 1,83  | 5,02    | 0,146 | 0,819   | 1,25  | 4,65 | 32% | 7%  |
| 2             | 1,387 | 1,479   | 5,11  | 6,38             | 0,477       | 0,536   | 3,46  | 3,56    | 0,434 | 0,477   | 2,92  | 3,24 | 16% | 9%  |
| 3             | 0,645 | 2,432   | 3,36  | 9,58             | 0,211       | 0,894   | 1,97  | 4,67    | 0,195 | 0,961   | 1,77  | 4,16 | 10% | 11% |
| 4             | 1,334 | 0,473   | 5,03  | 2,47             | PRESLENEREK |         |       |         | 0,365 | 0,118   | 2,19  | 0,9  | 33% | 33% |
| 5             | 0,759 | 1,78    | 4,21  | 7,94             | ISITILARAK  |         |       |         | 0,295 | 0,532   | 1,85  | 2,57 | 26% | 33% |

**Çizelge 4.15 Ø30H7u6 304 Çeliğinden İmal Edilen Millerin**

**Ölçümleri ve Yüzey Pürüzlülüğü Kayıpları**

**Çizelge 4.16 Ø30H7u6 304 Çeliğinden İmal Edilen Göbeklerin**

**Ölçümleri ve Yüzey Pürüzlülüğü Kayıpları**



**4.3.8.1 Ø30 H7u6 Toleransında 304 Çeliğinden İmal Edilen Numunelerde  $\Delta u$  Değerlerinin Karşılaştırılması (Birinci Monte – Demonte Durumu Gözönüne Alındığında);**

$$\Delta u_{T1} = 1,2 \times (10,2 + 2,83) = 15,64 \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{T2} = 1,2 \times (5,11 + 6,38) = 13,79 \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{T3} = 1,2 \times (3,36 + 9,58) = 15,53 \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{T4} = 1,2 \times (5,00 + 2,47) = 9,00 \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{T5} = 1,2 \times (4,21 + 7,94) = 14,58 \mu\text{m}$$

$$\Delta R_{ZG1} = 10,2 - 5,02 = 5,18 \mu\text{m}$$

$$\Delta R_{ZG2} = 6,38 - 3,56 = 2,82 \mu\text{m}$$

$$\Delta R_{ZG3} = 9,58 - 4,67 = 4,91 \mu\text{m}$$

$$\Delta R_{ZG4} = 2,47 - 1,34 = 1,13 \mu\text{m}$$

$$\Delta R_{ZG5} = 7,94 - 3,85 = 4,09 \mu\text{m}$$

$$\Delta R_{ZM1} = 2,83 - 1,83 = 1,00 \mu\text{m}$$

$$\Delta R_{ZM2} = 5,11 - 3,46 = 1,65 \mu\text{m}$$

$$\Delta R_{ZM3} = 3,36 - 1,97 = 1,39 \mu\text{m}$$

$$\Delta R_{ZM4} = 5,03 - 3,27 = 1,76 \mu\text{m}$$

$$\Delta R_{ZM5} = 4,21 - 2,50 = 1,71 \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{P1} = 5,18 + 1,00 = 6,18 \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{P2} = 2,82 + 1,65 = 4,47 \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{P3} = 4,91 + 1,39 = 6,30 \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{P4} = 1,13 + 1,76 = 2,89 \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{P5} = 4,09 + 1,71 = 5,80 \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{P1} / \Delta u_{T1} = ( 15,64 - 6,18 ) / 15,64 = \% 60$$

$$\Delta u_{P2} / \Delta u_{T2} = ( 13,79 - 2,12 ) / 11,74 = \% 68$$

$$\Delta u_{P3} / \Delta u_{T3} = ( 15,53 - 6,30 ) / 15,53 = \% 59$$

$$\Delta u_{P4} / \Delta u_{T4} = ( 9,00 - 2,89 ) / 9,00 = \% 68$$

$$\Delta u_{P5} / \Delta u_{T5} = ( 14,58 - 5,80 ) / 14,58 = \% 60$$

**4.3.8.2 Ø30 H7u6 Toleransında 304 Çeliğinden İmal Edilen Numunelerde  $\Delta u$  Değerlerinin Karşılaştırılması (İkinci Monte – Demonte Durumu Gözönüne Alındığında);**

$$\Delta u_{T1} = 1,2 \times (1,83 + 5,02) = 8,22 \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{T2} = 1,2 \times (3,46 + 3,56) = 7,22 \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{T3} = 1,2 \times (1,97 + 4,67) = 7,97 \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{T4} = 1,2 \times (3,27 + 1,34) = 5,53 \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{T5} = 1,2 \times (2,50 + 3,85) = 7,62 \mu\text{m}$$

$$\Delta R_{ZG1} = 5,02 - 4,65 = 0,37 \mu\text{m}$$

$$\Delta R_{ZG2} = 3,56 - 3,24 = 0,32 \mu\text{m}$$

$$\Delta R_{ZG3} = 4,67 - 4,16 = 0,51 \mu\text{m}$$

$$\Delta R_{ZG4} = 1,34 - 0,90 = 0,44 \mu\text{m}$$

$$\Delta R_{ZG5} = 3,85 - 2,57 = 1,28 \mu\text{m}$$

$$\Delta R_{ZM1} = 1,83 - 1,25 = 0,58 \mu\text{m}$$

$$\Delta R_{ZM2} = 3,46 - 2,92 = 0,54 \mu\text{m}$$

$$\Delta R_{ZM3} = 1,97 - 1,77 = 0,20 \mu\text{m}$$

$$\Delta R_{ZM4} = 3,27 - 2,19 = 1,08 \mu\text{m}$$

$$\Delta R_{ZM5} = 2,50 - 1,85 = 0,65 \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{P1} = 0,37 + 0,58 = 0,95 \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{P2} = 0,32 + 0,54 = 0,86 \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{P3} = 0,51 + 0,20 = 0,71 \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{P4} = 0,44 + 1,08 = 1,52 \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{P5} = 1,28 + 0,65 = 1,93 \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{P1} / \Delta u_{T1} = ( 8,22 - 0,95 ) / 8,22 = \% 88$$

$$\Delta u_{P2} / \Delta u_{T2} = ( 7,22 - 0,86 ) / 7,22 = \% 88$$

$$\Delta u_{P3} / \Delta u_{T3} = ( 7,97 - 0,71 ) / 7,97 = \% 91$$

$$\Delta u_{P4} / \Delta u_{T4} = ( 5,53 - 1,52 ) / 5,53 = \% 73$$

$$\Delta u_{P5} / \Delta u_{T5} = ( 7,62 - 1,93 ) / 7,62 = \% 75$$

**4.3.9 Ø30H7u6 Alüminyum Alaşımı Göbek Ve 304 Mil'den İmal Edilen Numunelerin Montaj Öncesi Ölçülen Değerleri;**

a) 1 No'lu milin montaj öncesi ölçümleri:

|                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| $Ra_1=0,918 \mu m$     | $Rz_1=5,05 \mu m$     |
| $Ra_2=0,996 \mu m$     | $Rz_2=5,78 \mu m$     |
| $Ra_3=1,046 \mu m$     | $Rz_3=5,86 \mu m$     |
| $Ra_{ort}=0,987 \mu m$ | $Rz_{ort}=5,56 \mu m$ |

b) 1 No'lu göbeğin montaj öncesi ölçümleri:

|                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| $Ra_1=1,118 \mu m$     | $Rz_1=4,34 \mu m$     |
| $Ra_2=1,140 \mu m$     | $Rz_2=4,29 \mu m$     |
| $Ra_3=1,131 \mu m$     | $Rz_3=4,76 \mu m$     |
| $Ra_{ort}=1,130 \mu m$ | $Rz_{ort}=4,46 \mu m$ |

c) 2 No'lu milin montaj öncesi ölçümleri:

|                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| $Ra_1=1,433 \mu m$     | $Rz_1=5,65 \mu m$     |
| $Ra_2=1,359 \mu m$     | $Rz_2=5,29 \mu m$     |
| $Ra_3=1,393 \mu m$     | $Rz_3=5,61 \mu m$     |
| $Ra_{ort}=1,395 \mu m$ | $Rz_{ort}=5,52 \mu m$ |

d) 2 No'lu göbeğin montaj öncesi ölçümleri:

|                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| $Ra_1=2,981 \mu m$     | $Rz_1=11,0 \mu m$     |
| $Ra_2=2,927 \mu m$     | $Rz_2=10,5 \mu m$     |
| $Ra_3=2,920 \mu m$     | $Rz_3=10,6 \mu m$     |
| $Ra_{ort}=2,943 \mu m$ | $Rz_{ort}=10,7 \mu m$ |

e) 3 No'lu milin montaj öncesi ölçümleri:

$$Ra_1=0,816 \mu m \quad Rz_1=4,80 \mu m$$

$$Ra_2=0,805 \mu m \quad Rz_2=4,71 \mu m$$

$$Ra_3=0,796 \mu m \quad Rz_3=4,83 \mu m$$

$$Ra_{ort.}=0,806 \mu m \quad Rz_{ort.}=4,78 \mu m$$

f) 3 No'lu göbeğin montaj öncesi ölçümleri:

$$Ra_1=1,371 \mu m \quad Rz_1=6,03 \mu m$$

$$Ra_2=1,346 \mu m \quad Rz_2=5,72 \mu m$$

$$Ra_3=1,418 \mu m \quad Rz_3=6,51 \mu m$$

$$Ra_{ort.}=1,378 \mu m \quad Rz_{ort.}=6,09 \mu m$$

#### **4.3.10 Ø30H7u6 Pirinç Göbek Ve 304 Mil'den İmal Edilen Numunelerin Montaj Öncesi Ölçülen Değerleri;**

a) 1 No'lu milin montaj öncesi ölçümleri:

$$Ra_1=0,852 \mu m \quad Rz_1=4,06 \mu m$$

$$Ra_2=0,835 \mu m \quad Rz_2=4,08 \mu m$$

$$Ra_3=0,859 \mu m \quad Rz_3=4,18 \mu m$$

$$Ra_{ort.}=0,849 \mu m \quad Rz_{ort.}=4,11 \mu m$$

b) 1 No'lu göbeğin montaj öncesi ölçümleri:

$$Ra_1=0,282 \mu m \quad Rz_1=3,15 \mu m$$

$$Ra_2=0,271 \mu m \quad Rz_2=4,09 \mu m$$

$$Ra_3=0,306 \mu m \quad Rz_3=3,01 \mu m$$

$$Ra_{ort.}=0,286 \mu m \quad Rz_{ort.}=3,42 \mu m$$

c) 2 No'lu milin montaj öncesi ölçümleri:

$$Ra_1=0,827 \mu m \quad Rz_1=5,74 \mu m$$

$$Ra_2=0,757 \mu m \quad Rz_2=5,89 \mu m$$

$$Ra_3=0,682 \mu m \quad Rz_3=5,09 \mu m$$

$$Ra_{ort.} = 0,755 \mu m \quad Rz_{ort.}=5,57 \mu m$$

d) 2 No'lu göbeğin montaj öncesi ölçümleri:

$$Ra_1=1,446 \mu m \quad Rz_1=5,87 \mu m$$

$$Ra_2=1,471 \mu m \quad Rz_2=6,36 \mu m$$

$$Ra_3=1,464 \mu m \quad Rz_3=6,35 \mu m$$

$$Ra_{ort.}=1,460 \mu m \quad Rz_{ort.}=6,19 \mu m$$

e) 3 No'lu milin montaj öncesi ölçümleri:

$$Ra_1=0,711 \mu m \quad Rz_1=3,32 \mu m$$

$$Ra_2=0,663 \mu m \quad Rz_2=3,12 \mu m$$

$$Ra_3=0,788 \mu m \quad Rz_3=3,30 \mu m$$

$$Ra_{ort.}=0,784 \mu m \quad Rz_{ort.}=3,45 \mu m$$

f) 3 No'lu göbeğin montaj öncesi ölçümleri:

$$Ra_1=0,841 \mu m \quad Rz_1=5,32 \mu m$$

$$Ra_2=0,856 \mu m \quad Rz_2=4,95 \mu m$$

$$Ra_3=0,977 \mu m \quad Rz_3=5,76 \mu m$$

$$Ra_{ort.}=0,891 \mu m \quad Rz_{ort.}=5,34 \mu m$$

**4.3.11 Ø30H7u6, 304 Çeliğinden İmal Edilen Mil – Göbek Çiftinin Montaj Öncesi Ölçülen Değerleri (Göbek Dış Çapı Ø 70);**

a) 1 No'lu milin montaj öncesi ölçümleri:

|                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| $Ra_1=0,380 \mu m$      | $Rz_1=3,11 \mu m$      |
| $Ra_2=0,372 \mu m$      | $Rz_2=2,77 \mu m$      |
| $Ra_3=0,492 \mu m$      | $Rz_3=3,33 \mu m$      |
| $Ra_{ort.}=0,415 \mu m$ | $Rz_{ort.}=3,07 \mu m$ |

b) 1 No'lu göbeğin montaj öncesi ölçümleri:

|                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| $Ra_1=0,980 \mu m$      | $Rz_1=5,57 \mu m$      |
| $Ra_2=0,904 \mu m$      | $Rz_2=4,88 \mu m$      |
| $Ra_3=1,043 \mu m$      | $Rz_3=5,93 \mu m$      |
| $Ra_{ort.}=0,976 \mu m$ | $Rz_{ort.}=5,46 \mu m$ |

c) 2 No'lu milin montaj öncesi ölçümleri:

|                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| $Ra_1=0,523 \mu m$      | $Rz_1=4,06 \mu m$      |
| $Ra_2=0,555 \mu m$      | $Rz_2=3,67 \mu m$      |
| $Ra_3=0,556 \mu m$      | $Rz_3=3,68 \mu m$      |
| $Ra_{ort.}=0,545 \mu m$ | $Rz_{ort.}=3,77 \mu m$ |

d) 2 No'lu göbeğin montaj öncesi ölçümleri:

|                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| $Ra_1=1,544 \mu m$      | $Rz_1=6,86 \mu m$      |
| $Ra_2=1,424 \mu m$      | $Rz_2=5,82 \mu m$      |
| $Ra_3=1,408 \mu m$      | $Rz_3=5,71 \mu m$      |
| $Ra_{ort.}=1,459 \mu m$ | $Rz_{ort.}=6,13 \mu m$ |

e) 3 No'lu milin montaj öncesi ölçümleri:

$$Ra_1=1,012 \mu m \quad Rz_1=6,54 \mu m$$

$$Ra_2=1,003 \mu m \quad Rz_2=5,48 \mu m$$

$$Ra_3=1,093 \mu m \quad Rz_3=7,40 \mu m$$

$$Ra_{ort.}=1,036 \mu m \quad Rz_{ort.}=6,47 \mu m$$

f) 3 No'lu göbeğin montaj öncesi ölçümleri:

$$Ra_1=0,300 \mu m \quad Rz_1=2,39 \mu m$$

$$Ra_2=0,297 \mu m \quad Rz_2=2,26 \mu m$$

$$Ra_3=0,356 \mu m \quad Rz_3=2,87 \mu m$$

$$Ra_{ort.}=0,318 \mu m \quad Rz_{ort.}=2,51 \mu m$$

#### **4.3.12 Ø30H7u6 Alüminyum Alaşımı Göbek Ve 304 Mil'den İmal Edilen Numunelerin Demonte Sonrası Ölçülen Değerleri;**

a) 1 No'lu milin demonte sonrası ölçümleri:

$$Ra_1=0,922 \mu m \quad Rz_1=5,19 \mu m$$

$$Ra_2=1,022 \mu m \quad Rz_2=5,33 \mu m$$

$$Ra_3=1,050 \mu m \quad Rz_3=5,60 \mu m$$

$$Ra_{ort.}=0,998 \mu m \quad Rz_{ort.}=5,37 \mu m$$

b) 1 No'lu göbeğin demonte sonrası ölçümleri:

$$Ra_1=1,112 \mu m \quad Rz_1=4,23 \mu m$$

$$Ra_2=1,102 \mu m \quad Rz_2=4,41 \mu m$$

$$Ra_3=1,067 \mu m \quad Rz_3=4,24 \mu m$$

$$Ra_{ort.}=1,093 \mu m \quad Rz_{ort.}=4,29 \mu m$$

**c) 2 No'lu milin demonte sonrası ölçümleri:**

$$Ra_1=1,340 \mu m \quad Rz_1=5,53 \mu m$$

$$Ra_2=1,281 \mu m \quad Rz_2=5,05 \mu m$$

$$Ra_3=1,338 \mu m \quad Rz_3=5,36 \mu m$$

$$Ra_{ort.}=1,320 \mu m \quad Rz_{ort.}=5,31 \mu m$$

**d) 2 No'lu göbeğin demonte sonrası ölçümleri:**

$$Ra_1=2,735 \mu m \quad Rz_1=9,81 \mu m$$

$$Ra_2=2,468 \mu m \quad Rz_2=9,46 \mu m$$

$$Ra_3=2,455 \mu m \quad Rz_3=9,37 \mu m$$

$$Ra_{ort.}=2,550 \mu m \quad Rz_{ort.}=9,55 \mu m$$

**e) 3 No'lu milin demonte sonrası ölçümleri:**

$$Ra_1=0,943 \mu m \quad Rz_1=5,12 \mu m$$

$$Ra_2=0,752 \mu m \quad Rz_2=4,04 \mu m$$

$$Ra_3=0,769 \mu m \quad Rz_3=4,27 \mu m$$

$$Ra_{ort.}=0,821 \mu m \quad Rz_{ort.}=4,48 \mu m$$

**f) 3 No'lu göbeğin demonte sonrası ölçümleri:**

$$Ra_1=1,330 \mu m \quad Rz_1=5,39 \mu m$$

$$Ra_2=1,421 \mu m \quad Rz_2=5,93 \mu m$$

$$Ra_3=1,317 \mu m \quad Rz_3=5,50 \mu m$$

$$Ra_{ort.}=1,356 \mu m \quad Rz_{ort.}=5,27 \mu m$$

#### 4.3.13 Ø30H7u6 Pirinç Göbek Ve 304 Mil'den İmal Edilen Numunelerin Demonte Sonrası Ölçülen Değerleri;

a) 1 No'lu milin demonte sonrası ölçümleri:

|                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| $Ra_1=0,898 \mu m$     | $Rz_1=4,01 \mu m$     |
| $Ra_2=0,855 \mu m$     | $Rz_2=4,02 \mu m$     |
| $Ra_3=0,810 \mu m$     | $Rz_3=3,75 \mu m$     |
| $Ra_{ort}=0,854 \mu m$ | $Rz_{ort}=3,93 \mu m$ |

b) 1 No'lu göbeğin demonte sonrası ölçümleri:

|                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| $Ra_1=0,346 \mu m$     | $Rz_1=3,58 \mu m$     |
| $Ra_2=0,315 \mu m$     | $Rz_2=2,93 \mu m$     |
| $Ra_3=0,288 \mu m$     | $Rz_3=2,66 \mu m$     |
| $Ra_{ort}=0,316 \mu m$ | $Rz_{ort}=3,06 \mu m$ |

c) 2 No'lu milin demonte sonrası ölçümleri:

|                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| $Ra_1=0,796 \mu m$     | $Rz_1=5,45 \mu m$     |
| $Ra_2=0,736 \mu m$     | $Rz_2=5,11 \mu m$     |
| $Ra_3=0,718 \mu m$     | $Rz_3=5,58 \mu m$     |
| $Ra_{ort}=0,743 \mu m$ | $Rz_{ort}=5,38 \mu m$ |

d) 2 No'lu göbeğin demonte sonrası ölçümleri:

|                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| $Ra_1=1,397 \mu m$     | $Rz_1=5,65 \mu m$     |
| $Ra_2=1,402 \mu m$     | $Rz_2=5,67 \mu m$     |
| $Ra_3=1,468 \mu m$     | $Rz_3=6,17 \mu m$     |
| $Ra_{ort}=1,422 \mu m$ | $Rz_{ort}=5,83 \mu m$ |

e) 3 No'lu milin demonte sonrası ölçümleri:

|                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| $Ra_1=0,758 \mu m$      | $Rz_1=3,35 \mu m$      |
| $Ra_2=0,675 \mu m$      | $Rz_2=3,41 \mu m$      |
| $Ra_3=0,760 \mu m$      | $Rz_3=3,52 \mu m$      |
| $Ra_{ort.}=0,731 \mu m$ | $Rz_{ort.}=3,43 \mu m$ |

f) 3 No'lu göbeğin demonte sonrası ölçümleri:

|                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| $Ra_1=0,883 \mu m$      | $Rz_1=4,97 \mu m$      |
| $Ra_2=0,846 \mu m$      | $Rz_2=5,42 \mu m$      |
| $Ra_3=0,693 \mu m$      | $Rz_3=4,03 \mu m$      |
| $Ra_{ort.}=0,807 \mu m$ | $Rz_{ort.}=4,81 \mu m$ |

#### **4.3.14 Ø30H7u6 304 Çeliğinden İmal Edilen Mil – Göbek Çiftinin Demonte Sonrası Ölçülen Değerleri (Göbek Dış Çapı Ø70);**

a) 1 No'lu milin demonte sonrası ölçümleri:

|                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| $Ra_1=0,352 \mu m$      | $Rz_1=2,81 \mu m$      |
| $Ra_2=0,322 \mu m$      | $Rz_2=2,73 \mu m$      |
| $Ra_3=0,363 \mu m$      | $Rz_3=3,04 \mu m$      |
| $Ra_{ort.}=0,346 \mu m$ | $Rz_{ort.}=2,86 \mu m$ |

b) 1 No'lu göbeğin demonte sonrası ölçümleri:

|                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| $Ra_1=0,841 \mu m$      | $Rz_1=4,81 \mu m$      |
| $Ra_2=0,850 \mu m$      | $Rz_2=4,59 \mu m$      |
| $Ra_3=0,892 \mu m$      | $Rz_3=5,07 \mu m$      |
| $Ra_{ort.}=0,861 \mu m$ | $Rz_{ort.}=4,49 \mu m$ |

c) 2 No'lu milin demonte sonrası ölçümleri:

$$Ra_1=0,532 \mu m \quad Rz_1=3,88 \mu m$$

$$Ra_2=0,514 \mu m \quad Rz_2=3,60 \mu m$$

$$Ra_3=0,484 \mu m \quad Rz_3=3,64 \mu m$$

$$Ra_{ort.}=0,510 \mu m \quad Rz_{ort.}=3,71 \mu m$$

d) 2 No'lu göbeğin demonte sonrası ölçümleri:

$$Ra_1=1,392 \mu m \quad Rz_1=5,78 \mu m$$

$$Ra_2=1,412 \mu m \quad Rz_2=6,00 \mu m$$

$$Ra_3=1,413 \mu m \quad Rz_3=5,49 \mu m$$

$$Ra_{ort.}=1,409 \mu m \quad Rz_{ort.}=5,76 \mu m$$

e) 3 No'lu milin demonte sonrası ölçümleri:

$$Ra_1=1,048 \mu m \quad Rz_1=5,86 \mu m$$

$$Ra_2=1,152 \mu m \quad Rz_2=6,20 \mu m$$

$$Ra_3=1,041 \mu m \quad Rz_3=5,64 \mu m$$

$$Ra_{ort.}=1,080 \mu m \quad Rz_{ort.}=5,90 \mu m$$

f) 3 No'lu göbeğin demonte sonrası ölçümleri:

$$Ra_1=0,289 \mu m \quad Rz_1=2,17 \mu m$$

$$Ra_2=0,292 \mu m \quad Rz_2=2,04 \mu m$$

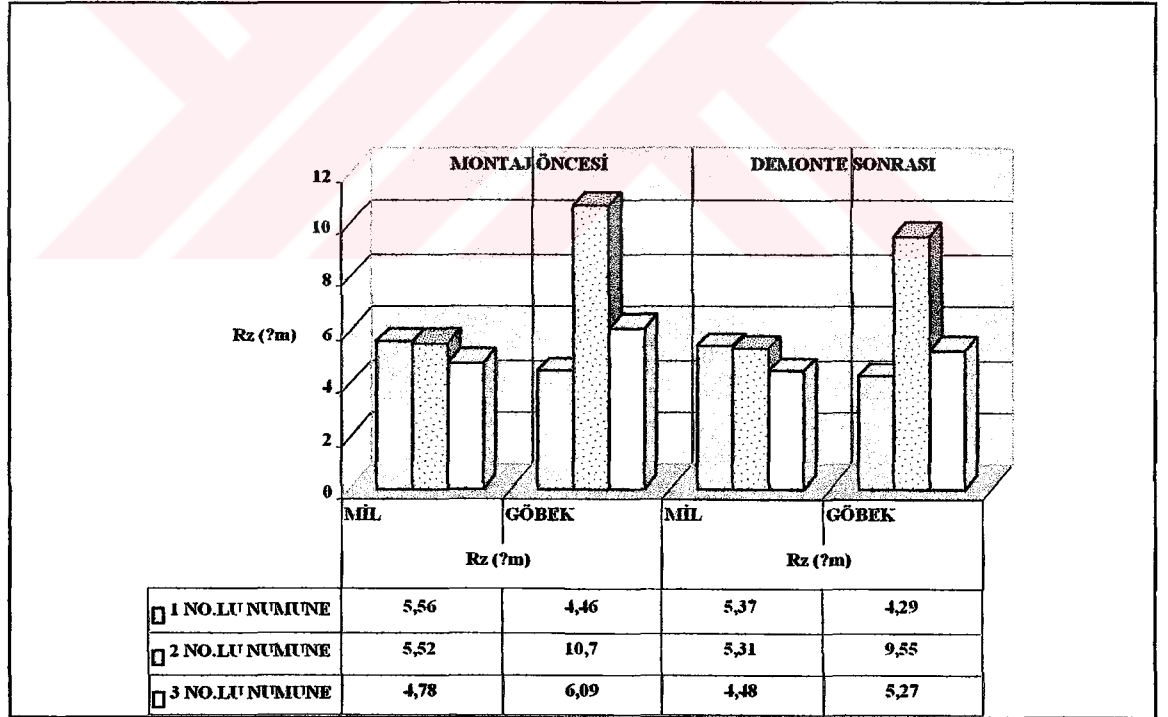
$$Ra_3=0,311 \mu m \quad Rz_3=2,61 \mu m$$

$$Ra_{ort.}=0,297 \mu m \quad Rz_{ort.}=2,27 \mu m$$

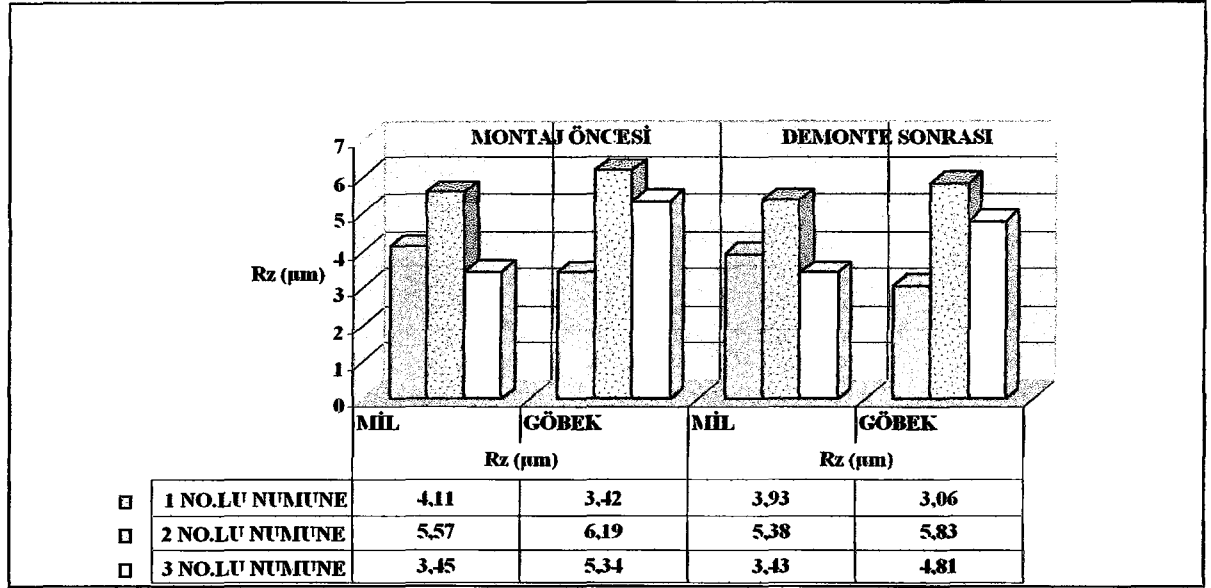
**Çizelge 4.17 Ø30H7u6 Numunelerin Ölçümleri ve Yüzey Pürüzlülüğü Kayıpları**

| MONTAJ ÖNCESİ                                       |       |         |       |         | DEMONTAJ SONRASI |         |       |      | ΔRz (%) |     |
|-----------------------------------------------------|-------|---------|-------|---------|------------------|---------|-------|------|---------|-----|
| Ra (μm)                                             |       | Rz (μm) |       | Ra (μm) |                  | Rz (μm) |       |      |         |     |
| MİL                                                 | GÖBEK | MİL     | GÖBEK | MİL     | GÖBEK            | MİL     | GÖBEK | MİL  | GÖBEK   |     |
| ALÜMİNYUM GÖBEK - 304 MİL NUMUNELER (Çizelge 4.18)  |       |         |       |         |                  |         |       |      |         |     |
| 1                                                   | 0,987 | 1,13    | 5,56  | 4,46    | 0,998            | 1,093   | 5,37  | 4,29 | %3      | %4  |
| 2                                                   | 1,395 | 2,943   | 5,52  | 10,70   | 1,320            | 2,55    | 5,31  | 9,55 | %4      | %11 |
| 3                                                   | 0,806 | 1,378   | 4,78  | 6,09    | 0,821            | 1,356   | 4,48  | 5,27 | %6      | %13 |
| PİRİNÇ GÖBEK - 304 MİL NUMUNELER (Çizelge 4.19)     |       |         |       |         |                  |         |       |      |         |     |
| 1                                                   | 0,849 | 0,286   | 4,11  | 3,42    | 0,854            | 0,316   | 3,93  | 3,06 | %4      | %11 |
| 2                                                   | 0,755 | 1,46    | 5,57  | 6,19    | 0,743            | 1,422   | 5,38  | 5,83 | %3      | %6  |
| 3                                                   | 0,784 | 0,891   | 3,45  | 5,34    | 0,731            | 0,807   | 3,43  | 4,81 | %1      | %10 |
| 304 ÇELİĞİNDEN İMAL EDİLEN NUMUNELER (Çizelge 4.20) |       |         |       |         |                  |         |       |      |         |     |
| 1                                                   | 0,415 | 0,976   | 3,07  | 5,46    | 0,346            | 0,861   | 2,86  | 4,49 | %7      | %18 |
| 2                                                   | 0,545 | 1,459   | 3,77  | 6,13    | 0,51             | 1,409   | 3,71  | 5,76 | %2      | %6  |
| 3                                                   | 1,036 | 0,318   | 6,47  | 2,51    | 1,08             | 0,297   | 5,9   | 2,27 | %9      | %10 |

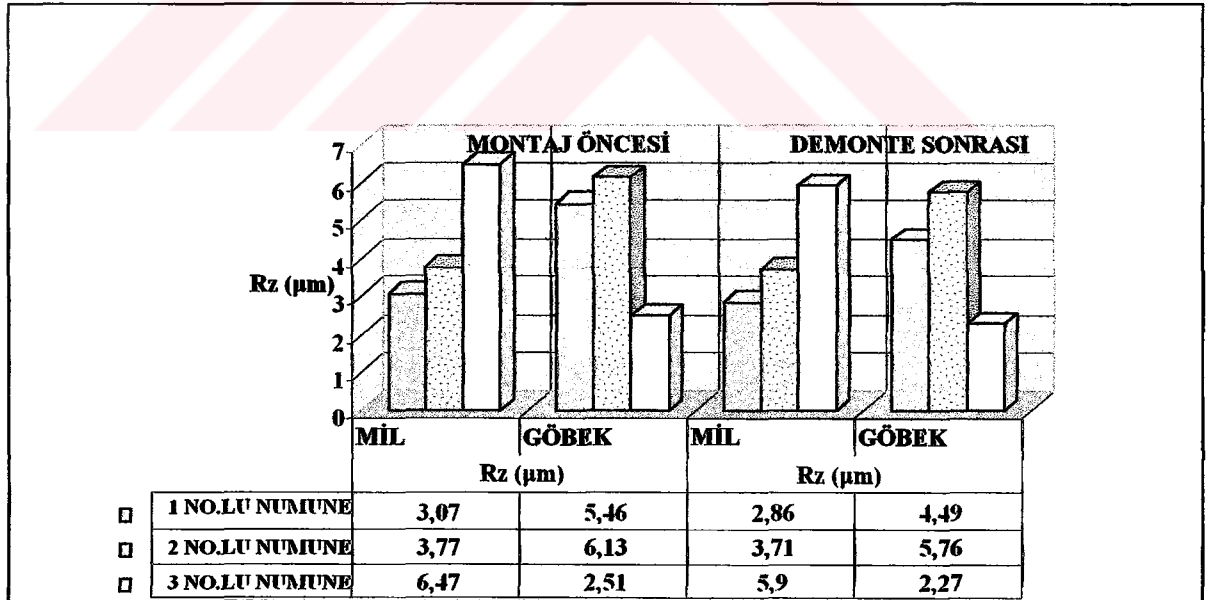
**Çizelge 4.18 Alüminyum ve 304 Çeliğinden İmal Edilen Numunelerde Ölçülen Yüzey Pürüzlülük Değerlerinin Karşılaştırılması**



**Çizelge 4.19** Pirinç ve 304 Çeliğinden İmal Edilen Numunelerde Ölçülen Yüzey Pürüzlülük Değerlerinin Karşılaştırılması



**Çizelge 4.20** 304 Çeliğinden İmal Edilen Numunelerde Ölçülen Yüzey Pürüzlülük Değerlerinin Karşılaştırılması (Göbek Dış Çapı Ø70)



#### **4.3.15 Ø30H7u6 Alüminyum Alaşımı Göbek Ve 304 Milden İmal Edilen Numunelerin $\Delta u$ Teorik ve $\Delta u$ Pratik Değerlerinin Hesaplanması ve Karşılaştırılması**

$$\Delta u_{T1} = 1,2 \times (5,56 + 4,46) = 12,024 \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{T2} = 1,2 \times (5,52 + 10,7) = 19,464 \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{T3} = 1,2 \times (4,78 + 6,09) = 13,044 \mu\text{m}$$

$$\Delta R_{ZG1} = 4,46 - 4,29 = 0,17 \mu\text{m}$$

$$\Delta R_{ZG2} = 10,7 - 9,55 = 1,15 \mu\text{m}$$

$$\Delta R_{ZG3} = 6,09 - 5,27 = 0,82 \mu\text{m}$$

$$\Delta R_{ZM1} = 5,56 - 5,37 = 0,19 \mu\text{m}$$

$$\Delta R_{ZM2} = 5,52 - 5,31 = 0,21 \mu\text{m}$$

$$\Delta R_{ZM3} = 4,78 - 4,48 = 0,30 \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{P1} = 0,17 + 0,19 = 0,36 \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{P2} = 1,15 + 0,21 = 1,36 \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{P3} = 0,82 + 0,30 = 1,12 \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{P1} / \Delta u_{T1} = (12,024 - 0,36) / 12,024 = \% 97$$

$$\Delta u_{P2} / \Delta u_{T2} = (19,464 - 1,36) / 19,464 = \% 93$$

$$\Delta u_{P3} / \Delta u_{T3} = (13,044 - 1,12) / 13,044 = \% 91$$

#### **4.3.16 Ø30H7u6 Pirinç Göbek Ve 304 Milden İmal Edilen Numunelerin $\Delta u$ Teorik Ve $\Delta u$ Pratik Değerlerinin Hesaplanması ve Karşılaştırılması**

$$\Delta u_{T1} = 1,2 \times (4,11 + 3,42) = 9,036 \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{T2} = 1,2 \times (5,57 + 6,19) = 14,112 \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{T3} = 1,2 \times (3,45 + 5,34) = 10,548 \mu\text{m}$$

$$\Delta R_{ZG1} = 3,42 - 3,06 = 0,36 \mu m$$

$$\Delta R_{ZG2} = 6,19 - 5,83 = 0,36 \mu m$$

$$\Delta R_{ZG3} = 5,34 - 3,43 = 1,91 \mu m$$

$$\Delta R_{ZM1} = 4,11 - 3,93 = 0,18 \mu m$$

$$\Delta R_{ZM2} = 5,57 - 5,38 = 0,19 \mu m$$

$$\Delta R_{ZM3} = 3,45 - 3,43 = 0,02 \mu m$$

$$\Delta u_{P1} = 0,36 + 0,18 = 0,54 \mu m$$

$$\Delta u_{P2} = 0,36 + 0,19 = 0,55 \mu m$$

$$\Delta u_{P3} = 1,91 + 0,02 = 1,93 \mu m$$

$$\Delta u_{P1} / \Delta u_{T1} = ( 9,036 - 0,54 ) / 9,036 = \% 94$$

$$\Delta u_{P2} / \Delta u_{T2} = ( 14,112 - 0,55 ) / 14,112 = \% 96$$

$$\Delta u_{P3} / \Delta u_{T3} = ( 10,548 - 1,93 ) / 10,548 = \% 82$$

#### **4.3.17 Ø30H7u6 304 Çeliğinden İmal Edilen Numunelerin Δu Teorik ve Δu Pratik Değerlerinin Hesaplanması ve Karşılaştırılması**

$$\Delta u_{T1} = 1,2 \times (3,07 + 5,46) = 10,236 \mu m$$

$$\Delta u_{T2} = 1,2 \times (3,77 + 6,13) = 11,88 \mu m$$

$$\Delta u_{T3} = 1,2 \times (6,47 + 2,51) = 10,776 \mu m$$

$$\Delta R_{ZG1} = 5,46 - 4,49 = 0,97 \mu m$$

$$\Delta R_{ZG2} = 6,13 - 5,76 = 0,37 \mu m$$

$$\Delta R_{ZG3} = 2,51 - 2,27 = 0,24 \mu m$$

$$\Delta R_{ZM1} = 3,07 - 2,86 = 0,21 \mu m$$

$$\Delta R_{ZM2} = 3,77 - 3,71 = 0,06 \mu m$$

$$\Delta R_{ZM3} = 6,47 - 5,90 = 0,57 \mu m$$

$$\Delta u_{P1} = 0,97 + 0,21 = 1,18 \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{P2} = 0,37 + 0,06 = 0,43 \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{P3} = 0,24 + 0,57 = 0,81 \mu\text{m}$$

$$\Delta u_{P1} / \Delta u_{T1} = ( 10,236 - 1,18 ) / 10,236 = \% 89$$

$$\Delta u_{P2} / \Delta u_{T2} = ( 11,88 - 0,43 ) / 11,88 = \% 96$$

$$\Delta u_{P3} / \Delta u_{T3} = ( 10,776 - 0,81 ) / 10,776 = \% 93$$

Deneylerden elde edilen ve hesaplamalarda kullanılan sonuçların çıktıları EK-1'de verilmiştir.



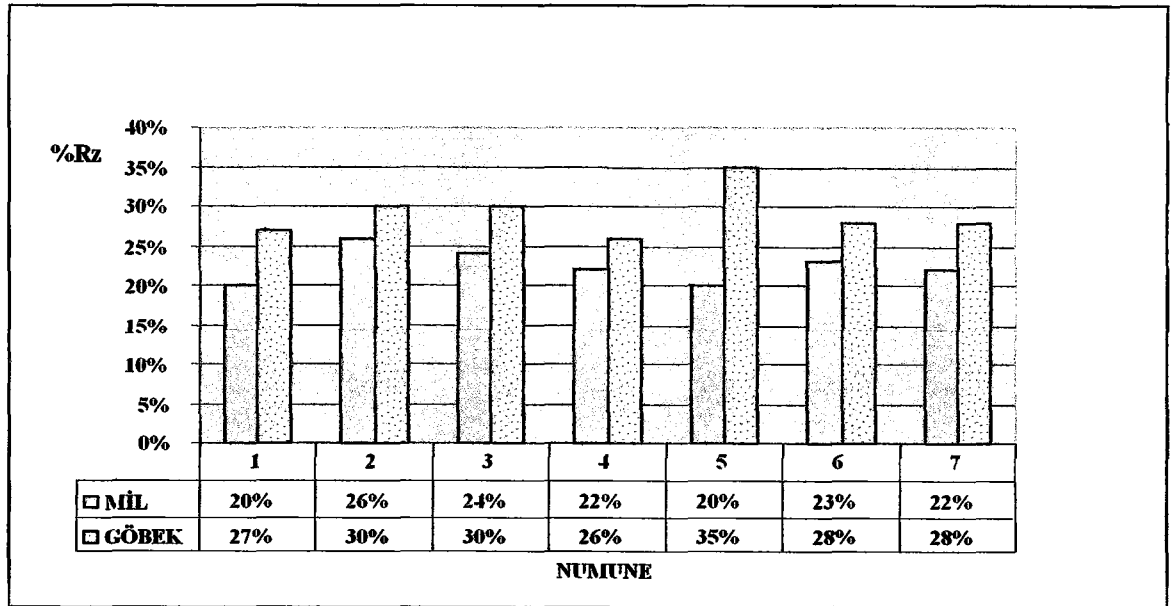
## 5. SONUÇ

Yüzey pürüzlülüğü ölçüm deneylerinde 22 adet numune kullanılmıştır. Sonuçlar, bu deneylerde yapılan ölçümler neticesinde aşağıda belirtilen başlıklar altında incelenmiştir.

### 5.1 Mil ve Göbeklerdeki Yüzey Pürüzlülüğü Kayıpları

Yapılan deneylerde ortaya çıkan sonuçlar ışığında, göbeklerde, millere göre yüzey pürüzlülük kaybının ortalama %13 daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Geçme yapılırken göbeğin genişlemesinden faydalanılması, mikron seviyesinde dahi olsa göbek pürüz profillerini etkilemektedir. Geçme tamamlandığı zaman soğuma sırasında göbeğin daralarak mili sıkması ve milin de göbekteki sıcaklık etkisiyle genişerek göbeğe basınç yapmasıyla numune çifti yüzeyinde aşınma meydana gelmektedir. Numune çifti sakin havada ortam sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra demonte esnasında da tekrar göbeğin ısıtılarak genişletilmesi ve milin serbest bir biçimde yerçekimi etkisiyle göbekten ayrılması ile göbekteki yüzey pürüzlülük kaybının daha fazla olduğu sonucu çıkartılmıştır (Çizelge 5.1).

Çizelge 5.1 Göbek Isıtılarak Geçme Yapılan Numunelerde % Yüzey Kayıpları



## **5.2 Eksenel ve Radyal Pres Geçme Arasındaki Yüzey Pürüzlülüğü Kayıplarının Farkları**

Eksenel pres geçme ile millerde %41'lere varan yüzey pürüzlülüğü kayıpları göze çarparken, göbeklerde bu kayıp %51'lere kadar çıkabilmektedir. Diğer taraftan çizelge 5.1'den de görüleceği gibi radyal geçmelerde bu değer, millerde maksimum %26'ya çıkarken göbeklerde ise maksimum %35'e çıkmaktadır. Dolayısıyla seçilen pres geçme yöntemine göre yüzey pürüzlülük kayıpları arasında % 15'lere varan bir fark ortaya çıkmaktadır. Bu durum da iletilecek momente, sürtünme katsayısına ve sıkı geçme ile imal edilmiş parçaların tekrar sökölüp takılmasındaki yüzey kayıplarının azaltılmasında birinci dereceden etki oluşturmaktadır.

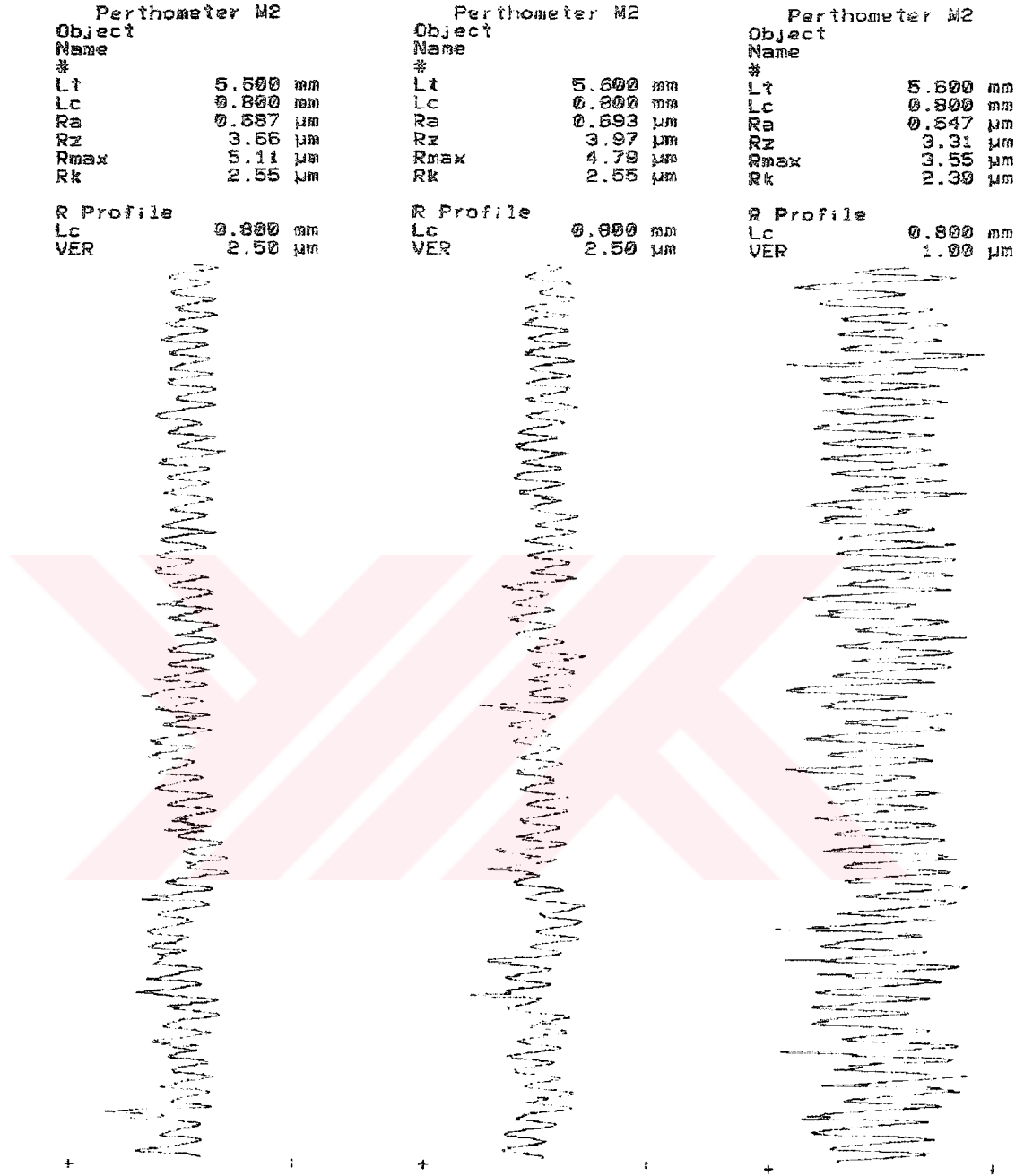
## **5.3 Mil ve Göbeğin Farklı Malzemeden İmal Edilmesi Durumunda Yüzey Pürüzlülüğü Kayıplarının İncelenmesi**

Alüminyum alaşımından imal edilen göbek ve 304 çeliğinden imal edilen millerde yapılan ölçümlerde yüzey pürüzlülüğü kaybı, miller için maksimum % 6, göbekler için maksimum %13 olarak hesaplanmıştır. Alüminyum göbeklerin çelik millere göre daha çok daha az sıcaklıkta genişmesi ve çelik miller üzerine yeterince yüzey basıncı uygulayamaması daha az yüzey ezilmesine, dolayısıyla mil yüzeyinde daha az yüzey pürüzlülüğü kaybının oluşmasına neden olmaktadır. Benzer şekilde pirinçten imal edilen göbekler ve 304 çeliğinden imal edilen millerde de mil yüzey pürüzlülüğü kaybının maksimum %4, göbek yüzey pürüzlülüğü kaybının ise maksimum %11 olduğu hesaplanmıştır.

## **5.4 Göbek Cidar Kalınlığı Etkisinin İncelenmesi**

Yapılan deneyler sonucunda göbek cidar kalınlığı arttıkça, radyal pres geçmeyle birleştirilen numunelerde göbeğin soğuması esnasında mil yüzeyine daha fazla yüzey basıncının etkidiği gözlemlenmiştir. Mil yüzey kaybı %9'lara çıkarken göbek yüzey kaybının ise %18'lere ulaştığı ölçülmüştür.

## EK – I NUMUNELERİN ÖLÇÜM SONUÇLARI ÖRNEKLERİ



Şekil 6.1. H7u6 Toleransındaki 1 Numaralı Milin montaj Öncesi Sonuçları



**Şekil 6.2 H7u6 Toleransındaki 1 Numaralı Göbeğin Montaj Öncesi Sonuçları**

Perthometer M2  
Object  
Name  
#  
Lt 5.600 mm  
Lc 0.800 mm  
Ra 0.546 µm  
Rz 2.70 µm  
Rmax 2.89 µm  
Rk ##### µm

R Profile  
Lc 0.800 mm  
VER 1.00 µm



Perthometer M2  
Object  
Name  
#  
Lt 5.600 mm  
Lc 0.800 mm  
Ra 0.543 µm  
Rz 2.72 µm  
Rmax 2.96 µm  
Rk 1.78 µm

R Profile  
Lc 0.800 mm  
VER 1.00 µm



Perthometer M2  
Object  
Name  
#  
Lt 5.600 mm  
Lc 0.800 mm  
Ra 0.547 µm  
Rz 2.68 µm  
Rmax 3.38 µm  
Rk 1.83 µm

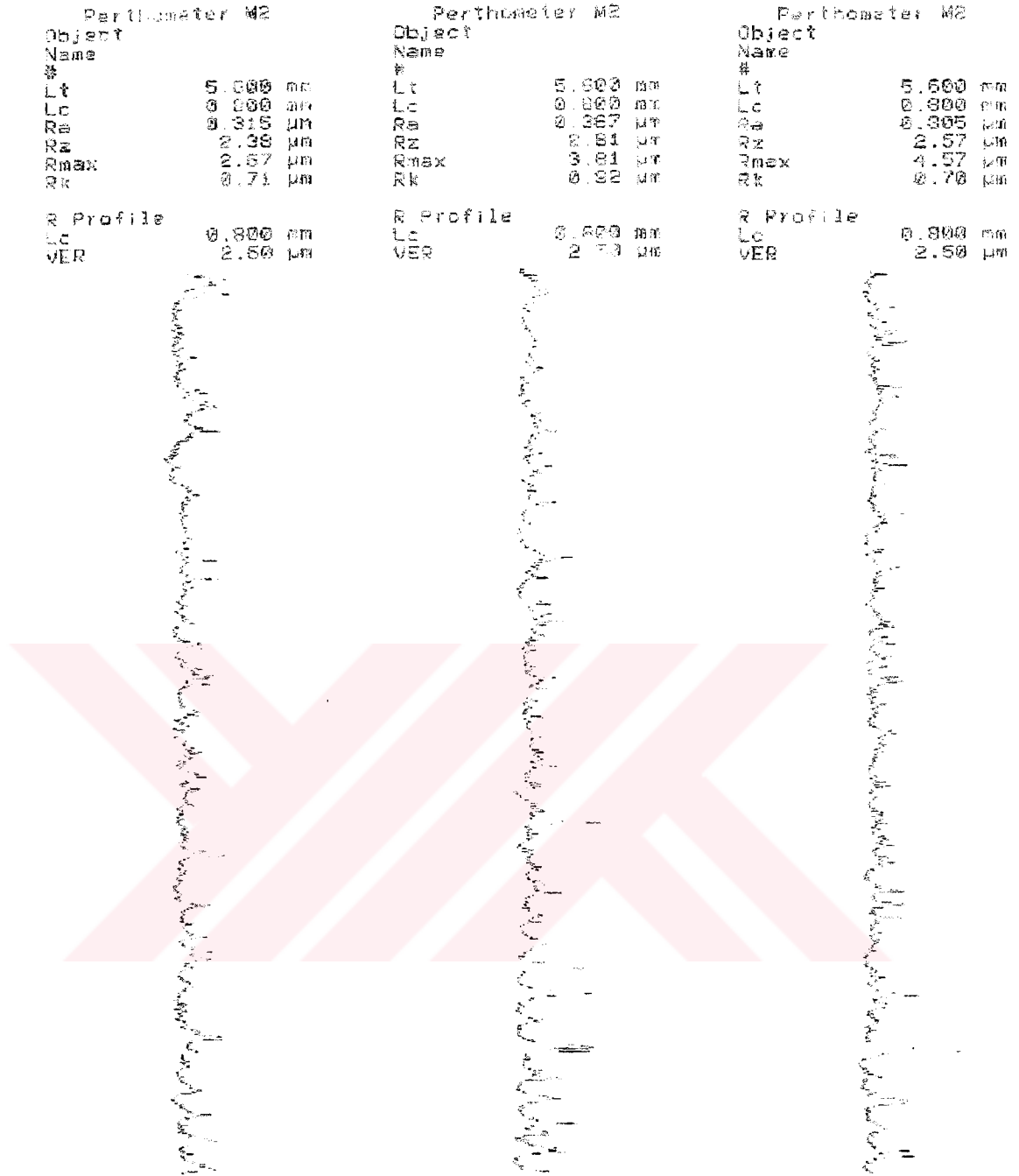
R Profile  
Lc 0.800 mm  
VER 1.00 µm



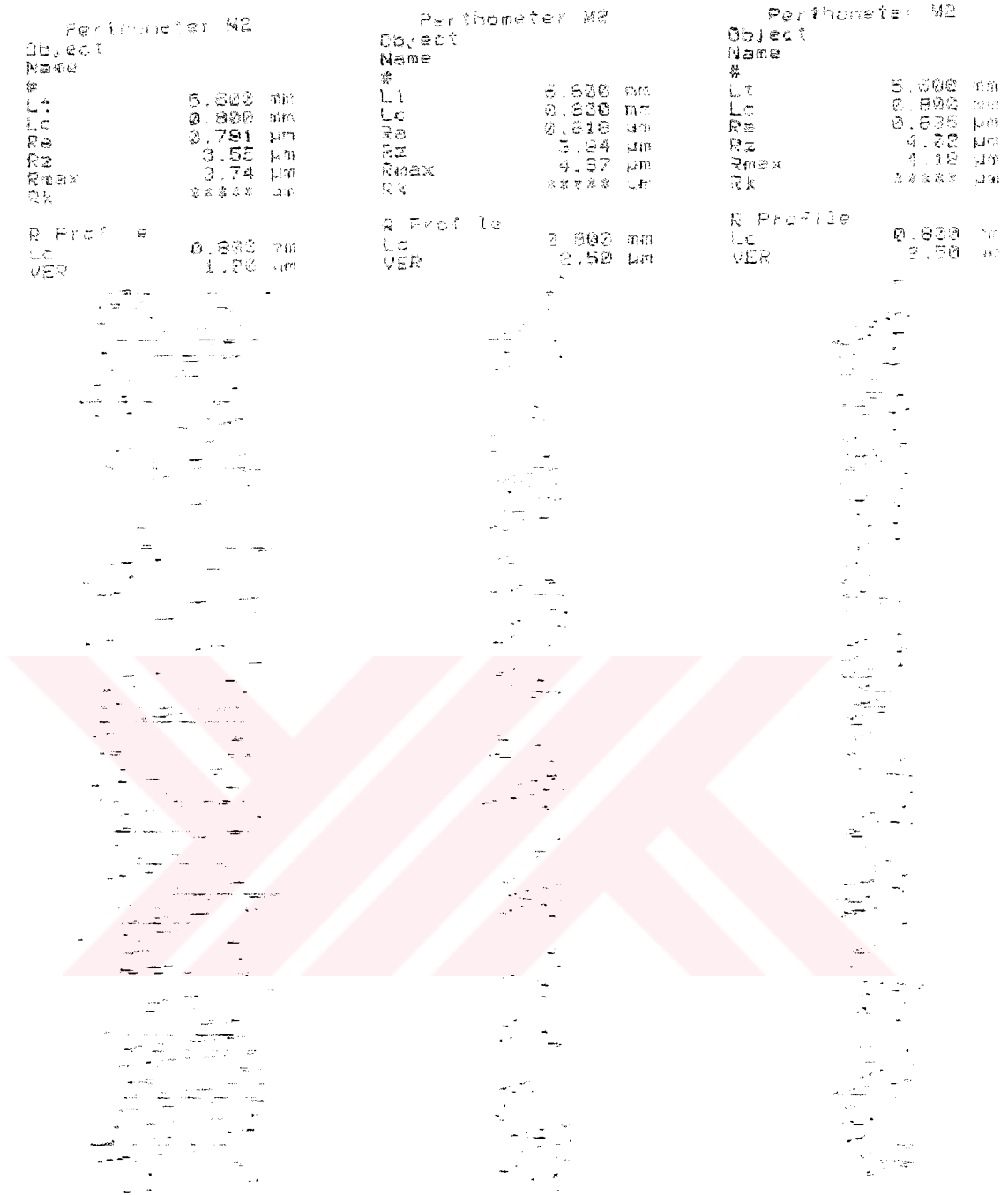
Şekil 6.3 H7u6 Toleransındaki 2 Numaralı Milin Montaj Öncesi Sonuçları



**Şekil 6.4 H7u6 Toleransındaki 2 Numaralı Göbeğin Montaj Öncesi Sonuçları**



**Şekil 6.5 H7u6 Toleransındaki 3 Numaralı Milin Montaj Öncesi Sonuçları**



**Şekil 6.6 H7u6 Toleransındaki 3 Numaralı Göbeğin Montaj Öncesi Sonuçları**

Perthometer M2  
Object  
Name  
#  
Lt 5.600 mm  
Lc 0.800 mm  
Ra 2.723 µm  
Rz 11.6 µm  
Rmax 13.3 µm  
Rk 2.53 µm

R Profile  
Lc 0.800 mm  
VER 5.00 µm



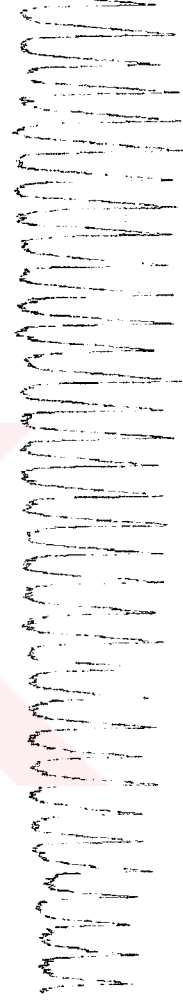
Perthometer M2  
Object  
Name  
#  
Lt 5.602 mm  
Lc 0.800 mm  
Ra 2.659 µm  
Rz 11.7 µm  
Rmax 13.2 µm  
Rk 3.02 µm

R Profile  
Lc 0.800 mm  
VER 5.00 µm



Perthometer M2  
Object  
Name  
#  
Lt 5.600 mm  
Lc 0.800 mm  
Ra 2.855 µm  
Rz 12.1 µm  
Rmax 13.8 µm  
Rk 2.71 µm

R Profile  
Lc 0.800 mm  
VER 5.00 µm



Şekil 6.7 H7s6 Toleransındaki 1 Numaralı Milin Montaj Öncesi Sonuçları

Perthometer M2  
Object  
Name  
#  
Lt 5.600 mm  
Lc 0.800 mm  
Ra 0.500 µm  
Rz 2.70 µm  
Rmax 3.30 µm  
Rk 0.75 µm  
R Profile  
Lc 0.800 mm  
VER 2.50 µm



Perthometer M2  
Object  
Name  
#  
Lt 5.600 mm  
Lc 0.800 mm  
Ra 0.243 µm  
Rz 2.42 µm  
Rmax 3.35 µm  
Rk 0.54 µm  
R Profile  
Lc 0.800 mm  
VER 2.50 µm



Perthometer M2  
Object  
Name  
#  
Lt 5.600 mm  
Lc 0.800 mm  
Ra 0.408 µm  
Rz 2.11 µm  
Rmax 3.50 µm  
Rk 1.17 µm  
R Profile  
Lc 0.800 mm  
VER 2.50 µm



Şekil 6.8 H7s6 Toleransındaki 1 Numaralı Göbeğin Montaj Öncesi Sonuçları



**Şekil 6.9 H7s6 Toleransındaki 2 Numaralı Milin Montaj Öncesi Sonuçları**

Perthometer M2  
Object  
Name  
#  
Lt 5.600 mm  
Lc 0.800 mm  
Ra 0.338 µm  
Rz 2.17 µm  
Rmax 2.40 µm  
Rk 1.12 µm  
  
R Profile  
Lc 0.800 mm  
VER 1.00 µm



Perthometer M2  
Object  
Name  
#  
Lt 5.600 mm  
Lc 0.800 mm  
Ra 0.314 µm  
Rz 2.13 µm  
Rmax 2.37 µm  
Rk 1.06 µm  
  
R Profile  
Lc 0.800 mm  
VER 1.00 µm



Perthometer M2  
Object  
Name  
#  
Lt 5.600 mm  
Lc 0.800 mm  
Ra 0.330 µm  
Rz 2.20 µm  
Rmax 2.79 µm  
Rk 1.13 µm  
  
R Profile  
Lc 0.800 mm  
VER 1.00 µm



Şekil 6.10 H7s6 Toleransındaki 2 Numaralı Göbeğin Montaj Öncesi Sonuçları

- ANONİM-I. 2001. Operating Instructions Perthometer M2 and M3 with PFM Drive Unit, MAHR GMBH-GERMANY, MAHR FEDERAL INC.-USA, pp. 93
- ANONİM-II, 1988. Yüzey Pürüzlülüğü-Parametreler ve Pürüzlülük Tespiti Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü – TS 971/Aralık 1998, Ankara
- ANONİM-III, 2005. Demir Çelik Ürün Kataloğu-Akalın Isıl İşlem Çelik San. Ve Tic. Ltd. Şti – Cavit Dünder Cad. No. 28 06370 Ostim, Ankara ss. 32
- FAUPEL, J.H., AND FISHER, F.E., 1981. Engineering Design - 2nd Edition, Wiley, New York
- CÜRGÜL, İ., 1997. Makine Elemanları Cilt I, Kocaeli Üniversitesi Yayınları, Kocaeli, ss. 351
- RENDE, H., 2000. Makine Elemanları, Seç Yayın Dağıtım, İstanbul, ss. 447
- SHINGLEY, JOSEPH E., 1985. Mechanical Engineering Design - 4<sup>th</sup> Edition, Prentice-Hall, New Jersey
- TERRY E.S., 1979. A Practical Guide to Computer Methods for Engineers, Prentice Hall, New Jersey
- YAYLA, P., 1998. Cisimlerin Mukavemeti, Yıldız Fotokopi ve Kırtasiye, İzmit, ss. 266
- AKKURT, M., 2000. Makina Bilgisi, Birsen Yayınevi Ltd. Şti., İstanbul, ss. 408
- ÇİĞDEM, M., 1996. İmal Usulleri, Çağlayan Basımevi, İstanbul, ss. 424
- URAL, K., 1995. Ölçme Tekniği Ders Notları, Yıldız Fotokopi ve Kırtasiye, İzmit, ss. 35
- BARGEL, H. J., SCHULZE, G., 1995. Malzeme Bilgisi Cilt II, İ.T.Ü Makine Fakültesi Ofset Atölyesi, İstanbul, ss. 174

## ÖZGEÇMİŞ

Alpan SEVÜK 1977 yılında Ankara’da doğdu. İlk, orta, lise öğrenimini Antalya’da tamamladı. 1995 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü’nden 2001 yılında mezun oldu. 2002 yılında Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Bölümü, Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans’a başladı. 2002 – 2003 yılları arasında aynı Anabilim Dalı’nda Araştırma Görevlisi olarak görev yaptı. 2003 yılında Özaltın A.Ş. Gloria Golf Resort Hotel’de Teknik Müdür Yardımcısı olarak çalıştı. 2005 yılından beri Cengiz İnşaat A.Ş. Sungate Port Royal’de Teknik Müdür Yardımcısı olarak görev yapmaktadır.

