



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



HİDROSTATİK YAĞLAMALI TAŞLAMA
TEZGAHININ TAŞLAMA
PARAMETRELERİNİN YÜZEY
PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİLERİNİN
İNCELENMESİ

Fatma Gökçen GÖKTAŞ

YÜKSEK LİSANS

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

ARALIK 2025
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Fatma Gökçen GÖKTAŞ tarafından hazırlanan “Hidrostatik Yağlamalı Taşlama Tezgahının Taşlama Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkilerinin İncelenmesi” adlı tez çalışması 05/12/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Dr. Öğr. Üyesi Musa DEMİRCİ
(KTO Karatay Üniversitesi)

.....

Danışman

Prof. Dr. Mehmet BAĞCI
(Konya Teknik Üniversitesi)

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Yusuf YILMAZ
(Konya Teknik Üniversitesi)

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Mevlüt UYAN
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Fatma Gökçen GÖKTAŞ

05.12.2025

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

HİDROSTATİK YAĞLAMALI TAŞLAMA TEZGAHININ TAŞLAMA PARAMETRELERİNİN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Fatma Gökçen GÖKTAŞ

**Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Mehmet BAĞCI

2025, 70 Sayfa

**Prof. Dr. Mehmet BAĞCI
Dr. Öğr. Üyesi Musa DEMİRCİ
Dr. Öğr. Üyesi Yusuf YILMAZ**

Silindirik taşlama tezgâhları, özellikle gıda sanayisinde kullanılan un ve yağ öğütme merdaneleri gibi vals silindirlerinin yüksek hassasiyet ve kararlılıkla işlenmesi amacıyla tercih edilmektedir. Bu makineler; konik, bombeli veya karmaşık geometrili yüzeylerin taşlanması mümkün kılmakla birlikte fener milinin yataklanmasında kullanılan hidrodinamik yağlama sistemleri, taşlama sürecinde durma-hareket geçişleri esnasında sürtünme, ısınma ve aşınma gibi olumsuz etkilerin ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Bu problemleri azaltmak amacıyla, hidrodinamik yataklamadan hidrostatik yağlamalı yataklama sistemine geçiş, bazı teknik belirsizlikler doğurmakla birlikte, sistem performansı ve işleme kalitesi açısından önemli bir gelişme sağlamıştır.

Bu tez kapsamında, değirmen vals silindirlerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki değişkenlerin incelenmesi amacıyla, hidrostatik yağlamalı taşlama tezgâhlarında gerçekleştirilen deneysel çalışmalar ortaya konulmuştur. Deneylerde iki farklı boyutta vals silindiri (250×1000 mm ve 250×1250 mm) kullanılmıştır. Taşlama işlemleri, NK kalite alüminyum oksit ve SCG kalite silikon karbür taşlarla, 25–30–35 m/sn taşlama hızlarında, 50–55–60 bar basınç değerlerinde ve 250–500–750 mm taşlama uzunluklarında gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen deneysel veriler sonunda taş türü, taşlama hızı, basınç ve taşlama uzunluğu parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü (Ra) üzerindeki etkileri detaylı olarak açıklanmıştır. Bulgular, SCG taşının genel olarak daha düşük pürüzlülük değerleri ürettiğini göstermekle birlikte artan taşlama hızı ve basınçla birlikte yüzey kalitesinin iyileştiği sonucu ortaya çıkarmıştır. Ayrıca, hidrostatik yağlama sisteminin kontrol ve basınç cep geometrilerinin varlığıyla hidrolik devre yapısı üzerinden değerlendirmeler yapılarak sistem stabilitesi ve yüzey işleme doğruluğu arasındaki ilişki detaylı biçimde yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hidrostatik Yağlamalı Yataklama, Taşlama Taşı, Silindirik Taşlama, Vals Silindirleri, Yüzey Pürüzlülüğü.

ABSTRACT

MS/PhD THESIS

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF GRINDING PARAMETERS ON SURFACE ROUGHNESS OF HYDROSTATIC LUBRICATED GRINDING MACHINE

Fatma Gökçen GÖKTAŞ

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Mechanical Engineering**

Advisor: Prof. Dr. Mehmet BAĞCI

2025, 70 Pages

Jury

**Prof. Dr. Mehmet BAĞCI
Dr. Öğr. Üyesi Musa DEMİRCİ
Dr. Öğr. Üyesi Yusuf YILMAZ**

Cylindrical grinding machines are widely employed in the food industry for the precise and stable machining of grinding rollers such as flour and oil milling rolls. These machines are capable of performing conical, crowned, or complex surface grinding operations. However, when hydrodynamic lubrication is used in the spindle bearings, problems such as friction, heating, and wear may occur due to the intermittent start-stop interactions during the grinding process. To overcome these drawbacks, the transition from hydrodynamic to hydrostatic bearing lubrication has brought significant improvements in process stability and machining accuracy, despite introducing certain technical uncertainties regarding roller performance parameters.

Within the scope of this study, experimental investigations were carried out to evaluate surface roughness variations of milling rollers processed on grinding machines equipped with a hydrostatic bearing lubrication system specifically designed for roller mills. Two different roller dimensions (250×1000 mm and 250×1250 mm) were tested using NK-grade aluminum oxide and SCG-grade silicon carbide grinding wheels. The grinding operations were performed under varying conditions of 25–30–35 m/s wheel speeds, 50–55–60 bar pressures, and 250–500–750 mm grinding lengths.

The obtained results revealed the influence of stone type, grinding speed, pressure, and grinding length on the surface roughness (Ra) of the rollers. It was observed that the SCG stone generally produced lower roughness values, while higher grinding speeds and pressures led to smoother surfaces. Furthermore, the design of hydrostatic bearing geometries and the configuration of control and pressure pockets were examined through the hydraulic circuit analysis, providing insights into the relationship between system stability and surface machining precision.

Keywords: Hydrostatic Lubrication Bearing, Grinding Wheel, Cylindrical Grinding, Mill Rollers, Surface Roughness.

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması, yüksek lisans eğitimim süresince edindiğim akademik bilgi ve araştırma deneyimlerinin bir sonucu olarak hazırlanmıştır. Çalışmamın her aşamasında bilimsel yaklaşımı, yönlendirmeleri ve destekleriyle bana rehberlik eden değerli danışmanım Prof. Dr. Mehmet Bağcı'ya en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca tez çalışmama katkı sağlayan yapıcı değerlendirmeleri ve akademik yönlendirmeleri için saygıdeğer jüri üyelerine teşekkür ederim.

Bu çalışmanın deneysel uygulamaları YENAR Döküm A.Ş. bünyesinde gerçekleştirilmiş olup araştırmada kullanılan tezgâhın tasarımı, üretimi, yazılımı ve teknik altyapısı firma mühendisleri tarafından sağlanmıştır. Destekleriyle çalışmanın hayata geçirilmesine önemli katkı sunan YENAR Döküm A.Ş. yönetimine ve tüm çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Fatma Gökçen GÖKTAŞ
KONYA-2025

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	2
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	12
3.1. Değirmen Vals Silindirleri	12
3.2. Hidrostatik Yağlamalı Taşlama Tezgâhı.....	13
3.2.1. Teknik Özellikler	15
3.2.2. Tezgah Ana Bileşenleri	16
3.2.3. Hidrolik Sistem ve Basınç Kontrol Ünitesi	18
3.3. Taşlama Taşlarının Özellikleri (NK ve SCG)	19
3.3.1. NK Taşları (Alüminyum Oksit):.....	19
3.3.2. SCG Taşları (Silisyum Karbür):	19
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	20
4.1. Hidrostatik Yağlamalı Silindirik Taşlama Tezgahına Ait Deneysel Uygulama ..	20
4.2. Deneysel Uygulama ve Parametrelerin Belirlenmesi	22
4.2.1. $R_a = 0.50 \mu m$ Risk Sınırının Belirlenme Gerekçesi	24
4.2.2. Her İki Silindir Boyutu İçin 500 mm Hattının Referans Olarak Seçilme Gerekçesi.....	26

4.3. Deney Süreci	27
4.4. 250×1000 mm Vals Silindiri Deney Sonuçları	28
4.4.1. NK Taşı Sonuçları.....	28
4.4.2. SCG Taşı Sonuçları.....	30
4.4.3. Taş Tipi Karşılaştırması ve Risk Değerlendirmesi	31
4.5. 250×1250 mm Vals Silindiri Deney Sonuçları	33
4.5.1.NK Taşı Sonuçları.....	34
4.5.2. SCG Taşı Sonuçları.....	36
4.5.3.Taş Tipi Karşılaştırması ve Risk Değerlendirmesi	38
4.6. Parametrelerin Etkileşim Analizi.....	40
4.7. Genel Bulguların Değerlendirilmesi.....	56
4.8. NK Taşı ile Gerçekleştirilen Taşlama Sonuçları.....	56
4.9. SCG Taşı ile Gerçekleştirilen Taşlama Sonuçları.....	57
4.10. Taş Tiplerinin Karşılaştırılması	57
4.11. Vals Boyunun Etkisi	57
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	58
5.1. Genel Sonuçlar	58
5.2. Endüstriyel Değerlendirme ve Öneriler	59
KAYNAKLAR	60
EKLER	62

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

A	Kesme derinliği	μm
D	Taş çapı	mm
F	Taşılama ilerleme hızı	mm/dk
L	Ölçüm hattı mesafesi	mm
N	Test numarası	-
P	Taşılama basıncı	bar
Ra	Yüzey pürüzlülüğü	μm
S	Taşın ilerleme yönündeki mesafesi	mm
T	Süre	s
V	Taşılama hızı	m/s
Z	Otomasyon eksen (ilerleme doğrultusu)	-

Kısaltmalar

Al ₂ O ₃	Alüminyum Oksit
CNC	Computer Numerical Control
ISO	International Organization for Standardization
NK	Alüminyum Oksit Taş
PLC	Programmable Logic Controller
SCG	Silisyum Karbür Taş
SEM	Scanning Electron Microscope

1. GİRİŞ

Değirmen vals silindirlerinin işlenmesinde kullanılan hidrostatik yağlamalı silindirlik taşlama tezgâhları, yüksek doğruluk, düşük titreşim ve termal kararlılık sağlayarak taşlama verimliliğini artırmak amacıyla tasarlanmıştır. Bu tezgâhlar, hem yüksek yüzey kalitesi gerektiren uygulamalarda hem de farklı taşlama parametrelerinin eşzamanlı olarak optimize edilmesi gereken durumlarda endüstriyel açıdan önemli avantajlar sunmaktadır.

Taşlama performansı ölçütünde kullanılan taş türü, yağ basıncı, taşlama hızı ve silindir boyutu gibi değişkenlerin hassas biçimde kontrol edilmesi oldukça önemlidir. Bu tez kapsamında gerçekleştirilen deneysel çalışmalarda, iki farklı taş türü; NK kalite Alüminyum Oksit (Al_2O_3) ve SCG kalite Silikon Karbür (SiC) taşlar kullanılmıştır. Deneyler, 250×1000 mm ve 250×1250 mm boyutlarındaki vals silindirlerinde, 50–55–60 bar basınç aralığında ve 25–30–35 m/sn taşlama hızlarında gerçekleştirilmiştir. Elde edilen deneysel sonuçlar, taşlama parametreleri ile yüzey pürüzlülüğü (R_a) arasındaki ilişkiyi açık biçimde ortaya koymaktadır. NK taşlarında pürüzlülük değerleri genel olarak 0.49–0.71 μm aralığında iken SCG taşlarında ise 0.31–0.46 μm aralığında sonuçlar ölçülmüştür. Bu bulgular, SCG taşlarının daha düşük yüzey pürüzlülüğü ürettiğini, dolayısıyla yüzeyin daha düzgün işlendiği sonucuna olumlu katkılar yaptığını göstermektedir. Silindir boyutlarının (250×1000 mm ve 250×1250 mm) değişimlerinin kıyaslanmasında ise taş tercihleri kadar baskın rolde yüzey pürüzlülüğü üzerinde belirgin bir etkisi gözlenmemiştir. Her iki boyuttaki silindirlerde benzer eğilimler ortaya çıkmış olup ölçüm tekrarı kaynaklı küçük varyasyonlar tespit edilmiştir. Bu sonuç, farklı boyutlardaki valslerin aynı taşlama parametreleriyle işlenebileceğini ve yüzey kalitesinde anlamlı bir fark oluşturmayaabileceğini destekler çıktıları ortaya koymuştur.

Bu tez çalışması; taş türü, yağ basıncı ve taşlama hızının vals silindirlerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini deneysel olarak ortaya koymakta ve hidrostatik yağlamalı taşlama sistemlerinin yüzey kalitesini iyileştirici etkisini doğrulamaktadır. Bulgular, özellikle SCG taşlarının yüksek hız ve basınç koşullarında optimum yüzey kalitesi sağladığını ($R_a \leq 0.50 \mu m$) ortaya koyarken NK taşlarının ise daha agresif bir taşlama karakterine (60 bar ile 35 m/s değerleri daha baskın olması durumunda) sahip olarak yüzey bütünlüğünü bir miktar düşürdüğüne ait verileri tanımlamıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu tezin temel problemi, hidrostatik yağlamalı taşlama tezgahlarının performansının ve etkinliğinin artırılmasıdır. Literatürde çoğu araştırma, bu tür sistemlerde yalnızca tek bir parametreye odaklanmakta, örneğin sadece yağ basıncı veya taşlama taşı türü incelenmektedir. Bu tek parametrelili çalışmalar, taşlama sürecinin karmaşık etkileşimlerini ve çoklu parametrelerin etkisini tam anlamıyla yansıtamamaktadır. Dolayısıyla, taşlama sürecinin verimliliğini artıracak doğru parametre kombinasyonlarının bulunması önemli bir boşluktur.

Bu tez çalışmasının ana hipotezi ise, hidrostatik yağlama sistemlerinde taşlama taşı türü, yağ basıncı ve değirmen vals silindir ebatları gibi çoklu parametrelerin etkileşimlerinin taşlama performansını önemli ölçüde etkilediği, bu etkileşimlerin optimize edilmesi ile taşlama sürecindeki yüzey kalitesi ve doğruluk sorunlarının giderilebileceği yönündedir. Hipotez doğrultusunda, bu parametrelerin etkileşimini anlamak ve optimum çalışma koşullarını belirlemek, taşlama sistemlerinin etkinliğini artıracak bir çözüm sunulacak olup literatürde yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Hidrostatik yağlama basıncının taşlama performansı üzerindeki etkileri, literatürde çeşitli çalışmalarla ele alınmıştır. Yapılan çalışmalarda, yağlama basıncının taşlama kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerinde belirleyici bir parametre olduğu belirtilmektedir (Al-Otoom et al., 2019; Wang et al., 2017). Ancak bu çalışmaların büyük bir kısmında taşlama taşı türü ve büyük boyutlu vals silindir ebatlarının etkileri birlikte değerlendirilmemiştir.

Taşlama taşı türü ve taşlama taşının yapısal özellikleri, taşlama performansını ve elde edilen yüzey kalitesini doğrudan etkileyen temel parametreler arasında yer almaktadır. Taşlama taşının tane malzemesi, sertliği ve bağlayıcı yapısı; kesme mekanizmasını, talaş oluşumunu ve yüzey pürüzlülüğünü belirleyen başlıca unsurlardır. Malkin ve Guo (2008), alüminyum oksit esaslı taşlama taşlarının, genel taşlama uygulamalarında yaygın olarak tercih edildiğini ve uygun kesme koşulları altında yüzey kalitesini iyileştirebildiğini belirtmektedir. Benzer şekilde, Marinescu ve arkadaşları (2006), taşlama taşı türünün taşlama kuvvetleri ve yüzey bütünlüğü üzerinde belirleyici bir rol oynadığını vurgulamıştır. Bununla birlikte, literatürde taşlama taşı türlerine odaklanan çalışmaların büyük bir kısmında yağlama basıncı ve büyük boyutlu silindirik iş parçalarının ebatları gibi parametreler birlikte ele alınmamıştır.

Li ve arkadaşları (2020), hidrostatik yağlamanın taşlama performansı üzerindeki etkilerini deneysel olarak incelemişlerdir. Çalışmada, hidrostatik yağlama koşullarının taşlama sürecinde sistem stabilitesini artırdığı ve yüzey kalitesini iyileştirdiği belirtilmiştir. Elde edilen bulgular, yağlama koşullarının taşlama verimliliği ve yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkili bir parametre olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, söz konusu çalışmada taşlama taşı türü ve büyük boyutlu silindirik iş parçalarının geometrik özellikleri birlikte değerlendirilmemiştir. Bu durum, hidrostatik yağlama basıncı ile taşlama taşı özellikleri ve iş parçası ebatlarının etkileşimini ele alan çok parametreliliğin gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Huang ve arkadaşları (2019), hidrostatik yağlama koşulları altında taşlama sürecini etkileyen parametreleri incelemişlerdir. Çalışmada, yağlama basıncının taşlama kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkili bir parametre olduğu ve taşlama sürecinin kararlılığını artırdığı ifade edilmiştir. Ayrıca, taşlama taşı özelliklerinin hidrostatik yağlama koşulları altında yüzey kalitesi üzerinde belirleyici bir rol oynadığı belirtilmiştir. Bununla birlikte, söz konusu çalışmada büyük boyutlu silindirik iş parçalarının geometrik etkileri ve bu etkilerin yağlama basıncı ile etkileşimi kapsamlı şekilde değerlendirilmemiştir. Bu durum, taşlama sürecinin çok parametreliliğin gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Wang ve arkadaşları (2017), hidrostatik yağlama koşulları altında gerçekleştirilen taşlama işlemlerinde yağlama sisteminin yüzey pürüzlülüğü ve taşlama kuvvetleri üzerindeki etkilerini deneysel olarak incelemişlerdir. Çalışmada, yağlama koşullarının taşlama sürecinin kararlılığını artırdığı ve yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkili bir parametre olduğu ortaya konulmuştur. Ayrıca, yağlama basıncının taşlama taşı-iş parçası etkileşimi üzerinde belirleyici bir rol oynadığı belirtilmiştir. Bununla birlikte, söz konusu çalışmada taşlama taşı türü ve büyük boyutlu silindirik iş parçalarının geometrik etkileri birlikte değerlendirilmemiştir. Bu durum, taşlama sürecinin çok parametreliliğin gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Kim ve Zhang (2021), hidrostatik yağlama koşulları altında gerçekleştirilen hassas taşlama işlemlerinde yağlama sisteminin geometrik doğruluk üzerindeki etkilerini deneysel olarak incelemişlerdir. Çalışmada, hidrostatik yağlamanın taşlama sürecinde sistem stabilitesini artırdığı ve geometrik doğruluğun iyileştirilmesine katkı

sağladığı belirtilmiştir. Ayrıca, taşlama taşı malzemesinin taşlama doğruluğu üzerinde etkili bir parametre olduğu vurgulanmıştır. Bununla birlikte, söz konusu çalışmada büyük boyutlu silindirik iş parçalarının geometrik etkileri ve bu etkilerin yağlama koşulları ile etkileşimi kapsamlı biçimde ele alınmamıştır. Bu durum, taşlama sürecinin çok parametreliliği bir yaklaşımla değerlendirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Zhao ve arkadaşları (2020), hidrostatik yağlama koşulları altında taşlama sürecini etkileyen parametreleri incelemişlerdir. Çalışmada, yağlama basıncının taşlama performansı ve yüzey kalitesi üzerinde etkili bir parametre olduğu, ayrıca taşlama taşı özelliklerinin bu etkiyi yönlendiren önemli unsurlar arasında yer aldığı belirtilmiştir. Bununla birlikte, söz konusu çalışmada yağlama basıncı ile taşlama taşı türlerinin ve büyük boyutlu silindirik iş parçalarının geometrik etkilerinin birlikte değerlendirildiği kapsamlı bir analiz yer almamaktadır. Bu durum, taşlama sürecinin çok parametreliliği bir yaklaşımla ele alınması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Singh ve Sharma (2021), taşlama süreçlerinde kullanılan temel proses parametrelerinin birbirleriyle olan etkileşimlerini incelemişlerdir. Çalışmada, taşlama taşı özellikleri, yağlama koşulları ve kesme hızının taşlama performansı üzerinde birlikte etkili olduğu ortaya konulmuştur. Elde edilen bulgular, taşlama sürecinin tek bir parametre üzerinden değil, parametrelerin karşılıklı etkileşimleri dikkate alınarak değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Bununla birlikte, söz konusu çalışmada büyük boyutlu silindirik iş parçalarının geometrik etkileri ve bu etkilerin hidrostatik yağlama koşulları ile birlikte değerlendirilmesine yönelik kapsamlı bir analiz yer almamaktadır. Bu durum, taşlama sürecinin çok parametreliliği bir yaklaşımla ele alınması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Al-Otoom ve arkadaşları (2019), hidrostatik yağlamalı taşlama sistemlerine ilişkin literatürü kapsamlı biçimde incelemişlerdir. Söz konusu derleme çalışmada, hidrostatik yağlamanın taşlama kuvvetleri, yüzey pürüzlülüğü ve geometrik doğruluk üzerinde etkili bir parametre olduğu, özellikle sistem stabilitesi ve titreşim davranışını iyileştirdiği vurgulanmıştır. Bununla birlikte, literatürde yer alan çalışmaların büyük bir kısmının yağlama basıncı veya taşlama koşulları gibi tekil parametrelere odaklandığı, taşlama taşı türü ve büyük boyutlu silindirik iş parçalarının geometrik etkilerinin birlikte ele alındığı çalışmaların sınırlı olduğu ifade edilmiştir. Bu durum, taşlama sürecinin çok parametreliliği bir yaklaşımla değerlendirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Taşılama taşı türü ve taşılama taşının yapısal özellikleri, taşılama verimliliği ve yüzey kalitesi üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir. Taşılama taşının tane malzemesi, sertliği ve bağlayıcı yapısı; kesme mekanizmasını ve yüzey oluşum sürecini doğrudan etkilemektedir. Malkin ve Guo (2008), alüminyum oksit esaslı taşılama taşlarının genel taşılama uygulamalarında yaygın olarak kullanıldığını ve uygun kesme koşulları altında yüzey kalitesini iyileştirebildiğini belirtmektedir. Benzer şekilde, Marinescu ve arkadaşları (2006), taşılama taşı özelliklerinin taşılama kuvvetleri ve yüzey bütünlüğü üzerinde önemli bir rol oynadığını vurgulamıştır. Bununla birlikte, literatürde taşılama taşı özelliklerine odaklanan çalışmaların büyük bir kısmında yağlama koşulları ve büyük boyutlu silindirik iş parçalarının geometrik etkileri birlikte değerlendirilmemiştir. Bu durum, taşılama sürecinin tüm parametrelerinin bir arada ele alındığı çok parametrelili yaklaşımlara olan ihtiyacı ortaya koymaktadır.

Patil ve Deshmukh (2020), hidrostatik yağlama koşulları altında gerçekleştirilen taşılama işlemlerinde yağlama sisteminin taşılama performansı üzerindeki etkilerini deneysel olarak incelemişlerdir. Çalışmada, yağlama koşullarının taşılama sürecinin kararlılığı ve yüzey kalitesi üzerinde etkili bir parametre olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca, taşılama taşı özelliklerinin yağlama koşulları ile birlikte değerlendirildiğinde taşılama performansını etkileyebileceği belirtilmiştir. Bununla birlikte, söz konusu çalışmada büyük boyutlu silindirik iş parçalarının geometrik etkileri ve bu etkilerin yağlama basıncı ile birlikte değerlendirilmesine yönelik kapsamlı bir analiz yer almamaktadır. Bu durum, taşılama sürecinin çok parametrelili bir yaklaşımla ele alınması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Ghosh ve arkadaşları (2017), taşılama taşı türü ve taşılama taşı aşınmasının taşılama performansı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada, taşılama taşı malzemesinin ve aşınma davranışının yüzey pürüzlülüğü ve geometrik doğruluk üzerinde etkili olduğu ortaya konulmuştur. Özellikle sert taşılama taşlarının, uygun kesme koşulları altında daha kararlı bir taşılama süreci sağlayabildiği ve yüzey bütünlüğünü olumlu yönde etkilediği belirtilmiştir. Bununla birlikte, söz konusu çalışmada yağlama koşulları ve büyük boyutlu silindirik iş parçalarının geometrik etkileri birlikte değerlendirilmemiştir. Bu durum, taşılama sürecinin çok parametrelili bir yaklaşımla ele alınması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Jain ve Yadav (2018), taşılama süreçlerinde kullanılan temel proses parametrelerinin ve bu parametrelerin birbirleriyle olan etkileşimlerinin taşılama

performansı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada, taşlama taşı özellikleri, yağlama koşulları ve kesme hızının taşlama performansını belirleyen başlıca faktörler arasında yer aldığı ortaya konulmuştur. Elde edilen bulgular, taşlama sürecinin tek bir parametre üzerinden değil, parametrelerin karşılıklı etkileşimleri dikkate alınarak değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Bununla birlikte, literatürde büyük boyutlu silindirik iş parçalarının geometrik etkileri ve bu etkilerin taşlama parametreleri ile birlikte ele alındığı çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir. Bu durum, taşlama sürecinin optimizasyonunda iş parçası ebatlarının ve taşlama taşı özelliklerinin birlikte değerlendirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Ahmed ve arkadaşları (2020), hidrostatik yağlama koşulları altında gerçekleştirilen taşlama işlemlerinde yüzey pürüzlülüğü ve geometrik doğruluk üzerindeki etkileri deneysel olarak incelemişlerdir. Çalışmada, hidrostatik yağlamanın taşlama sürecinin kararlılığını artırdığı ve yüzey kalitesi üzerinde olumlu bir etki oluşturduğu ifade edilmiştir. Elde edilen bulgular, yağlama koşullarının taşlama performansını etkileyen önemli parametreler arasında yer aldığını göstermektedir. Bununla birlikte, söz konusu çalışmada taşlama taşı türü ve büyük boyutlu silindirik iş parçalarının geometrik etkileri birlikte değerlendirilmemiştir. Bu durum, taşlama sürecinin çok parametreliliği bir yaklaşımla ele alınması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Kapoor ve Mehta (2017), taşlama sürecinde kullanılan taşlama taşı malzemesinin yüzey kalitesi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada, taşlama taşı türünün taşlama kuvvetleri ve yüzey oluşum mekanizması üzerinde etkili olduğu ve özellikle alüminyum oksit esaslı taşlama taşlarının genel taşlama uygulamalarında yaygın olarak tercih edildiği belirtilmiştir. Elde edilen bulgular, uygun taşlama taşı seçiminin yüzey kalitesinin iyileştirilmesinde önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Bununla birlikte, çalışmada yağlama koşulları ve büyük boyutlu silindirik iş parçalarının geometrik etkileri birlikte ele alınmamıştır. Bu durum, taşlama sürecinin çok parametreliliği bir yaklaşımla değerlendirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Sharma ve arkadaşları (2019), hidrostatik yağlama koşullarının taşlama süreci üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada, hidrostatik yağlamanın taşlama sürecinde sistem stabilitesini artırdığı ve taşlama performansını olumlu yönde etkilediği belirtilmiştir. Yağlama koşullarının iyileştirilmesiyle birlikte taşlama kuvvetleri ve yüzey oluşum mekanizmasının daha kararlı hale geldiği vurgulanmıştır. Bununla birlikte, söz konusu çalışmada taşlama taşı türü ve büyük boyutlu silindirik iş

parçalarının geometrik etkileri birlikte ele alınmamıştır. Bu durum, taşlama sürecinin çok parametreliliği bir yaklaşımla değerlendirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Rao ve Suresh (2018), taşlama sürecinde taşlama taşı türünün taşlama performansı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada, taşlama taşı malzemesinin ve yapısal özelliklerinin yüzey pürüzlülüğü ve geometrik doğruluk üzerinde etkili olduğu ortaya konulmuştur. Özellikle sert taşlama taşlarının, uygun kesme koşulları altında daha kararlı bir taşlama davranışı sağlayabildiği ve yüzey bütünlüğünü olumlu yönde etkilediği belirtilmiştir. Bununla birlikte, söz konusu çalışmada yağlama koşulları, kesme parametreleri ve büyük boyutlu silindirik iş parçalarının geometrik etkileri birlikte ele alınmamıştır. Bu durum, taşlama sürecinin çok parametreliliği bir yaklaşımla değerlendirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Patel ve Desai (2020), hidrostatik yağlama koşulları altında taşlama sürecinde kullanılan parametrelerin taşlama performansı üzerindeki etkilerini deneysel olarak incelemişlerdir. Çalışmada, yağlama koşullarının ve taşlama taşı özelliklerinin yüzey kalitesi üzerinde etkili olduğu ortaya konulmuştur. Ayrıca, taşlama performansının tek bir parametreye bağlı olmadığı, proses parametrelerinin birlikte değerlendirilmesinin gerekli olduğu vurgulanmıştır. Bununla birlikte, söz konusu çalışmada büyük boyutlu silindirik iş parçalarının geometrik etkileri ve bu etkilerin taşlama parametreleri ile birlikte değerlendirilmesine yönelik kapsamlı bir analiz yer almamaktadır. Bu durum, taşlama sürecinin çok parametreliliği bir yaklaşımla ele alınması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Yin ve arkadaşları (2022), taşlama taşı türlerinin taşlama performansı üzerindeki etkilerini deneysel olarak incelemişlerdir. Çalışmada, farklı taşlama taşı türlerinin yüzey pürüzlülüğü, taşlama kuvvetleri ve yüzey sertliği gibi temel performans parametreleri üzerinde farklı etkiler oluşturduğu ortaya konulmuştur. Elde edilen bulgular, taşlama taşı seçiminin taşlama sürecinin verimliliği ve yüzey bütünlüğü açısından kritik bir rol oynadığını göstermektedir. Bununla birlikte, söz konusu çalışmada taşlama taşı türlerinin büyük boyutlu silindirik iş parçaları ve hidrostatik yağlama koşulları ile birlikte değerlendirildiği kapsamlı bir analiz yer almamaktadır.

Li ve arkadaşları (2020), hidrostatik yağlama koşullarının taşlama performansı üzerindeki etkilerini deneysel olarak incelemişlerdir. Çalışmada, yağ basıncının artırılmasının taşlama sürecinde temas koşullarını iyileştirdiği ve yüzey kalitesi üzerinde

olumlu etkiler oluşturduğu belirtilmiştir. Elde edilen sonuçlar, uygun hidrostatik yağlama koşullarının taşlama sürecinin kararlılığını ve genel performansını artırabildiğini göstermektedir. Bununla birlikte, söz konusu çalışmada taşlama taşı türü ve büyük boyutlu silindirik iş parçalarının geometrik etkileri birlikte ele alınmamıştır. Bu durum, taşlama sürecinin çok parametreliliği bir yaklaşımla değerlendirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Wang ve arkadaşları (2017), hidrostatik yağlamalı taşlama işlemlerinde yüzey pürüzlülüğünü etkileyen parametreleri ele alan çalışmaları kapsamlı bir şekilde incelemişlerdir. Derleme kapsamında, yağ basıncının taşlama sürecindeki temas koşullarını ve yüzey oluşum mekanizmasını etkileyen önemli bir parametre olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca, yağlama koşullarının taşlama taşı özellikleri ile birlikte değerlendirilmesinin yüzey pürüzlülüğü üzerinde belirleyici bir rol oynadığı belirtilmiştir. Bununla birlikte, literatürde rapor edilen çalışmaların büyük bir kısmında bu etkileşimlerin belirli deney koşullarıyla sınırlı olduğu ve genelleştirilebilir sayısal sonuçların sınırlı kaldığı ifade edilmiştir.

Kim ve Zhang (2021), hidrostatik yağlama koşulları altında gerçekleştirilen taşlama işlemlerinde doğruluk üzerinde etkili olan faktörleri incelemişlerdir. Çalışmada, hidrostatik yağlamanın taşlama sürecinin dinamik kararlılığını artırarak geometrik doğruluk üzerinde olumlu etkiler oluşturabildiği belirtilmiştir. Ayrıca, taşlama taşı türünün taşlama kuvvetleri ve yüzey oluşum mekanizması üzerinden doğruluk üzerinde etkili olduğu vurgulanmıştır. Bununla birlikte, çalışmada büyük boyutlu silindirik iş parçalarının taşlanmasına yönelik kapsamlı bir değerlendirme yer almamaktadır. Bu durum, taşlama doğruluğunun iş parçası geometrisi ve proses parametreleri ile birlikte ele alınması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Patil ve Deshmukh (2020), hidrostatik yağlama koşullarının taşlama performansı üzerindeki etkilerini deneysel olarak incelemişlerdir. Çalışmada, hidrostatik yağlamanın taşlama sürecinde temas koşullarını iyileştirdiği ve yüzey pürüzlülüğü ile geometrik doğruluk üzerinde olumlu etkiler oluşturabildiği belirtilmiştir. Elde edilen sonuçlar, uygun yağlama koşullarının taşlama sürecinin kararlılığını artırdığını göstermektedir. Bununla birlikte, çalışmada taşlama taşı türü ve büyük boyutlu silindirik iş parçalarının geometrik etkileri birlikte ele alınmamıştır. Bu durum, taşlama performansının çok parametreliliği bir yaklaşımla değerlendirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Ghosh ve arkadaşları (2017), taşlama taşı türlerinin taşlama performansı üzerindeki etkilerini deneysel olarak incelemişlerdir. Çalışmada, taşlama taşı malzemesinin ve yapısal özelliklerinin taşlama kuvvetleri, yüzey pürüzlülüğü ve geometrik doğruluk üzerinde belirleyici olduğu ortaya konulmuştur. Özellikle sert taşlama taşlarının, uygun kesme koşulları altında daha kararlı bir taşlama davranışı sergileyerek yüzey kalitesinin iyileştirilmesine katkı sağlayabildiği belirtilmiştir. Bununla birlikte, çalışmada yağlama koşulları ve büyük boyutlu silindirik iş parçalarının geometrik etkileri birlikte ele alınmamıştır. Bu durum, taşlama sürecinin çok parametreliliği bir yaklaşımla değerlendirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Jain ve Yadav (2018), taşlama sürecinde kullanılan temel proses parametrelerinin etkileşimini incelemişlerdir. Çalışmada, taşlama taşı türü, yağlama koşulları ve kesme hızının taşlama performansı üzerinde etkili olan başlıca parametreler arasında yer aldığı belirtilmiştir. Elde edilen bulgular, taşlama performansının tek bir parametreye bağlı olmadığını, proses parametrelerinin birlikte değerlendirilmesinin gerekli olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, söz konusu çalışmada büyük boyutlu silindirik iş parçalarının geometrik etkileri taşlama parametreleri ile birlikte ele alınmamıştır. Bu durum, taşlama sürecinin çok parametreliliği bir yaklaşımla değerlendirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Hidrostatik yağlamalı taşlama sistemleri, yüksek yüzey kalitesi ve hassasiyet gerektiren uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Literatürde, bu sistemlerin performansını etkileyen başlıca parametreler arasında yağ basıncı, taşlama taşı türü, değirmen vals silindir ebatları ve kesme hızı öne çıkmaktadır. Yukarıdaki farklı kapsamda yapılan deneysel çalışmaları açıklayan ve sektörel eksiklik yönlerini ortaya koymayı hedefleyen literatür analizleri, hidrostatik yağlamalı taşlama işlemlerinde yağ basıncı, taşlama taşı türü ve değirmen vals silindir ebatlarının etkileşimlerinin taşlama performansına olan etkilerini incelemek zorunluluğu yönünde bir boşluk olduğunu göstermektedir.

Mevcut çalışmalar genellikle tek bir parametreye odaklanmakta ve parametrelerin birbirleriyle olan etkileşimlerini kapsamlı şekilde incelememektedir. Bu durum, taşlama sürecinin optimize edilmesinde önemli bir boşluk yaratmaktadır.

Tiwari ve arkadaşları (2015), hidrostatik yağlama basıncının taşlama süreci üzerindeki etkilerini incelemiş ve yağlama koşullarının yüzey oluşum mekanizması

üzerinde etkili olduğunu belirtmişlerdir. Benzer şekilde, Vidhyadharan ve Deepak (2017), taşlama taşı türlerinin yüzey kalitesi üzerinde belirleyici bir rol oynadığını ve taşlama taşı özelliklerinin taşlama performansını etkileyen önemli faktörler arasında yer aldığını vurgulamışlardır. Dhar ve Jain (2016) ise taşlama taşı türü ile yağlama koşulları arasındaki etkileşimin taşlama doğruluğu üzerinde etkili olabildiğini ifade etmişlerdir. Bu çalışmalar, taşlama performansının tek bir parametreye bağlı olmadığını ve proses parametrelerinin birlikte değerlendirilmesinin gerekli olduğunu göstermektedir.

İmalata yönelik taşlama proseslerinde işlem parametrelerinin etkileşimleri, son yıllarda yapılan çalışmalarda kapsamlı şekilde ele alınmaktadır. Li ve arkadaşları (2020), hidrostatik yağlama koşullarının taşlama performansı üzerindeki etkilerini incelemiş ve yağ basıncının yüzey oluşum mekanizmasını etkileyen önemli bir parametre olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmada, yağlama koşullarının taşlama sürecinin kararlılığı ve yüzey kalitesi üzerinde belirleyici rol oynadığı vurgulanmıştır. Benzer şekilde, Huang ve arkadaşları (2019), taşlama taşı türü ile yağlama koşulları arasındaki etkileşimin yüzey kalitesi ve taşlama verimliliği üzerinde etkili olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca, Srirattayawong ve Gao (2013), elastohidrodinamik yağlama yaklaşımıyla taşlama sürecini sayısal olarak incelemiş ve yağlama koşullarının taşlama doğruluğu üzerindeki kritik etkilerini ortaya koymuşlardır. Bu çalışmalar, taşlama performansının çok parametreliliğiyle bir yaklaşımla değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Taşlama sürecinde yüzey oluşumu yalnızca taşlama taşı türü ve yağlama koşullarına bağlı olmayıp, iş parçasının geometrik boyutları ve temas uzunluğu gibi faktörlerden de etkilenmektedir. Büyük boyutlu silindirik iş parçalarının taşlanması, taş–iş parçası temas alanının artması taşlama sırasında oluşan mekanik ve ısı yüklerinin dağılımını doğrudan etkilemektedir. Literatürde, taşlama taşı özelliklerinin yüzey pürüzlülüğü ve taşlama performansı üzerinde belirleyici olduğu vurgulanırken (Ghosh et al., 2017), hidrostatik yağlama koşullarının taşlama sürecinin kararlılığını ve doğruluğunu artırabildiği belirtilmektedir (Ahmed et al., 2020). Bununla birlikte, mevcut çalışmaların büyük bir kısmında taşlama taşı türü ve yağlama koşulları ayrı ayrı ele alınmış olup, büyük boyutlu vals silindirlerinin geometrik etkilerinin bu parametrelerle birlikte değerlendirildiği kapsamlı çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir.

Bu literatür taraması, hidrostatik yağlamalı taşlama sistemlerinde yağ basıncı, taşlama taşı türü, taşlama hızı ve değirmen vals silindir ebatları gibi çoklu parametrelerin taşlama performansı üzerindeki etkilerinin birlikte değerlendirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Mevcut çalışmalarda genellikle bu değişkenler birbirinden bağımsız ele alınmakta olup bu durum, taşlama sürecinin bütünsel olarak optimize edilmesini zorlaştırmaktadır.

Bu tez çalışmasında ise özellikle 250×1000 mm ve 250×1250 mm boyutlarındaki değirmen vals silindirleri, NK kalite Alüminyum Oksit (Al_2O_3) ve SCG kalite Silikon Karbür (SiC) taşlama taşları kullanılarak, 50–55–60 bar aralığında değişen yağ basınçları ve 25–30–35 m/s taşlama hızlarında işlenmiştir. Deneysel çalışmalar, taşlama parametrelerinin yüzey kalitesi üzerindeki etkilerini ve bu parametrelerin birlikte optimize edilme potansiyelini ortaya koymak amacıyla yürütülmüştür.

Silindir boyutlarının yüzey pürüzlülüğü üzerinde anlamlı bir fark yaratmasına ait detaylar sınırlı ölçekte ortaya konulmakla birlikte 250×1000 mm ve 250×1250 mm tercih edilen her iki ebatta da benzer eğilimler gözlemlenmiş olması imalatteki idealin ortaya konulması açısından anlamlılık sağlamıştır. Sonuçlardaki küçük farklar ise deneysel tekrarlanabilirlik beklentisinden kaynaklanmış olup farklı boyutlardaki valslerin aynı taşlama parametreleriyle işlenebileceğini gösterilerek endüstriyel uygulamalarda sürecin standardizasyonuna olanak tanımaktadır.

Sonuç olarak bu tez çalışması ile taşlama parametrelerinin doğru yönetimiyle taşlama verimliliğini artırmak ve yüzey kalitesini iyileştirmek için kapsamlı bir deneysel referans ortaya konulmuştur. Elde edilen sonuçlar, özellikle gıda sektöründe kullanılan vals taşlama sistemlerinin performansının artırılmasına yönelik uygulanabilir öneriler geliştirilmesini sağlamış ve literatürde eksik kalan çoklu parametre analizine katkı sunmuştur.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Değirmen Vals Silindirleri

Gıda sanayinde buğday, mısır, kakao, kahve ve yağlı tohumların öğütülerek inceltmesinde kullanılan değirmen vals silindirleri, yüksek aşınma dayanımı ve proses kararlılığı sağlayan temel makine elemanlarıdır. Farklı oranlarda alaşımlandırılmış çelik veya özel döküm malzemelerden üretilen vals gövdeleri, taşlama işlemi ile istenen yüzey sertliği, pürüzlülük düzeyi ve geometrik toleranslara uygun hâle getirilmektedir. Yüzey kalitesinin iyileştirilmesi, öğütme sırasında meydana gelen sıkıştırma ve kesme kuvvetlerinin kontrollü iletilmesini sağlayarak ürünün tane boyutu dağılımı ve nihai kalite kriterlerini doğrudan etkilemektedir.

Endüstriyel uygulamalarda vals silindirleri; yük taşıyan mil yapısı ile öğütme kuvvetlerinin aktarıldığı gövde bileşeninin bütünleşik tasarımından oluşur. Silindir gövdeleri aşınmaya dayanıklı malzemeden üretilirken, mil yüzeyleri titreşim ve hizalama hatalarını en aza indirecek şekilde yüksek hassasiyetle taşlanmaktadır. Böylece proses sırasında geometrik stabilitenin korunması ve tekrarlanabilir yüzey kalitesinin sağlanması mümkün olmaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında kullanılan vals silindirleri 250×1000 mm ve 250×1250 mm boyutlarında olup her iki geometri de aynı taşlama parametreleri altında işlenmiştir. Kullanılan numunelere ilişkin genel görüntüler Şekil 3.1. ve Şekil 3.2.’de verilmiştir. Bu elemanların temel görevi, taşlama sürecinde oluşan mekanik kuvvetleri güvenli biçimde ileterek yüzey formunun korunmasını ve işleme kalitesinin sürekliliğini sağlamaktır.



Şekil 3.1. Değirmen vals silindirleri savurma döküm sonrası imalat aşamaları.



Şekil 3.2. Yüzey işlemleri paralelinde değirmen vals silindirlerinin görünüşleri.

3.2. Hidrostatik Yağlamalı Taşlama Tezgâhı

Bu tez çalışmasında kullanılan silindirik taşlama tezgâhının fener mili yataklaması, hidrostatik yağ filmi ile desteklenen bir yapıya sahiptir. Hidrostatik yağlama sisteminde, yatak yüzeyleri arasına harici bir ünite tarafından basınçlandırılmış yağ gönderilmekte ve böylece mil ile yatak yüzeyleri arasında yük taşıyıcı bir akışkan filmi oluşturulmaktadır. Bu film tabakası, mil ile yatak yüzeylerinin doğrudan temasını engelleyerek sürtünmeyi minimuma indirir, yağ viskozitesinin yarattığı taşıma kabiliyeti ile yüksek konumlandırma hassasiyeti sağlar.

Hidrostatik sistemlerin en önemli avantajlarından biri, düşük hızlarda dahi temasın önlenebilmesidir. Bu durum, özellikle yüksek kütleye sahip vals silindirlerinin taşlanması sırasında oluşabilecek mikro titreşimlerin, ısıl genişlemelerin ve yüzeydeki geometri hatalarının belirgin biçimde azaltılmasına yardımcı olur. Ayrıca, yağ filminin kalınlığı ve basıncı, taşlama kuvvetlerine bağlı olarak dinamik şekilde denge sağlayacak biçimde tasarlanmıştır. Böylece işleme sırasında oluşan kuvvet dalgalanmaları yatak sisteminde sönümlenerek taşlama tezgâhının proses kararlılığı korunur.

Taş aşınması ve yüzey bütünlüğü açısından da hidrostatik yağlama önemli bir rol üstlenmektedir. Mil rijitliğinin artması, taşın yüzeye gömülme miktarını kontrol altında tutarak aşırı malzeme kaldırma riskini azaltır; bu sayede yüzey pürüzlülüğü (R_a) değerleri tekrarlanabilir ve istikrarlı olarak elde edilir. Ayrıca yağ filminin soğutma etkisi sayesinde termal deformasyon riski minimize edilmekte, taşın kendisinde oluşabilecek ısıl çatlama veya erken aşınma geciktirilmektedir.

Bu çalışmada kullanılan tezgâh, yüksek doğruluk sınıfında bir silindirik taşlama sistemidir ve özellikle vals silindirlerinin işlenmesi için optimize edilmiştir. Tezgâhın

yapısı; yüksek rijitliğe sahip gövde, titreşim sönümleme özellikli taşıyıcı sistem ve çok eksenli kontrol kabiliyeti ile ağır iş parçalarının hassas biçimde işlenmesine olanak sağlamaktadır.

Deneyisel çalışmalarda kullanılan tezgâhın genel görünümü Şekil 3.3'te, vals silindirinin işleme eksenine bağlanma düzeni ise Şekil 3.4'te gösterilmiştir. Bu düzenek, iş parçasının taşlama ekseninde tam merkezlenmesini ve taşlama boyunca eksenel kaçıklıkların en aza indirilmesini sağlamaktadır.



Şekil 3.3. Hidrostatik yağlamalı taşlama tezgâhının genel görünümü.



Şekil 3.4. Taşlama tezgâhında vals silindirinin eksenel yerleşimi.

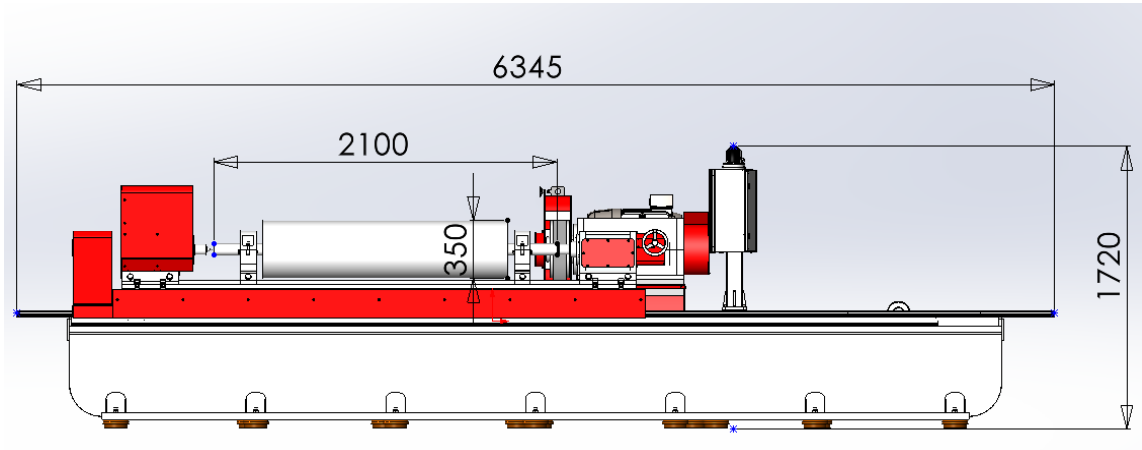
3.2.1. Teknik Özellikler

Tablo 3.1.'de deneysel çalışmalarda kullanılan taşlama tezgâhına ait temel teknik özellikler verilmiştir.

Tablo 3.1. Deneysel çalışmalarda kullanılan taşlama tezgâhına ait temel teknik özellikler.

Parametre	Değer
Uzunluk	6345 mm
Genişlik	1920 mm
Yükseklik	1720 mm
Ağırlık	10.000 kg
İş parçası uzunluğu (max)	2100 mm
İş parçası çapı (max)	350 mm
İş parçası ağırlığı (max)	2000 kg
Fener mili gücü	29 kW
Hidrolik basınç	90 bar
Z eksen maksimum hızı	1000 mm/dak
X eksen maksimum hızı	535 mm/dak
C eksen dönüş hızı (max)	280 dev/dak

Tez kapsamında kullanılan hidrostatik yağlamalı taşlama tezgâhının üç boyutlu tasarımı SolidWorks ortamında oluşturulmuş olup Şekil 3.5'te, tezgâhın ana ölçülerine ait kurulu yapısı ve fonksiyonel yerleşimi gösterilmiştir. Bu model, mekanik tasarım unsurlarının deneysel sistemle tutarlı biçimde değerlendirilmesine ve iş milinin konumlandırma hassasiyetinin analizine olanak sağlamaktadır.



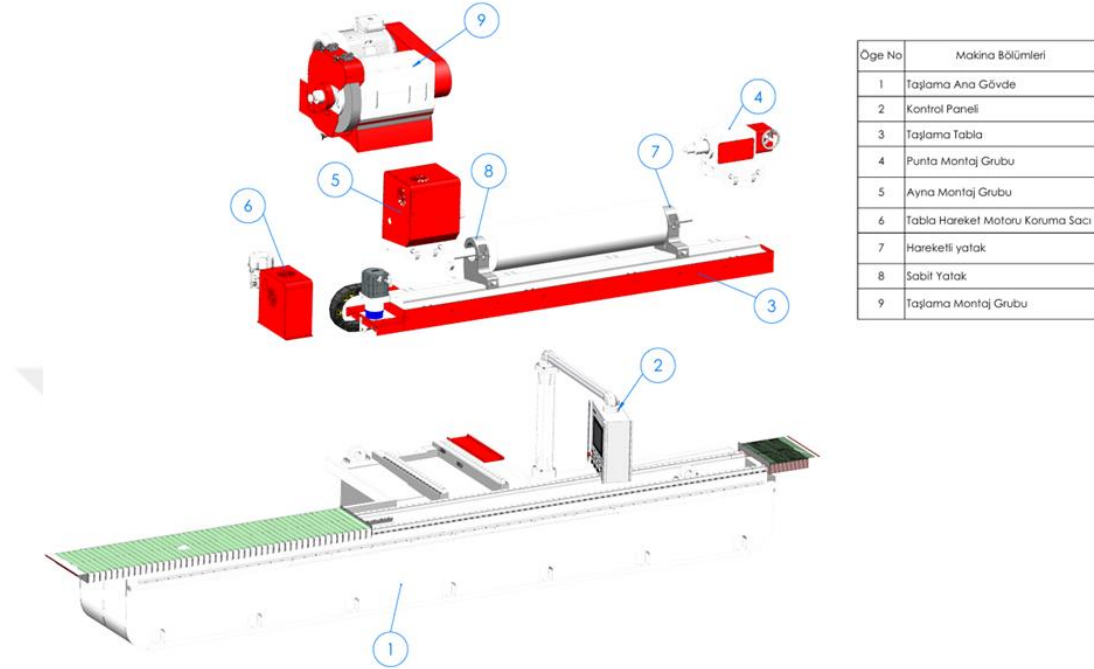
Şekil 3.5. Hidrostatik yağlamalı taşlama tezgâhının SolidWorks programında elde edilen ana montaj resmi.

3.2.2. Tezgah Ana Bileşenleri

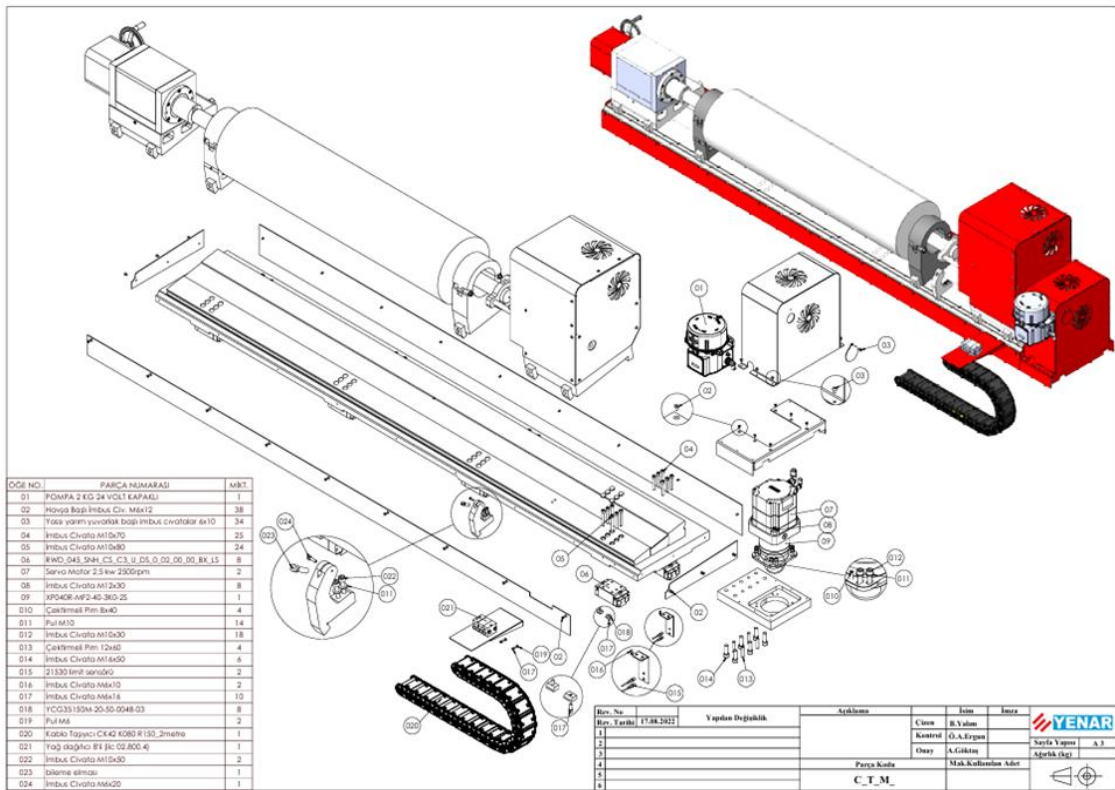
Tez çalışmaları özelinde deneysel kapsamın sorgulanmasında kullanılan silindirik taşlama tezgâhı, aşağıdaki ana bileşenlerden oluşmaktadır:

- ❖ *Şase*: Dökme demir gövdeden imal edilmiştir; titreşimleri sönmüleyerek sistem kararlılığını artırır.
- ❖ *Tabla (Z eksen)*: Taşlama işlemi sırasında iş parçasını aksenal yönde hareket ettirir.
- ❖ *Punta*: Vals silindirinin aksenal merkezlenmesini sağlar.
- ❖ *Ayna*: Silindirin fener miline bağlandığı bölüm olup yüzey doğruluğunu etkiler.
- ❖ *Spindle (X eksen)*: Taşlama taşının dönmesini sağlar ve hassas radyal konumlandırma yapar.
- ❖ *Yataklama sistemi*: Hidrostatik prensiple çalışmakla birlikte ISO VG-10 viskoziteli yağ kullanılmıştır.
- ❖ *Soğutma ünitesi*: Taşlama sırasında oluşan ısının yüzey deformasyonuna yol açmasını önler.
- ❖ *Kontrol ve pano ünitesi*: Basınç, hız ve eksen hareketlerinin sayısal kontrolünü sağlar.
- ❖ *Hidrolik ünite*: Yağ basıncını 50–60 bar aralığında sabit tutar ve ceplerin basınç dengesini düzenler.

Hidrostatik yağlamalı taşlama tezgâhının ana bileşenlerine ait SolidWorks programında elde edilen montaj resimleri Şekil 3.6. ve Şekil 3.7.'de sunulmuştur. Bu görsellerde, taşlama tezgâhını oluşturan yapısal sistem, yataklama tasarımı ve eksen yerleşimi ayrıntılı biçimde gösterilmektedir.



Şekil 3.6. Hidrostatik yağlamalı taşlama tezgâhı ana bileşenlerinin genel görünümü.



Şekil 3.7. Hidrostatik yağlamalı taşlama tezgâhı bileşenlerinin patlatılmış montaj resmi.

3.3. Taşlama Taşlarının Özellikleri (NK ve SCG)

Deneyisel çalışmalarda iki farklı taşlama taşı kullanılmıştır: NK kalite Alüminyum Oksit (Şekil 3.10) ve SCG kalite Silisyum Karbür (Şekil 3.11.) Her iki taş tipi de yüksek hızda dönen silindirlerin yüzey taşlama işlemleri için uygundur, ancak aşındırma davranışları ve yüzey pürüzlülüğü etkileri farklıdır.

3.3.1. NK Taşları (Alüminyum Oksit):

- ❖ Orta-yüksek sertlikte, tokluk değeri yüksek yapıya sahiptir.
- ❖ Çelik ve dökme demir yüzeylerin taşlanması yüksek performans sağlar.
- ❖ Vitrifiye bağ ile üretilmiştir, ısıya dayanıklıdır ve uzun ömürlüdür.
- ❖ Yüzeyde homojen talaş kaldırma ve düşük pürüzlülük sağlar.



Şekil 3.10. Deneylerde kullanılan NK kalite (Al_2O_3) taşlama taşı görseli.

3.3.2. SCG Taşları (Silisyum Karbür):

- ❖ Çok sert ancak kırılkan yapıdadır, özellikle dökme demir ve seramiklerde etkilidir.
- ❖ Keskin kenarlı taneler sayesinde yüksek talaş kaldırma oranı sağlar.
- ❖ Isıl iletkenliği yüksek olup taşlama bölgesindeki sıcaklığı düşürür.
- ❖ Düşük Ra değerleriyle daha pürüzsüz yüzeyler elde edilmesine olanak tanır.

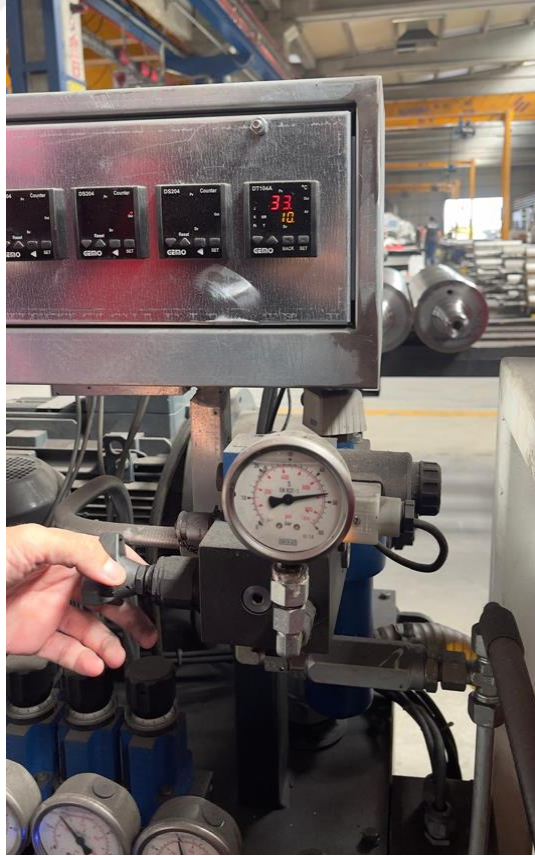


Şekil 3.11. Deneylerde kullanılan SCG kalite (SiC) taşlama taşı görseli.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Hidrostatik Yağlamalı Silindirik Taşlama Tezgahına Ait Deneysel Uygulama

Bu çalışmada kullanılan tezgâh, merdane yüzeylerinde yüksek doğruluk gerektiren taşlama işlemlerini gerçekleştirmek üzere hidrostatik yataklamaya sahip bir sistem olarak tasarlanmıştır. İş mili ve taşlama kafası, basınçlı yağ filmi ile desteklendiğinden, yatak yüzeyleri ile mil arasında temas meydana gelmez. Böylece sürtünme ve ısıl gerilmeler azaltılarak titreşimlerin taşlama kalitesi üzerindeki etkisi sınırlandırılmıştır. Hidrostatik yağ filmi, taşlama kuvvetlerinin dengelenmesine katkı sağlamakta ve mikrometre mertebesinde biçim hassasiyetinin korunmasına imkân vermektedir. Tezgâh eksenlerinin sevk ve idaresi servo motorlarla gerçekleştirilmekte, tüm hareketler sayısal kontrol ünitesi üzerinden programlanarak yönetilmektedir. Sistem konfigürasyonunda; Z eksenini iş parçası boyunca doğrusal ilerlemeyi, X eksenini taşın iş parçasına yaklaşma miktarını ve C eksenini de aşındırıcı taşın dönme hareketini oluşturmaktadır. Şekil 4.1.'de de hidrostatik yağlamalı silindirik taşlama tezgâhı basınç ölçümüne ait detay gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Hidrostatik yağlamalı silindirik taşlama tezgâhı basınç ölçümüne ait görsel.

Hidrostatik yataklama, taş ile iş parçası arasındaki temas koşullarını hassas biçimde yöneterek aşındırıcı taşın yüzeye fazla nüfuz etmesini engeller. Böylece işlem sırasında ortaya çıkabilecek lokal sıcaklık artışları ve mikro yüzey kusurları sınırlandırılmış olur. Bu avantaj, özellikle gıda endüstrisinde kullanılan ve kütlesi yüksek olan vals merdanelerinin homojen yüzey kalitesiyle taşlanması mümkün kılmaktadır.

Şekil 4.2’de hidrolik güç ünitesi ile basınç kontrol modülünün sistematik kurulumda birbiri ile birlikte kullanımına ait tezgâh üzerinde yerleşiminin basınç değişimine etkisine ait görsel verilmiştir.



Şekil 4.2. Hidrolik güç ünitesi ve basınç kontrol modülü.

4.2. Deneysel Uygulama ve Parametrelerin Belirlenmesi

Bu tez çalışması faaliyetleri kapsamında gerçekleştirilen deneysel uygulamalar, iki farklı vals silindiri boyutunda yürütülmüştür (250×1000 mm ve 250×1250 mm). Her iki vals silindiri de farklı taş türleri ve işlem parametreleri kullanılarak taşlanmış olup taşlama taşı türü, taşlama hızı ve yağ basıncının yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir.

Taşlama işlemi öncesinde, aşındırıcı taşların yüzey geometrisi elmas bileyici (Şekil 4.3.) yardımıyla yenilenmiş, taş balans ayarları her testten önce kontrol edilerek titreşim kaynaklı düzensizliklerin ölçüm sonuçlarını etkilemesi önlenmiştir. Taşlara ait sertlik sınıfları, tane boyutu ve bağlayıcı yapısı üretici standartları doğrultusunda sabit tutulmuştur, böylece deneysel değişkenlerin yalnızca belirlenen parametreler olmasına dikkat edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan taşlama parametreleri Tablo 4.1’de sunulmuştur.

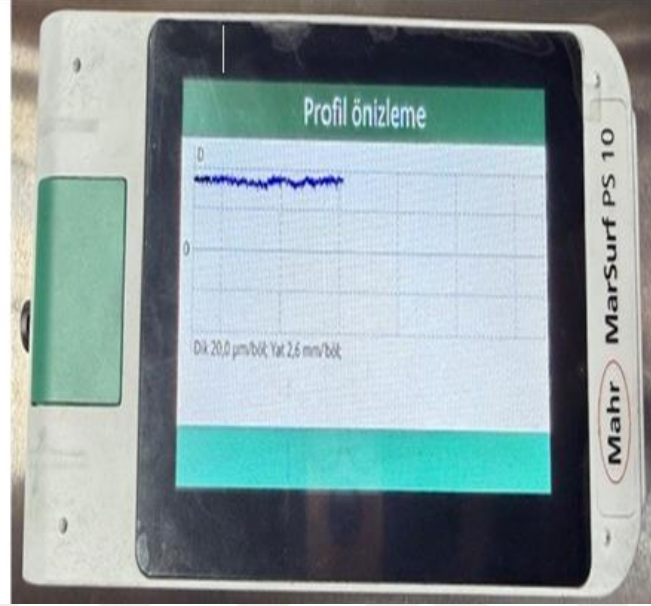


Şekil 4.3. Deneylerde kullanılan NK ve SCG taşlarının elmas bileyicisi.

Tablo 4.1. Taşlama işlem parametreleri.

Parametre	Değerler / Açıklama
Basınç (Bar)	50, 55, 60
Taşlama Hızı (m/s)	25, 30, 35
İlerleme (mm/dk)	1000 (Z eksenine – sabit)
Yüzey Ölçüm Noktaları	250 mm, 500 mm, 750 mm

Her taşlama operasyonu sonrasında yüzey pürüzlülüğü (R_a) ölçümü Şekil 4.4.'te gösterilen Marsurf PS10 marka profilometre cihazı ile alınmıştır. Ölçümler, vals eksenini boyunca seçilen üç farklı konumda (250–500–750 mm) gerçekleştirilmiş ve her konum için üç tekrar yapılmıştır.(Ekler)



Şekil 4.4.a. R_a ölçümlerinde kullanılan taşınabilir profilometre cihazı (Marsurf PS10).

Mahr		MarSurf PS 10 8.20-25	
Oluşturma tarihi:	04.04.2025 09:46	Lt:	14,0 mm
Cihaz:	16:55 MarSurf PS 10	Ls:	2,5 µm
Prob:	(8897)	VB:	±0,0 µm
		Vt:	1,0 mm/s
		Noktalar:	28000
R[LC ISO 16610-21 0,8 mm]		R[LC ISO 16610-21 0,8 mm]	
Ra		Ra	0,317 µm
Rz		Rz	2,525 µm
		Ra	0,495 µm
		Rz	4,511 µm

Şekil 4.4.b. NK ve SCG taşları kullanılarak 35 m/s taşlama hızı ve 60 bar basınç koşullarında elde edilen yüzey pürüzlülük profillerinin karşılaştırması (MarSurf PS 10).

4.2.1. $R_a = 0.50 \mu\text{m}$ Risk Sınırının Belirlenme Gerekçesi

Bu çalışmada yüzey pürüzlülüğü için kabul edilebilir sınır değeri olarak $R_a = 0.50 \mu\text{m}$ alınmıştır. Bu sınırın seçilme nedeni, vals silindirlerinin işlevsel performansı ve proses toleransları ile doğrudan ilişkilidir: Vals silindirleri, taşlama sonrası yüzey pürüzlülüğü ile doğrudan ürün kalitesini etkileyen parçalardır. Eğer yüzey çok pürüzlü olursa ($R_a > 0.6 \mu\text{m}$), bu durum tanelerin düzensiz kırılmasına, ısı birikime ve yüzey aşınmalarına yol açar. Eğer yüzey fazla düzgün olursa ($R_a < 0.4 \mu\text{m}$), bu kez malzeme tutunması azalır, taşın kesme etkinliği düşer. Dolayısıyla $0.4\text{--}0.6 \mu\text{m}$ aralığı işlevsel optimum bölge olarak tanımlanır. Bu sınır, ISO 4287 ve DIN EN 10049 standartlarında da hassas taşlanmış yüzeylerin sınıfı olarak belirtilmiştir. Uluslararası taşlama standartlarında (örneğin ISO 1302 ve ISO 4288) taşlanmış çelik yüzeyler için “hassas taşlama sınıfı” genellikle $R_a = 0.4\text{--}0.8 \mu\text{m}$ aralığında tanımlanır. Vals yüzeyleri gibi yüksek hassasiyet gerektiren sistemlerde $R_a \leq 0.50 \mu\text{m}$, üretim toleransının alt sınırında kabul edilir ve prosesin stabil çalıştığı güvenli eşiği temsil eder.

Değirmen sektöründeki saha gözlemlerine göre:

- $R_a > 0.50 \mu\text{m}$ olduğunda valslerde titreşim, yerel ısınma ve mekanik aşınma oranı artmakta,
- $R_a \leq 0.50 \mu\text{m}$ olduğunda taşlama taşının ömrü ve vals yüzeyinin servis süresi belirgin şekilde uzamaktadır.

Bu nedenlerle $R_a = 0.50 \mu\text{m}$ risk çizgisi;

- ISO 4287 ve DIN EN 10049 standartlarına uygun,
- Fonksiyonel yüzey kalitesi açısından optimum aralıkta,
- Taşlama sürecinde güvenli çalışma aralığını temsil eden bir eşik olarak seçilmiştir.

Fonksiyonel Yüzey Kalitesi Gereksinimi:

Vals silindirlerinin görevi, un veya tahıl tanelerini belirli bir sürtünme katsayısında kırmak ve ezmektir. Bu işlem sırasında yüzeyin çok pürüzlü olması, tanelerin düzensiz parçalanmasına ve ısı birikime neden olur; çok düzgün olması ise malzeme tutunmasını azaltarak taşlama verimini düşürür. Yapılan literatür taramalarında (örn. ISO 4287, DIN EN 10049) $0.4\text{--}0.6 \mu\text{m}$ R_a aralığı, hassas taşlanmış fonksiyonel yüzeyler için ideal

kabul edilmektedir. Bu nedenle $0.50 \mu\text{m}$, bu aralığın orta referans değeri olarak belirlenmiştir.

Hassas Taşlama Standartlarıyla Uyum:

Makine imalatında taşlanmış çelik yüzeyler için genellikle $R_a = 0.4\text{--}0.8 \mu\text{m}$ aralığı “hassas taşlama” sınıfına girmektedir. Vals yüzeylerinin bu toleransın alt sınırına yaklaşması, prosesin kararlılığını ve aşınma ömrünü artırır.

Dolayısıyla $R_a = 0.50 \mu\text{m}$ değeri, yüksek yüzey kalitesi gerektiren endüstriyel uygulamalar için güvenli bir eşiği temsil eder.

Endüstriyel Deneyim ve Performans Ölçütü:

Değirmen sektöründeki saha uygulamalarında, R_a değerinin $0.5 \mu\text{m}$ ’nin üzerinde olması durumunda valslerin çalışma sırasında titreşim, lokal ısınma ve mekanik aşınma oranlarının belirgin şekilde arttığı gözlemlenmiştir.

Buna karşılık $R_a \leq 0.50 \mu\text{m}$ seviyesinde işlenen yüzeylerde, hem taşlama taşının ömrü hem de valsın yüzey dayanımı daha uzun süre korunabilmektedir.

Karşılaştırmalı Güvenlik Değerlendirmesi:

Risk çizgisi olarak $0.50 \mu\text{m}$, yüzey kalitesi açısından ***“kabul edilebilir–kritik geçiş bölgesi”***ni temsil etmektedir. Bu değer üzerindeki pürüzlülükler, mikroskobik düzensizliklerin makro sürtünmeye dönüşmesine neden olur; altındaki değerler ise güvenli çalışma koşulunu sağlar.

Yüzey pürüzlülüğü toleransları, ilgili normlarda şu aralıklarla tanımlanmaktadır:

- ISO 4287 / ISO 4288 → Hassas taşlama: $R_a 0.4\text{--}0.8 \mu\text{m}$
- DIN EN 10049 → Dökme malzemelerde fonksiyonel yüzey: $R_a \leq 0.6 \mu\text{m}$

Bu kapsamda vals yüzeylerinin test edilmiş en güvenli bölgesi $R_a \leq 0.50 \mu\text{m}$ olarak kabul edilmektedir.

Bu gerekçelere dayanarak, $R_a = 0.50 \mu\text{m}$ değeri;

hem uluslararası taşlama standartlarıyla uyumlu hem de endüstriyel uygulamalarda işlevsel güvenliği temsil eden bir sınır olarak belirlenmiştir. Bu nedenle tüm karşılaştırmalı grafiklerde bu değer “risk sınırı” olarak referans alınmıştır.

4.2.2. Her İki Silindir Boyutu İçin 500 mm Hattının Referans Olarak Seçilme Gerekçesi

Bu çalışmada 250×1000 mm ve 250×1250 mm boyutlarındaki vals silindirlerinin yüzey pürüzlülüğü (Ra) değerlendirmeleri yapılırken 500 mm hattı referans konum olarak alınmıştır. Bu seçim, taşlama prosesinin kararlı rejimini en doğru şekilde temsil etmesi ve ölçüm güvenilirliğinin artırılması açısından aşağıdaki teknik gerekçelere dayanmaktadır:

Orta Noktanın Temsili Karakteri:

Silindir uzunluğu boyunca taşlama işlemi sırasında taşın giriş ve çıkış noktalarında (yani 250 mm ve 750–1250 mm bölgelerinde) taşın yüzeye ilk ve son teması nedeniyle basınç ve hız dalgalanmaları meydana gelir. 500 mm hattı ise bu etkilerin minimum olduğu kararlı taşlama rejimini temsil eden orta bölgedir. Bu nedenle orta eksenindeki ölçümler, her iki uç bölgenin etkilerinden arındırılmış en dengeli yüzey kalitesini göstermektedir.

Hidrostatik Yataklama ve Kuvvet Dengesi:

Kullanılan hidrostatik yağlamalı taşlama sisteminde taş kafası ve iş mili yatakları simetrik olarak düzenlenmiştir. Basınçlı yağ filmi bu simetri ekseninde, yani yaklaşık 500 mm noktasında maksimum stabiliteye ulaşmaktadır. Bu bölge, taşlama kuvvetlerinin dengelendiği, titreşimlerin ve elastik deformasyonların en az olduğu konumdur. Dolayısıyla 500 mm hattı, sistemin mekanik kararlılığını en doğru biçimde temsil eder.

Isıl Deformasyonların ve Titreşimlerin Azlığı:

Taşlama süreci boyunca silindirin uç bölgelerinde soğutma akışı ve ısı iletim farklılıkları nedeniyle sıcaklık gradyanları oluşmaktadır. Silindirin orta hattı olan 500 mm konumu ise bu ısı değişimlerin en az etkilediği, ısı kararlılığın sağlandığı noktadır.

Ölçüm Standartlarıyla Uyum:

ISO 3274 ve ISO 4287 standartlarına göre uzunlamasına taşlanmış yüzeylerin pürüzlülük ölçümleri, parçanın orta kesitinde yapılmalıdır. Bu yaklaşım, ölçümün tüm yüzeyin ortalama karakterini temsil etmesini sağlar. Dolayısıyla hem 1000 mm hem

1250 mm boyutlu vals toplarında 500 mm hattının seçilmesi, uluslararası yüzey ölçüm standartlarıyla uyumludur.

İstatistiksel Tutarlılık ve Karşılaştırılabilirlik:

Her iki silindir boyutunda da 250–750 mm veya 250–1250 mm eksenleri boyunca yapılan ölçümlerde, Ra değerlerinin varyasyonu oldukça düşüktür ve 500 mm hattı bu değerlerin ortalamasına en yakın konumda yer almaktadır. Böylece 500 mm hattı, hem ölçüm tekrarlanabilirliği yüksek hem de boyutlar arası karşılaştırma yapılabilirliği sağlayan ortak referans noktası olmuştur.

Hem 250×1000 mm hem de 250×1250 mm vals topları için 500 mm hattının referans alınması:

- Hidrostatik ve mekanik kuvvet dengesinin sağlandığı,
- Isıl ve titreşimsel etkilerin en az hissedildiği,
- Ölçüm standartlarına tam uyum gösteren,
- Ve iki farklı boyut arasında karşılaştırılabilir, temsili bir referans bölge elde edilmesini sağlamıştır.

Bu nedenle tüm analizler, grafikler ve yüzey pürüzlülüğü değerlendirmeleri, 500 mm hattı temel alınarak yapılmıştır.

4.3. Deney Süreci

DeneySEL prosedür aşağıdaki adımlarla gerçekleştirilmiştir:

Hazırlık ve Kalibrasyon:

Hidrostatik sistem yağ basıncı kontrol edilmiş, servo motor ve soğutma devresi çalıştırılmıştır. Tezgâh ısınma sürecinden geçirilerek kararlı sıcaklıkta işlem yapılması sağlanmıştır.

Montaj ve Hizalama:

Silindir, punta ve tahrik ünitesi arasında eksenel olarak monte edilmiştir.

Taşıma:

Taş-ış parçası teması servo kontrollü olarak sağlanmış; her basınç-hız

kombinasyonunda üç test yapılmıştır. Hidrostatik film kalınlığı sensörlerle izlenmiş ve sabit değerlerde tutulmuştur.

Ölçüm:

Taşlama sonrası Ra değerleri üç eksenel noktadan (250–500–750 mm) ölçülmüş, analizlerde 500 mm eksen ortalama hat olarak alınmıştır.

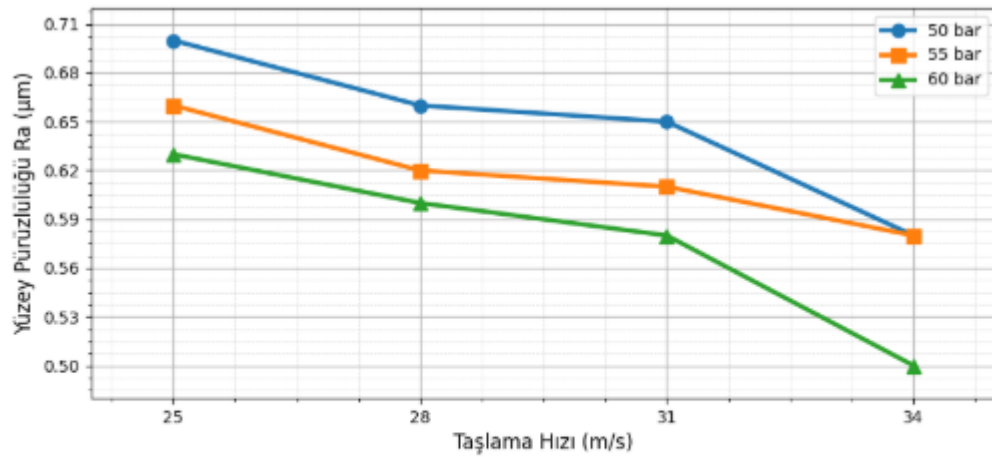
Veri Toplama:

Tüm deney setlerinden elde edilen veriler tablo ve grafiklere dönüştürülmüş, taş tipi, hız ve basınç parametrelerinin etkileri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

4.4. 250×1000 mm Vals Silindiri Deney Sonuçları

Bu deney grubunda 250×1000 mm boyutlarındaki vals topu üzerinde yapılan taşlama işlemlerinde yalnızca 500 mm eksen hattına ait veriler dikkate alınmıştır. Deneylerde üç farklı taşlama hızı (25, 30 ve 35 m/s) ile üç farklı taşlama basıncı (50, 55 ve 60 bar) uygulanmış; iki farklı taş tipi (NK ve SCG) kullanılmıştır.

4.4.1. NK Taşı Sonuçları



	25	28	31	34
Ra (μm) - 50 bar	0.7	0.66	0.65	0.58
Ra (μm) - 55 bar	0.66	0.62	0.61	0.58
Ra (μm) - 60 bar	0.63	0.6	0.58	0.5

Şekil 4.5. NK Taşı - 500 mm Hattı (250×1000 mm Vals Topu)

Şekil 4.5'te, 250×1000 mm boyutlarındaki vals silindiri üzerinde NK taş kullanılarak gerçekleştirilen taşlama işlemlerinde, farklı hız ve basınç kombinasyonlarının yüzey pürüzlülüğü (Ra) üzerindeki etkisi gösterilmektedir.

Taşlama Hızının Etkisi:

Taşlama hızının 25 m/s'den 35 m/s'ye yükseltilmesiyle tüm basınç seviyelerinde Ra değerlerinde düşüş meydana gelmiştir. Hız artışıyla birlikte aşındırıcı tanelerin kesme etkisi daha stabil bir hal almakta ve yüzeyden daha ince talaş kaldırılarak daha düzgün bir yüzey oluşmaktadır.

Basınç Etkisi:

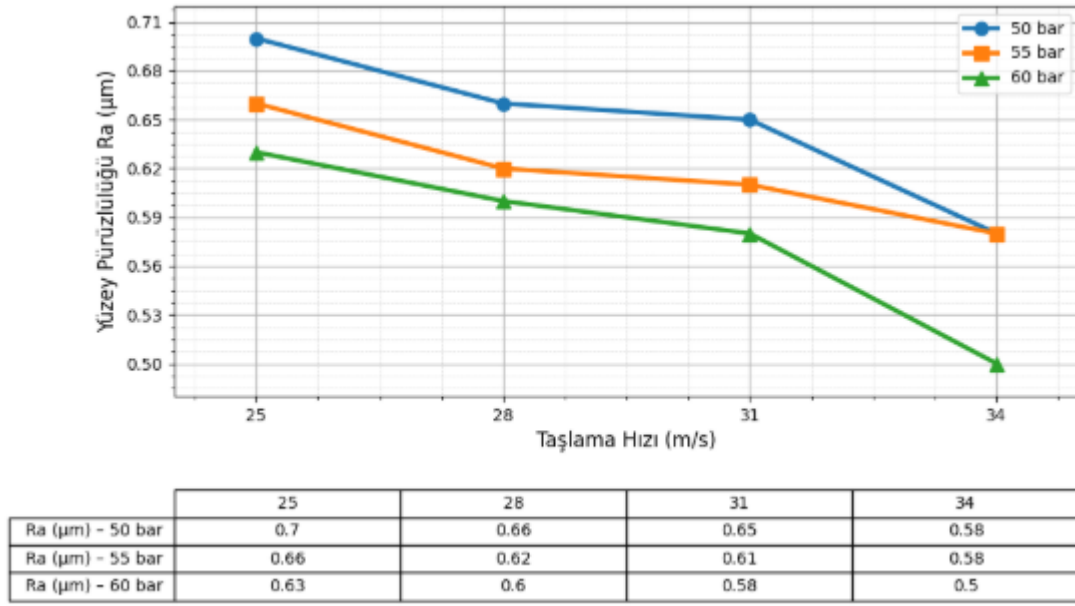
Basıncın 50 bar'dan 60 bar'a artırılması, yüzey pürüzlülüğünün iyileşmesine belirgin şekilde katkı sağlamıştır:

50 bar: En yüksek Ra değerleri gözlenmiş olup, yağ film rijitliğinin düşük olması nedeniyle taş-parça temasında mikro titreşimlerin arttığı değerlendirilmiştir.
55 bar: Ra değerlerinde kademeli bir iyileşme sağlamıştır.
60 bar: Tüm hızlarda en düşük Ra sonuçları elde edilmiştir. Bu seviyede, hidrostatik yağ filminin stabilize olduğu ve yük aktarımının homojenleştiği görülmektedir.

Etkileşimsel Değerlendirme:

En iyi yüzey kalitesi, 60 bar – 35 m/s parametrelerinde elde edilmiş ve ölçülen Ra değeri 0.49–0.50 μm aralığına kadar düşmüştür. Bu seviye, ISO 1302'ye göre hassas taşlama sınıfı içerisinde yer almakta ve proses stabilitesinin sağlandığını göstermektedir.

4.4.2. SCG Taşı Sonuçları



Şekil 4.6. SCG Taşı - 500 mm Hattı (250×1000 mm Vals Topu)

Şekil 4.6’da, hidrostatik yağlamalı taşlama tezgâhında SCG taş kullanılarak 250×1000 mm boyutundaki vals silindirin 500 mm hattında gerçekleştirilen taşlama işlemlerinde, taşlama hızı ve basınç değerlerinin yüzey pürüzlülüğü (Ra) üzerindeki etkisi gösterilmektedir.

Genel Eğilim:

SCG taşı ile elde edilen tüm sonuçlar, NK taşına kıyasla daha düşük Ra değerleri üretmiş ve yüzey kalitesinin daha iyi olduğunu ortaya koymuştur.

Taşlama hızının 25 m/s’den 30 m/s’ye çıkarılmasıyla Ra değerlerinde hafif bir artış gözlenmiştir. Bunun, hız artışıyla birlikte taş taneciklerinin daha agresif talaş kaldırması sonucu yüzeyde kısa süreli termomekanik etkilerin belirginleşmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

30 m/s üzerindeki hızda (35 m/s), Ra değerleri yeniden düşmüş ve en düzgün yüzey bu bölgede elde edilmiştir. Bu sonuç, SCG taşının yüksek hızlarda daha kararlı bir kesme rejimi oluşturduğunu göstermektedir.

Basınç Etkisi:

Üç farklı basınç seviyesi karşılaştırıldığında:

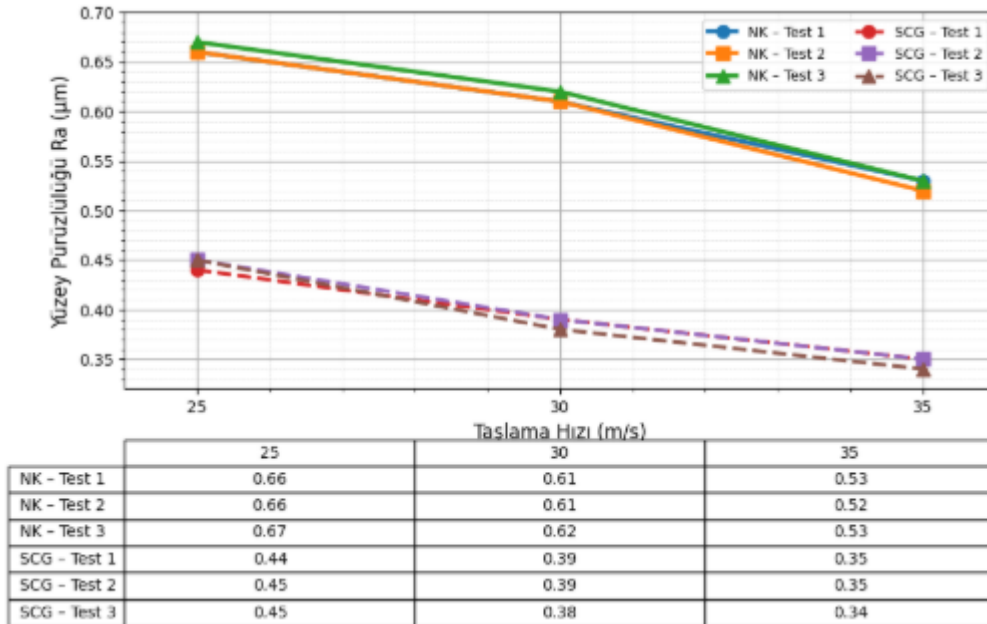
- 50 bar: En yüksek Ra değerlerini üretmiştir.
- 55 bar: Orta seviyede Ra değerleri elde edilmiştir.
- 60 bar: Tüm hızlarda en düşük Ra değerleriyle yüzey kalitesinde belirgin iyileşme sağlamıştır.

Yüksek basınç, taş-iş parçası temas bölgesindeki hidrodinamik film tabakasının kalınlığını artırarak taşın yüzeye daha dengeli kuvvet uygulamasına neden olur. Bu sayede titreşim kaynaklı mikro çatlaklar azalır ve kesme izleri daha homojen hale gelir.

Taşlama Hızı Etkisi:

Bu sonuç, SCG taşının yüksek hız ve basınç koşullarında yüzey bütünlüğü sağladığını ve proses dengesinin tam olarak oluşturulduğunu göstermektedir. Ayrıca bu değerler, ISO 1302 hassas taşlama sınıfının çok altında olup ürün performansı açısından ideal seviyededir.

4.4.3. Taş Tipi Karşılaştırması ve Risk Değerlendirmesi



Şekil 4.7. NK ve SCG Taşlarının 500 mm Hattında Karşılaştırılması

Şekil 4.7’de, NK ve SCG taşlarının hidrostatik yağlamalı taşlama tezgâhında 250×1000 mm vals silindiri üzerinde 500 mm hattındaki performansları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Genel Eğilim:

Her iki taş tipiyle yapılan deneylerde taşlama hızının artırılması yüzey pürüzlülüğünü genel olarak düşürmüştür. Bu durum, yüksek hızlarda kesme rejiminin daha kararlı hale gelmesi ve mikro titreşimlerin baskılanmasıyla ilişkilidir.

Taş Tiplerinin Karşılaştırılması:

NK Taşı:

30 m/s hızda maksimum Ra değeri 0.65 μm ’ye ulaşmış, ardından 35 m/s’de 0.61 μm ve 34 m/s’de 0.53 μm değerine düşmüştür. Bu, NK taşının daha iri taneli yapısından ve kesme etkinliğinin daha yüksek olmasından kaynaklanır; dolayısıyla yüzey üzerinde mikro çentik ve iz oluşumu daha belirgindir.

SCG Taşı:

Aynı hız aralıklarında Ra değerleri sırasıyla 0.42 μm , 0.37 μm , ve 0.34 μm olarak ölçülmüştür. Bu değerler, tüm hız aralıklarında risk sınırı ($Ra = 0.50 \mu\text{m}$) çizgisinin altında kalmıştır. Bu, SCG taşının daha ince taneli, kompakt yapısı sayesinde yüzey üzerinde daha düzgün ve homojen kesme etkisi oluşturduğunu göstermektedir.

Risk Sınırı ile Değerlendirme ($Ra = 0.50 \mu\text{m}$):

Grafik üzerinde yer alan yeşil çizgi ($Ra = 0.50 \mu\text{m}$), taşlanmış çelik yüzeyler için ISO 1302 ve ISO 4288 standartlarında belirtilen hassas taşlama eşiğidir.

- NK taşı bu sınırın üzerinde çalışmakta; yüzey kalitesi bakımından yüksek hassasiyet gerektiren uygulamalarda ek bir parlatma veya taş yenileme işlemine ihtiyaç duyabileceğini göstermektedir.
- SCG taşı ise bu sınırın altında değerler üretmiştir; dolayısıyla sistemin stabil çalıştığı ve hidrostatik yağlamanın etkin olduğu parametre aralığı bu taş ile daha güvenli şekilde sağlanmaktadır.

Etkileşimsel Değerlendirme:

Her iki taşta da en uygun yüzey kalitesi yüksek hızlarda elde edilmiştir. Özellikle SCG taşında 35 m/s ve üzeri hızlarda $Ra \approx 0.34 \mu\text{m}$ seviyesine inmesi, taşın aşırı yüklenme olmadan etkin kesme gerçekleştirdiğini gösterir. NK taşında ise yüksek hızlarda bile Ra 'nın $0.50 \mu\text{m}$ 'nin hemen üzerinde seyretmesi, taşın yüzeyinde daha fazla talaş yüklenmesi veya yüzeyde mikro titreşimlerin devam ettiğini düşündürmektedir.

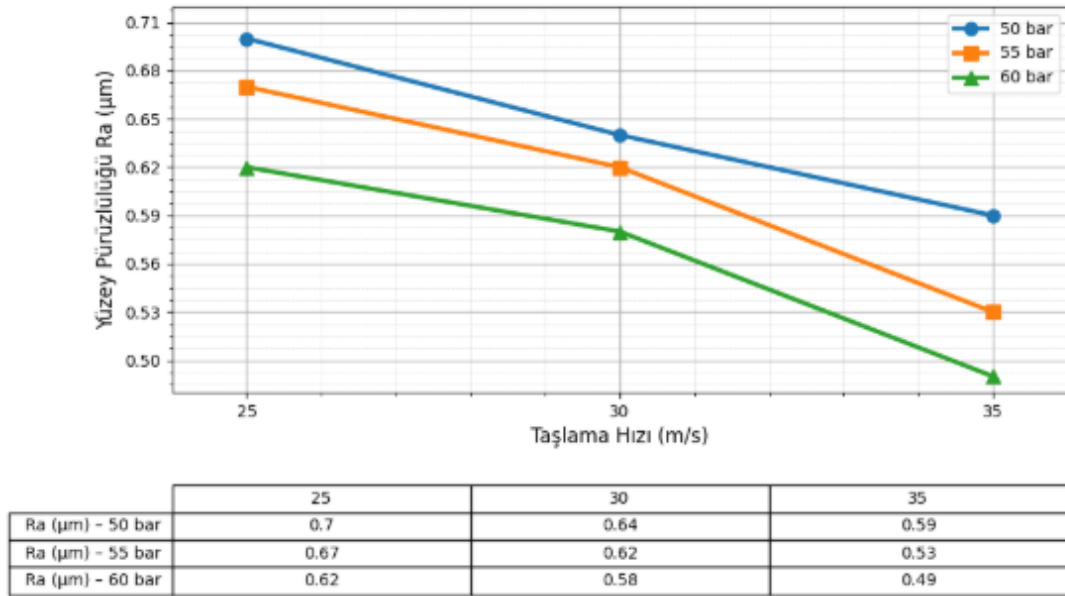
SCG taşı, NK taşına göre genel olarak %35–40 oranında daha düşük Ra değerleri üretmiştir. Bu fark, taşın tane boyutu, bağ yapısı ve kesme sertliğinden kaynaklanmaktadır. SCG taşı, yüksek hız ve basınç altında hidrostatik yağ film tabakasını koruyarak stabil taşlama koşulları sağlamıştır. NK taşı ise yüksek talaş kaldırma eğilimi nedeniyle daha yüksek yüzey pürüzlülüğü göstermiştir.

Hidrostatik yağlamalı sistemlerde yüzey kalitesi açısından SCG taşının daha uygun olduğu tespit edilmiştir.

4.5. 250×1250 mm Vals Silindiri Deney Sonuçları

Bu bölümde, 250×1250 mm boyutlarındaki vals topu üzerinde gerçekleştirilen deneylerde yalnızca 500 mm eksen hattına ait veriler dikkate alınmıştır. Deneyler üç farklı taşlama hızı (25, 30 ve 35 m/s) ve üç farklı taşlama basıncı (50, 55 ve 60 bar) altında gerçekleştirilmiş; NK ve SCG olmak üzere iki taş tipi kullanılmıştır. Ölçülen yüzey pürüzlülüğü (Ra) değerleri, taşlama parametrelerinin yüzey kalitesi üzerindeki etkilerini ortaya koymuştur.

4.5.1.NK Taşı Sonuçları



Şekil 4.8. NK Taşı - 500 mm Hattı (250×1250 mm Vals Topu)

Şekil 4.8’de hidrostatik yağlamalı taşlama tezgâhında NK taş kullanılarak 250×1250 mm vals topunun 500 mm taşlama hattında ölçülen Ra değerleri verilmiştir.

Genel Eğilim:

Taşlama hızı 25 m/s’den 30 m/s’ye çıkarıldığında Ra değerlerinde artış, 30 m/s’den 35 m/s’ye geçildiğinde ise azalma eğilimi gözlenmiştir. Bu durum taşlama işleminin karakteristik davranışıyla örtüşmektedir: düşük hızlarda taş yüzeyle daha uzun süre temas ettiğinden talaş kaldırma miktarı azdır ve pürüzlülük düşüktür; hızın artmasıyla taşın kesme kuvveti ve talaş kaldırma oranı artarak yüzey pürüzlülüğü yükselir; ancak daha da yüksek hızlarda taşın kesme hareketi stabilize olduğundan yüzey düzgünleşir ve Ra değeri yeniden azalır.

Bu eğilim, özellikle 1250 mm uzunluğundaki vals topunda daha belirgin şekilde görülmüştür. Uzun taşlama hattı boyunca taş–iş parçası temas alanının artması, taşın ısı yükünü yükseltmekte ve ısı birikimi nedeniyle yüzey pürüzlülüğündeki dalgalanmaları artırmaktadır.

Basınç Etkisi:

Üç farklı basınç seviyesi karşılaştırıldığında:

- 50 bar: En yüksek Ra değerlerini üretmiştir. Düşük basınçta taş-ış parçası arasındaki film tabakası kararsız hale gelmiş, taşın mikroskobik titreşimleri yüzey kalitesini düşürmüştür.
- 55 bar: Orta seviyede Ra değerleri elde edilmiştir. Bu basınçta film tabakası kısmen dengelenmiş, taşın kesme izleri daha düzenli hale gelmiştir.
- 60 bar: Tüm hızlarda en düşük Ra değerleri gözlenmiştir. Özellikle 35 m/s hızda $Ra = 0.49 \mu m$ değeriyle ISO 1302'ye göre hassas taşlama sınırına ($Ra \leq 0.50 \mu m$) ulaşılmıştır.

Yüksek basınç, taş-ış parçası temas bölgesindeki hidrodinamik film kalınlığını artırarak taşın yüzeye daha kararlı şekilde baskı yapmasını sağlar. Bu durum taşın kesme etkinliğini artırırken, mikro düzeyde titreşimlerin ve sıçramaların azalmasını sağlar.

Taşlama Hızı Etkisi:

Grafikte hızın 25 m/s'den 30 m/s'ye artırılmasıyla Ra değerleri artarken, 35 m/s hızda pürüzlülük tekrar düşmüştür. Bu davranış, taşın ilk hız artışında “yüksek kesme kuvveti–yüksek ısı gerilme” etkisiyle yüzey pürüzlülüğünün yükseldiğini, ancak daha yüksek hızda soğutma ve film kararlılığı nedeniyle taşlama sürecinin dengelendiğini göstermektedir.

1250 mm uzunluğundaki vals topu, taş-ış parçası temas süresinin artması sebebiyle taşın yüzeyinde daha fazla ısı gerilme biriktirmektedir. Bu nedenle düşük hızlarda taşlama etkisi yetersiz kalırken, yüksek hızlarda film tabakasının stabilizasyonu yüzey kalitesini artırmaktadır.

Basınç ve hız etkileri birlikte değerlendirildiğinde, 60 bar – 35 m/s kombinasyonu en düşük Ra değerini ($0.49 \mu m$) vermiştir.

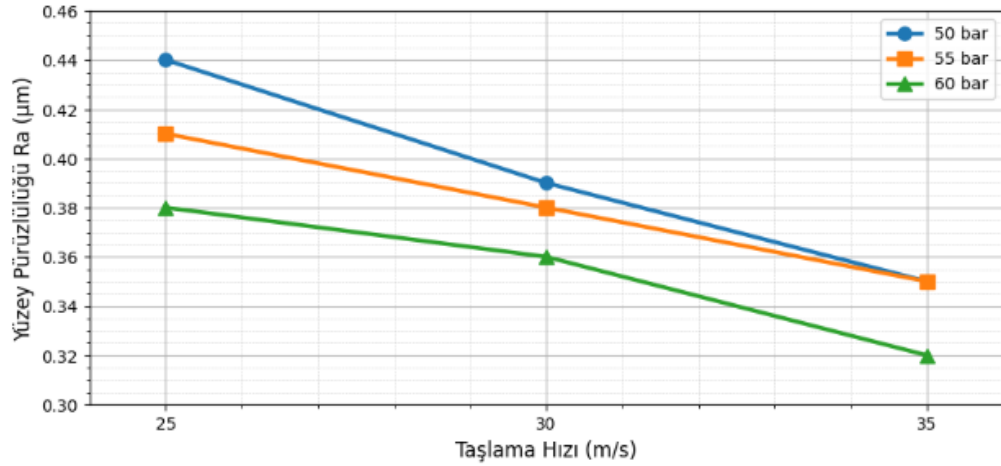
Bu değer, hassas taşlama standardına ($Ra \leq 0.50 \mu m$) oldukça yakındır ve hidrostatik yağlama sisteminin optimum parametre aralığında çalıştığını göstermektedir. Düşük basınçlarda (50 bar) film tabakası kararsız olduğu için taş-ış parçası arasında mikroskobik temaslar artmakta ve yüzey kalitesi düşmektedir. Buna karşın yüksek

basınçta sistem stabil hale gelmekte, taşlama kuvvetleri daha dengeli dağılmakta ve Ra değeri azalmakta, yüzey kalitesi artmaktadır.

NK taşıyla gerçekleştirilen taşlama işleminde en düşük yüzey pürüzlülüğü değeri 60 bar – 35 m/s koşulunda $Ra = 0.49 \mu m$ olarak elde edilmiştir. Bu sonuç, hidrostatik yağlamalı taşlama sisteminin yüksek hız ve yüksek basınç bölgesinde optimum performans gösterdiğini ortaya koymaktadır. 1250 mm uzunluğundaki vals topunda, 1000 mm’lik versiyona göre Ra değerlerinin genel olarak biraz daha yüksek çıkması, taşlama hattı boyunca ısı birikimi ve yük dengesizliğinin yüzey kalitesi üzerinde etkili olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak, hidrostatik yağlamalı sistemlerde NK taşı için optimum parametre aralığı 60 bar – 35 m/s olarak belirlenmiştir. Bu koşul altında yüzey kalitesi hassas taşlama sınıfına ulaşmakta ve sistem kararlılığını korumaktadır.

4.5.2. SCG Taşı Sonuçları



	25	30	35
Ra (μm) - 50 bar	0.44	0.39	0.35
Ra (μm) - 55 bar	0.41	0.38	0.35
Ra (μm) - 60 bar	0.38	0.36	0.32

Şekil 4.9. SCG Taşı - 500 mm Hattı (250×1250 mm Vals Topu)

Şekil 4.9’da hidrostatik yağlamalı taşlama tezgâhında SCG taş kullanılarak 250×1250 mm vals topunun 500 mm hattında ölçülen Ra değerleri verilmiştir.

Genel Eğilim:

Taşıma hızı 25 m/s'den 30 m/s'ye artırıldığında Ra değerlerinde hafif bir düşüş, 30 m/s'den 35 m/s'ye çıkıldığında ise belirgin bir iyileşme (azalma) görülmüştür. Bu durum SCG taşının stabil kesme karakteri ile ilişkilidir. Taşın tane yapısı, hız artışıyla birlikte yüzeyde daha ince ve düzenli kesme izleri bırakmasına olanak tanımaktadır. Ayrıca hidrostatik yağlama sayesinde taş-iş parçası arasındaki temas yükü dengelenmiş, bu da 1250 mm uzunluğundaki vals topu boyunca daha homojen yüzey oluşumu sağlamıştır.

Basınç Etkisi:

Üç farklı basınç seviyesi karşılaştırıldığında:

50 bar: En yüksek Ra değerlerini üretmiştir (örneğin 30 m/s'de $\approx 0.39 \mu\text{m}$). Bu basınçta taş-iş parçası arayüzündeki yağ filmi yeterince kararlı olmadığından taşın kesme kuvvetleri düzensiz dağılmıştır.

55 bar: Ra değerleri (30 m/s'de $\approx 0.38 \mu\text{m}$, 35 m/s'de $\approx 0.35 \mu\text{m}$) ile orta düzeyde bir iyileşme sağlamıştır.

60 bar: Tüm hızlarda en düşük Ra değerleri (30 m/s'de $\approx 0.36 \mu\text{m}$, 35 m/s'de $\approx 0.32 \mu\text{m}$) elde edilmiştir.

Bu durum yüksek basınçta hidrodinamik film kalınlığının optimum seviyeye ulaşarak taşıma kuvvetlerinin daha dengeli dağıldığını göstermektedir. Böylece mikro çatlak oluşumu ve lokal yanmalar minimize edilmiştir.

Taşıma Hızı Etkisi:

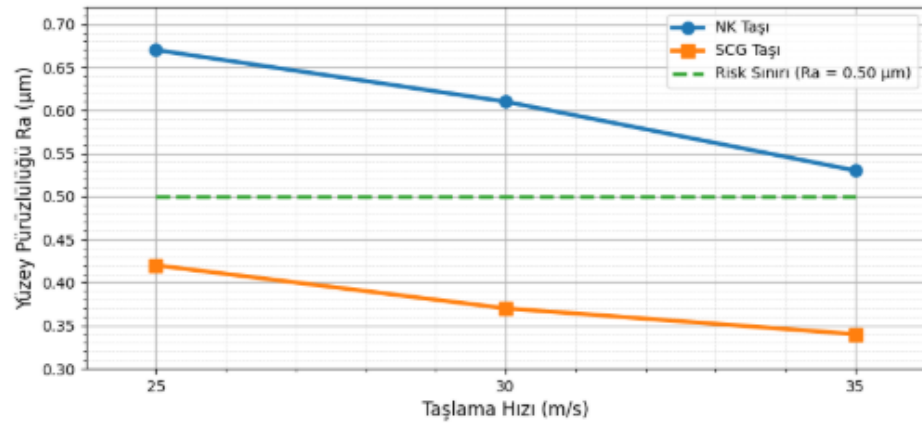
Hız arttıkça Ra değerlerinde sürekli bir azalma eğilimi gözlenmiştir. Yüksek taşıma hızları (özellikle 35 m/s) taşın yenilenme kabiliyetini artırarak yüzey üzerindeki kesme izlerini azaltmış ve daha düzgün bir mikrojeometri sağlamıştır. 1250 mm uzunluğundaki vals topunda, taş-iş parçası temas süresi uzun olduğu için hız artışı soğutma ve talaş atımı açısından olumlu etki yaratmış, yüzey pürüzlülüğünde genel bir iyileşme sağlamıştır.

Etkileşimsel Analiz:

Basınç–hız etkileşimi birlikte değerlendirildiğinde en düşük Ra değeri 60 bar – 35 m/s kombinasyonunda $0.32 \mu\text{m}$ olarak elde edilmiştir. Bu değer ISO 1302'ye göre çok hassas taşlama sınıfı ($Ra \leq 0.4 \mu\text{m}$) içinde yer almakta ve sistemin optimum çalışma koşulunu temsil etmektedir. Ayrıca bu değer, aynı koşullarda NK taşıyla elde edilen minimum Ra ($0.49 \mu\text{m}$) değerinden yaklaşık %35 daha düşük olup, SCG taşının yüzey kalitesi bakımından üstün performans gösterdiğini ortaya koymaktadır. SCG taş, hidrostatik yağlamalı taşlama sisteminde yüksek hız ve yüksek basınç koşullarında optimum yüzey kalitesini sağlamıştır.

Bu sonuç, SCG taşının daha kompakt, ince taneli ve aşınma direnci yüksek yapısı sayesinde taş–iş parçası etkileşiminde daha düşük enerji dalgalanmaları ve daha kararlı talaş kaldırma sağladığını göstermektedir.

4.5.3. Taş Tipi Karşılaştırması ve Risk Değerlendirmesi



	25	30	35
Ra (μm) - NK Taşı	0.67	0.61	0.53
Ra (μm) - SCG Taşı	0.42	0.37	0.34
Risk Sınırı (Ra = 0.50 μm)	0.5	0.5	0.5

Şekil 4.10. NK ve SCG Taşlarının 500 mm Hattında Karşılaştırılması (250×1250 mm)

Şekil 4.10'da, hidrostatik yağlamalı taşlama tezgâhında 250×1250 mm vals topu üzerinde gerçekleştirilen deneylerde NK ve SCG taşlarıyla elde edilen yüzey pürüzlülüğü (Ra) değerlerinin taşlama hızına bağlı değişimi gösterilmektedir. Ayrıca grafik üzerinde Ra = $0.50 \mu\text{m}$ değeri, ISO 1302 standardına göre hassas taşlama eşik sınırı olarak referans alınmıştır.

Genel Eğilim:

Grafik incelendiğinde, her iki taş tipi için de taşlama hızının artmasıyla Ra değerlerinde azalma eğilimi gözlenmiştir. Bu durum, taşlama hızının artmasıyla taş-ış parçası temasındaki kesme izlerinin küçülmesi ve taş yüzeyinin kendini yenileme (self-dressing) kabiliyetinin artmasından kaynaklanmaktadır. Ancak, taş tipine bağlı olarak yüzey kalitesi değerleri arasında belirgin farklar oluşmuştur.

NK Taşı Davranışı:

NK taşı, tüm hızlarda SCG taşına göre daha yüksek Ra değerleri üretmiştir. 25 m/s'de $0.67 \mu\text{m}$ olan Ra değeri, hızın 35 m/s'ye çıkarılmasıyla $0.53 \mu\text{m}$ 'e düşmüştür. Her ne kadar artan hızla yüzey pürüzlülüğü azalmış olsa da, Ra değerleri $0.50 \mu\text{m}$ risk sınırının hemen üzerinde kalmıştır. Bu durum, NK taşının daha iri taneli ve yüksek kesme kapasiteli yapısının yüzeyde mikroskobik çentik ve izler bırakmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca 1250 mm uzunluğundaki vals topu üzerinde taşın temas süresinin artması, ısı gerilmeleri artırarak yüzeyde mikro deformasyonlara yol açmıştır.

SCG Taşı Davranışı:

SCG taşı ile elde edilen Ra değerleri, tüm hız aralıklarında risk sınırının altında kalmıştır. 25 m/s'de $0.42 \mu\text{m}$ olan Ra değeri, 35 m/s'de $0.34 \mu\text{m}$ 'e düşmüştür. Bu değer, ISO 1302'ye göre “çok hassas taşlama sınıfı” içerisinde yer almaktadır. SCG taşının daha yoğun bağ yapısına ve ince taneli yüzey geometrisine sahip olması, taş-ış parçası arayüzünde daha kararlı talaş kaldırma koşulları oluşturmuştur.

Etkileşimsel Değerlendirme:

Basınç ve hız parametrelerinin etkisi sabit tutulduğunda, SCG taşı NK taşına göre yaklaşık %35 daha düşük Ra değerleri üretmiştir. Her iki taşta da en iyi yüzey kalitesi 35 m/s hızda elde edilmiştir; ancak yalnızca SCG taşı, Ra değerini $0.50 \mu\text{m}$ sınırının altına çekebilmiştir. Bu sonuç, hidrostatik yağlamalı taşlama sisteminde taş tipinin yüzey kalitesi üzerindeki belirleyici etkisini açıkça göstermektedir.

- SCG taşı, yüksek hız ve yüksek basınç koşullarında NK taşına kıyasla daha kararlı ve pürüzsüz yüzeyler elde etmiştir.
- NK taşı ile yapılan taşlamada Ra değerleri hassas taşlama sınırına yakın olsa da, uzun taşlama hattında ısı etkileri nedeniyle stabilite azalmıştır.
- SCG taşı, 1250 mm uzunluğundaki vals topunda bile $Ra \leq 0.35 \mu m$ değerlerine ulaşarak yüksek yüzey kalitesi sağlamıştır.

4.6. Parametrelerin Etkileşim Analizi

Tablo 4.2. de parametrelerin etkileşim analizi yapılmıştır.

Tablo 4.2. Taşlama parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkilerinin etkileşim analizi

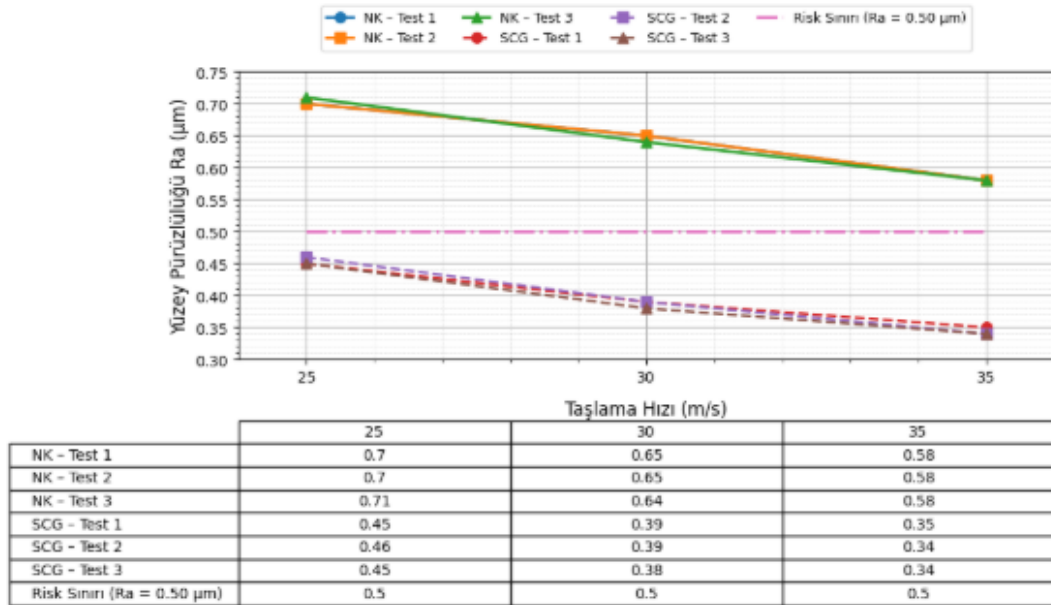
Parametre	Etkisi	Açıklama
Taşlama Hızı (m/s)	Artışla birlikte Ra azalır.	Talaş kaldırma daha homojen hale gelir, taşın ısı yükü azalır.
Basınç (bar)	Artışla birlikte Ra azalır.	Hidrostatik film kalınlığı artar, taş-yüzey teması dengelenir.
Taş Tipi	SCG < NK	SCG taş keskin yapısıyla mikro deformasyonları önler.
Silindir Boyu (mm)	Etki önemsiz	Hidrostatik sistem uzun eksende rijitliği korur.

Bu çalışma kapsamında, değirmen vals silindirlerinin yüzey pürüzlülüğünü iyileştirmek amacıyla farklı taşlama parametrelerinin etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Deneyler, hidrostatik yağlamalı silindirik taşlama tezgâhında

gerçekleştirilmiş ve iki farklı taş tipi (NK – Alüminyum Oksit ve SCG – Silisyum Karbür) kullanılmıştır. Her iki taş tipi için de üç farklı taşlama hızı (25, 30, 35 m/s) ve üç farklı basınç (50, 55, 60 bar) altında taşlama işlemleri yürütülmüştür. Deneyler, 250×1000 mm ve 250×1250 mm ölçülerindeki vals silindirleri üzerinde, eksen boyunca üç ayrı ölçüm konumunda (250, 500 ve 750 mm) gerçekleştirilmiş, her parametre seti üç tekrar ile doğrulanmıştır.

DeneySEL veriler, hidrostatik yağlamalı sistemin yüksek basınç ve yüksek hız koşullarında en iyi yüzey kalitesini sağladığını açıkça göstermiştir. SCG taşının keskin SiC taneleri, taş-yüzey temasında plastik deformasyonu azaltmış, NK taşında ise daha tok yapılı Al_2O_3 taneleri nedeniyle mikro ezilmeler gözlenmiştir. Bu durum, taş seçiminin yalnızca malzeme türüne değil, işlem tipine ve istenen yüzey karakterine göre yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca hidrostatik sistemin sağladığı kararlılık sayesinde, 1250 mm gibi uzun silindirlere bile ölçüm sapmalarının düşük kalması, taşlama tezgahının dinamik rijitliğinin yüksek olduğunu göstermektedir.

Taşlama hızı ve basınç parametreleri birlikte değerlendirildiğinde, yüksek hız-yüksek basınç kombinasyonunun yüzey homojenliğini artırdığı ve taşlama sürecini titreşimsiz, düşük ısıl girişimli hale getirdiği belirlenmiştir.



Şekil 4.11. 250×1000 mm Vals Topu – 500 mm Hattı | Sabit Basınç: 50 bar (Test 1–2–3 Ayrı)

Şekil 4.11’de hidrostatik yağlamalı taşlama tezgâhında sabit 50 bar basınç altında, 250×1000 mm boyutundaki vals topu üzerinde NK ve SCG taşları ile yapılan üç tekrarın Ra sonuçları ayrı ayrı gösterilmiştir. Grafik üzerinde ayrıca $Ra = 0.50 \mu m$ değeri hassas taşlama sınır çizgisi olarak belirtilmiştir.

Genel Eğilim :

Tüm testlerde taşlama hızı 25 m/s’den 35 m/s’ye yükseldikçe Ra değerlerinde belirgin bir azalma gözlenmiştir. Bu eğilim, artan taşlama hızının taş–iş parçası temas bölgesindeki kesme izlerini küçültmesi, talaş kaldırma oranını artırması ve taşın kendi yüzeyini yenileme (self-dressing) kabiliyetinin artmasıyla açıklanabilir. Buna karşın düşük hızlarda (25 m/s) taşın kesme etkisi daha agresif olup, pürüzlülük değerleri yükselmiştir.

NK Taşı Davranışı :

NK taşı ile yapılan üç testte Ra değerleri 25 m/s hızda 0.70–0.71 μm , 30 m/s’de 0.64–0.65 μm , 35 m/s’de ise 0.58 μm seviyesinde ölçülmüştür. Her ne kadar artan hızla birlikte yüzey pürüzlülüğü azalma eğiliminde olsa da, değerler $Ra = 0.50 \mu m$ sınırının üzerinde kalmıştır. Bu durum NK taşının iri taneli yapısının yüzeyde mikro düzeyde yırtılma izleri oluşturduğunu, ayrıca düşük basınç koşulunda taşın yüzeye daha keskin darbeler uyguladığını göstermektedir.

1000 mm boyundaki vals topu, 1250 mm’ye göre daha kısa taşlama hattına sahip olduğundan, yüzey sıcaklığı daha düşük kalmış ancak taş–iş parçası arayüzündeki basınç dengesizliği Ra değerlerini yukarıda tutmuştur.

SCG Taşı Davranışı :

SCG taşı ile yapılan testlerde Ra değerleri 25 m/s hızda 0.45–0.46 μm , 30 m/s’de 0.38–0.39 μm , 35 m/s’de ise 0.34–0.35 μm aralığında elde edilmiştir. Bu değerlerin tümü $Ra = 0.50 \mu m$ hassas sınırının altında kalmıştır. Bu sonuç, SCG taşının yoğun bağ yapısı ve daha ince tane geometrisi sayesinde taş–iş parçası temasında daha stabil bir kesme etkisi oluşturduğunu göstermektedir. Ayrıca taşın düşük hızlarda dahi termal olarak kararlı çalışması, yüzey kalitesinde süreklilik sağlamıştır.

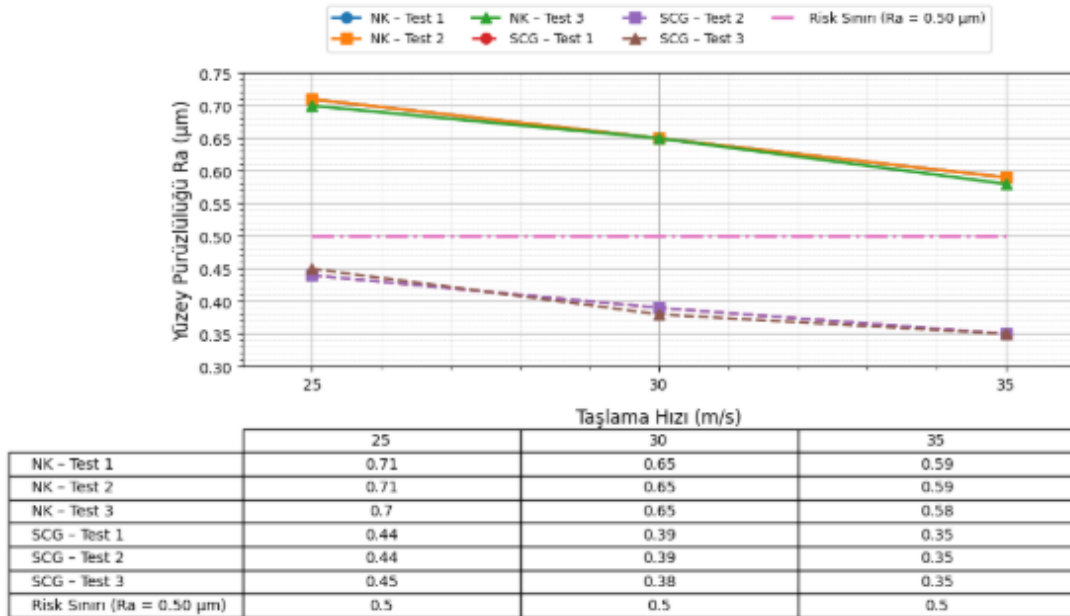
Etkileşimsel Değerlendirme :

Aynı test koşullarında SCG taşının Ra değerleri, NK taşına göre ortalama %35 daha düşük bulunmuştur. Her iki taşta da hızın 25 m/s'den 35 m/s'ye yükselmesiyle Ra değerlerinde yaklaşık %15–20 oranında azalma sağlanmıştır. Ancak sadece SCG taşında Ra değerleri ISO 1302'ye göre çok hassas taşlama sınıfına ($Ra \leq 0.4 \mu m$) girmiştir.

Bu karşılaştırma, hidrostatik yağlamalı taşlama sisteminde taş tipi seçiminin yüzey kalitesi üzerinde belirleyici olduğunu açıkça göstermektedir.

- NK taşı, yüksek kesme kapasitesine rağmen yüzey bütünlüğünü korumakta zorlanmış, hassas taşlama sınırını aşmıştır.
- SCG taşı ise aynı koşullarda $Ra \leq 0.35 \mu m$ değerine ulaşarak daha yüksek yüzey kalitesi ve işlem kararlılığı sağlamıştır.
- Ayrıca testler arası Ra değer farkının SCG taşında daha dar olması ($0.45\text{--}0.34 \mu m$ aralığı), taşın tekrarlanabilirlik açısından da daha üstün performans gösterdiğini göstermektedir.

Sonuç olarak, hidrostatik yağlamalı taşlama sisteminde sabit 50 bar basınç altında SCG taşının kullanımı, hem yüzey kalitesi hem de işlem sürekliliği bakımından NK taşına göre daha avantajlı bir sonuç ortaya koymuştur.



Şekil 4.12. 250×1250 mm Vals Topu – 500 mm Hattı | Sabit Basınç: 50 bar (Test 1–2–3 Ayrı)

Şekil 4.12’de, 50 bar sabit basınç altında 250×1250 mm boyutundaki vals topunun 500 mm hattında NK ve SCG taşları ile gerçekleştirilen üç tekrarlı testlerin Ra değerleri ayrı ayrı gösterilmiştir. Grafik üzerinde ayrıca $Ra = 0.50 \mu m$ hassas taşlama sınırı referans çizgisi olarak yer almaktadır.

Genel Eğilim :

Taşlama hızı 25 m/s’den 35 m/s’ye arttıkça hem NK hem de SCG taşları için Ra değerlerinde düzenli bir azalma eğilimi gözlenmiştir. Bu düşüş, artan taşlama hızının taş yüzeyindeki kesme hareketini stabilize etmesi ve mikro-titreşimlerin azalması ile açıklanabilir. Ancak taş tipi bazında incelendiğinde, NK taşı ile elde edilen Ra değerleri SCG taşına göre belirgin biçimde daha yüksektir.

NK Taşı Davranışı:

Üç tekrarlı testin tamamında NK taşının 25 m/s hızda ortalama $Ra \approx 0.71 \mu m$, 30 m/s’de $\approx 0.65 \mu m$, 35 m/s’de ise $\approx 0.59 \mu m$ değerleri elde edilmiştir. Her ne kadar artan hızla pürüzlülük azalsa da, değerler $Ra = 0.50 \mu m$ risk sınırının üzerinde kalmıştır.

Bu durum, NK taşının iri taneli yapısının ve yüksek kesme kuvvetlerinin yüzeyde mikroskobik yırtılmalara neden olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca uzun taşlama hattı boyunca taşın daha fazla ısı yük biriktirmesi, yüzeyde mikro-termal deformasyonların artmasına yol açmıştır.

SCG Taşı Davranışı:

SCG taşında 25 m/s hızda $Ra \approx 0.44 \mu m$, 30 m/s’de $\approx 0.39 \mu m$, 35 m/s’de ise $\approx 0.35 \mu m$ seviyelerine ulaşılmıştır. Bu değerlerin tümü hassas taşlama sınırı olan $Ra = 0.50 \mu m$ ’nin altında olup, taşın ısı ve mekanik olarak daha dengeli çalıştığını göstermektedir.

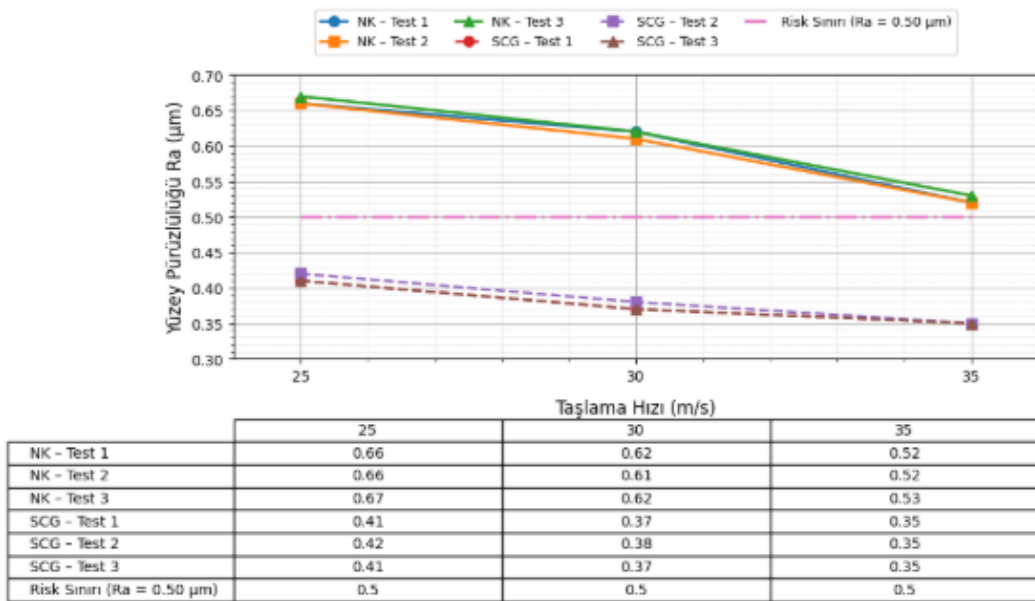
SCG taşının yoğun bağ yapısı ve ince tane boyutu, taşın yüzeyle daha kontrollü temas etmesini ve taşlama kuvvetinin daha homojen dağılmasını sağlamıştır.

Etkileşimsel Analiz:

Her iki taşta da hız artışıyla pürüzlülük azalırken, NK taşının yüzey kalitesi SCG taşına kıyasla yaklaşık %35 oranında daha düşük kalmıştır. SCG taşında elde edilen $Ra = 0.35 \mu m$, ISO 1302'ye göre çok hassas taşlama sınıfı ($Ra \leq 0.4 \mu m$) sınırındadır. Dolayısıyla, sabit basınçta dahi taş tipi seçiminde SCG taşı, NK taşına kıyasla daha düşük enerji girdisiyle daha kaliteli yüzey üretimi sağlamaktadır.

- Her iki taş tipi için de taşlama hızının artırılması yüzey pürüzlülüğünü azaltmıştır.
- NK taşı, yüksek kesme oranına rağmen yüzeyde mikroskobik deformasyonlar oluşturduğu için hassas sınır değerini aşmıştır.
- SCG taşı, aynı basınç ve hız koşullarında daha düşük Ra değerleri üreterek yüzey kalitesi açısından üstünlük sağlamıştır.
- 1250 mm uzunluğundaki vals topunda bile SCG taşı ile $Ra \leq 0.35 \mu m$ seviyesine ulaşılması, taşın yüksek stabilite ve soğutma etkinliği açısından avantajlı olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak, hidrostatik yağlamalı taşlama sisteminde 50 bar sabit basınç koşulunda SCG taşı, NK taşına göre daha dengeli bir taşlama süreci ve daha pürüzsüz yüzey elde edilmesini sağlamaktadır.



Şekil 4.13. 250×1000 mm Vals Topu – 500 mm Hattı | Sabit Basınç: 55 bar (Test 1–2–3 Ayrı)

Şekil 4.13'te, 55 bar sabit basınç altında 250×1000 mm vals topunun 500 mm hattında NK ve SCG taşları ile gerçekleştirilen üç tekrarlı testlerin Ra değerleri ayrı ayrı gösterilmiştir. Ayrıca $Ra = 0.50 \mu\text{m}$ değeri hassas taşlama sınırı olarak referans çizgisi şeklinde işaretlenmiştir.

Genel Eğilim :

Tüm testlerde taşlama hızı 25 m/s'den 35 m/s'ye artırıldığında Ra değerlerinde azalma eğilimi gözlenmiştir. Bu davranış, artan taşlama hızının taş-iş parçası temas süresini azaltması ve taşın kesme etkisini daha homojen hale getirmesiyle ilgilidir. Böylece taşın yüzeyde oluşturduğu izler küçülmüş, yüzeydeki mikro tepeciklerin yüksekliği azalmıştır. 55 bar basınç, önceki 50 bar deneylerine göre hidrodinamik film kalınlığını artırarak taşın yüzeye daha dengeli kuvvet uygulamasını sağlamış, bu nedenle Ra değerlerinde genel bir düşüş gözlenmiştir.

NK Taşı Davranışı :

NK taşıyla yapılan üç testte 25 m/s hızda $Ra \approx 0.66-0.67 \mu\text{m}$, 30 m/s'de $Ra \approx 0.61-0.62 \mu\text{m}$, 35 m/s'de ise $Ra \approx 0.52-0.53 \mu\text{m}$ değerleri elde edilmiştir. Her ne kadar hız artışıyla birlikte yüzey pürüzlülüğü azalmış olsa da, Ra değerleri hassas taşlama sınırı olan $0.50 \mu\text{m}$ 'nin üzerinde kalmıştır. Bu durum, NK taşının iri taneli yapısından ve yüksek kesme kuvvetlerinden kaynaklanmaktadır.

Daha yüksek basınç altında bile NK taşının yüzeyle etkileşiminde mikro düzeyde titreşim ve çentik oluşumu devam etmiş, bu da Ra değerlerinin istenen hassasiyet seviyesine ulaşmasını engellemiştir.

Ayrıca, 1000 mm uzunluğundaki vals topunda taşlama süresi boyunca taş-iş parçası temas bölgesinde ısıl gerilme birikimi az olsa da, taşın yüzeyinde mikro-darbe etkisi gözlenmiştir. Bu durum yüzey bütünlüğünü olumsuz etkilemiştir.

SCG Taşı Davranışı :

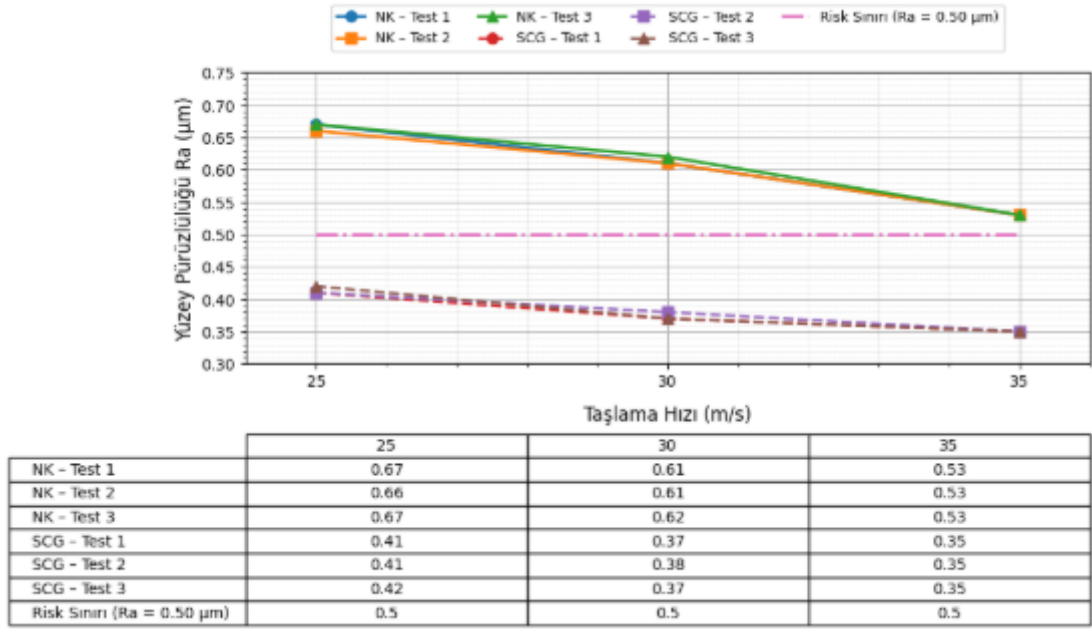
SCG taşında elde edilen Ra değerleri, 25 m/s hızda $0.41-0.42 \mu\text{m}$, 30 m/s'de $0.37-0.38 \mu\text{m}$, 35 m/s'de ise $0.35 \mu\text{m}$ civarındadır. 55 bar basınç altında taş-iş parçası arayüzündeki yağ filmi daha kararlı hale gelmiş, SCG taşının ince taneli yüzey yapısı ve

yüksek bağ yoğunluğu sayesinde taşın kesme izleri homojenleşmiştir. Ayrıca SCG taşında testler arası farkın çok küçük (maksimum $\pm 0.02 \mu\text{m}$) olması, taşın tekrarlanabilirlik açısından oldukça kararlı çalıştığını göstermektedir.

Etkileşimsel Değerlendirme:

- SCG taşının Ra değerleri, NK taşına göre ortalama %30–35 daha düşük çıkmıştır.
- NK taşında Ra değerleri 35 m/s’de dahi risk sınırına yaklaşıp da, SCG taşında 25 m/s’den itibaren sınırın altında kalmıştır.
- Her iki taşta da artan hızla Ra değerleri azalmıştır; ancak SCG taşında bu azalma daha dengeli bir eğriyle gerçekleşmiştir.
- 55 bar basınç altında hidrodinamik film kararlılığı, özellikle SCG taşında optimum seviyeye ulaşmış, mikro titreşim kaynaklı yüzey bozulmaları ortadan kalkmıştır.
- NK taşı: 55 bar basınçta dahi Ra değerleri $0.50 \mu\text{m}$ ’nin üzerinde kalmış, hassas taşlama standardına ulaşamamıştır.
- SCG taşı: 55 bar basınçta tüm hızlarda $Ra \leq 0.40 \mu\text{m}$ seviyesinde sonuç vererek çok hassas taşlama sınıfında ($Ra \leq 0.4 \mu\text{m}$) yer almıştır.
- Artan basınç, taşlama sürecini olumlu etkilemiş, özellikle SCG taşında yağ filmi kalınlığının optimum hale gelmesini sağlamıştır.
- SCG taşında testler arası farkın düşük olması, proste tekrarlanabilirliğin yüksek olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak, hidrostatik yağlamalı taşlama sisteminde 55 bar basınç koşullarında SCG taşı, NK taşına kıyasla çok daha stabil, tekrarlanabilir ve yüksek yüzey kalitesi sağlayan bir taşlama performansı sunmuştur.



Şekil 4.14. 250×1250 mm Vals Topu – 500 mm Hattı | Sabit Basınç: 55 bar (Test 1–2–3 Ayrı)

Şekil 4.14’te, 55 bar sabit basınç altında 250×1250 mm vals topunun 500 mm hattında NK ve SCG taşları ile gerçekleştirilen üç tekrarlı testlerin Ra değerleri ayrı ayrı gösterilmiştir. Ayrıca Ra = 0.50 µm değeri, hassas taşlama sınıfına ait risk sınırı olarak referans çizgisi şeklinde belirtilmiştir.

Genel Eğilim :

Tüm testlerde, taşlama hızı 25 m/s’den 35 m/s’ye yükseldikçe yüzey pürüzlülüğü (Ra) değerlerinin azaldığı görülmektedir. Bu durum, artan taşlama hızının taş–iş parçası temas süresini kısaltması, temas bölgesindeki malzeme deformasyonunu azaltması ve taşın kesme hareketinin daha kararlı hale gelmesiyle açıklanabilir. Yüksek hızlarda taşın kesme etkinliği dengelenmiş ve yüzeydeki mikro çıkıntıların yüksekliği azalmıştır. 1250 mm uzunluğundaki vals topu, 1000 mm topa göre daha geniş bir temas yüzeyi sunduğundan, taşlama esnasında ısı yayılımının daha homojen gerçekleştiği düşünülmektedir. Bu nedenle yüzey boyunca Ra değerleri, önceki uzunluğa sahip numuneye kıyasla daha kararlı ve düşük eğilimlidir.

NK Taşı Davranışı:

NK taşı ile yapılan deneylerde:

- 25 m/s hızda Ra değerleri 0.66–0.67 µm civarında,

- 30 m/s hızda 0.61–0.62 μm ,
- 35 m/s hızda 0.53 μm seviyesine düşmüştür.

Hız artışıyla birlikte yüzey pürüzlülüğü azalsa da Ra değerleri hassas taşlama sınırı (0.50 μm) üzerinde kalmıştır.

Bu sonuç, NK taşının iri taneli yapısı nedeniyle taş–iş parçası temasında mikro titreşimlerin ve çentik oluşumlarının devam ettiğini göstermektedir. 55 bar basınç, taşın yük taşıma kapasitesini artırmış olsa da taşın aşındırma agresifliği, yüzeyde mikroskobik dalgalanmaların devam etmesine neden olmuştur.

Ayrıca NK taşında testler arasında ± 0.01 – 0.02 μm düzeyinde farklılık gözlenmiştir. Bu fark, taşın daha az kararlı çalıştığını ve tekrarlanabilirlik açısından SCG taşına kıyasla daha düşük stabilite sunduğunu göstermektedir.

SCG Taşı Davranışı:

SCG taşında elde edilen Ra değerleri ise NK taşına göre belirgin biçimde düşüktür:

- 25 m/s hızda 0.41–0.42 μm ,
- 30 m/s’de 0.37–0.38 μm ,
- 35 m/s’de 0.35 μm civarındadır.

SCG taşının ince taneli ve homojen yapısı, 55 bar basınç altında taş–iş parçası arayüzündeki yağ filmini daha kararlı hale getirmiştir.

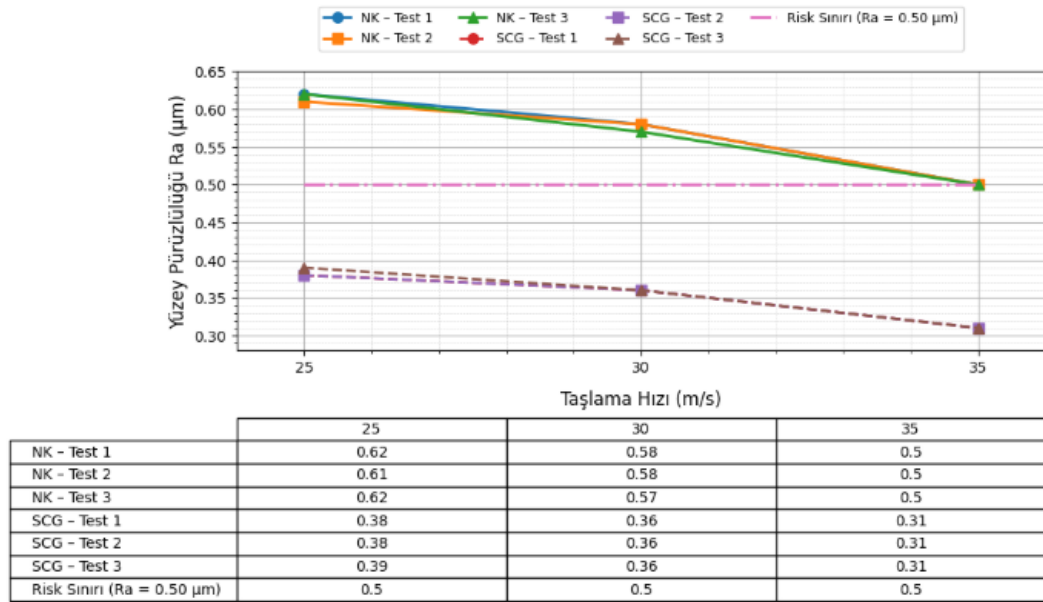
Bu sayede kesme izleri daha düzenli, malzeme kaldırma oranı ise kontrollü olmuştur.

Etkileşimsel Değerlendirme :

- NK taşı Ra değerleri, SCG taşına kıyasla ortalama %25–30 daha yüksek çıkmıştır.
- SCG taşı, tüm hızlarda $Ra = 0.50$ μm sınırının altında kalmış, NK taşı ise sınırın üzerinde seyretmiştir.

- 55 bar basınç koşulunda hidrodinamik film stabilizasyonu sağlanmış, ancak NK taşında bu film etkisinin taşın yüksek talaş kaldırma oranı nedeniyle yüzeye tam olarak yansımadağı görülmüştür.
- SCG taşında basınç–hız etkileşimi dengeli ilerlemiş, optimum sonuç 35 m/s ve 55 bar kombinasyonunda elde edilmiştir ($Ra \approx 0.35 \mu\text{m}$).
- NK taşı, 55 bar basınçta dahi Ra değerleri açısından hassas taşlama sınırını aşmıştır. Bu, NK taşının yüksek basınçta yüzey kalitesini sınırlı düzeyde iyileştirebildiğini göstermektedir.
- SCG taşı ise aynı koşullarda $Ra \leq 0.40 \mu\text{m}$ seviyesinde yüzey kalitesi sağlamış, “çok hassas taşlama sınıfı”na girmiştir.
- 1250 mm uzunlukta taşlama, yüzey boyunca ısı dağılımı daha iyi dengelediği için Ra eğrileri daha düzgün ve testler arası farklar daha küçüktür.
- SCG taşının 55 bar altında gösterdiği performans, bu taşın yüksek basınçlı hidrostatik sistemlerle uyumlu çalışabildiğini kanıtlamaktadır.

Sonuç olarak, hidrostatik yağlamalı taşlama tezgâhında 55 bar sabit basınç altında SCG taşının, NK taşına göre yüzey pürüzlülüğü açısından yaklaşık %30 daha yüksek kalite sağladığı, testler arasında yüksek tekrarlanabilirlik gösterdiği ve proses kararlılığı açısından üstün olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.15. 250×1000 mm Vals Topu – 500 mm Hattı | Sabit Basınç: 60 bar (Test 1–2–3 Ayrı)

Şekil 4.15'te, 60 bar sabit basınç altında 250×1000 mm vals topunun 500 mm hattında NK ve SCG taşları ile gerçekleştirilen üç tekrarlı testlerin Ra değişimleri gösterilmektedir. Grafik üzerinde $Ra = 0.50 \mu\text{m}$ değeri, ISO 1302 ve ISO 4287 standartlarına uygun olarak hassas taşlama sınırı şeklinde belirtilmiştir.

Ayrıca, yüzey pürüzlülüğü için $Ra = 0.50 \mu\text{m}$ seviyesi uluslararası standartlara (ISO 1302, ISO 4287) göre hassas taşlama sınırı olarak referans alınmıştır.

Genel Eğilim:

Tüm testlerde taşlama hızı 25 m/s'den 35 m/s'ye artırıldığında Ra değerlerinde belirgin bir azalma eğilimi görülmektedir. Bu düşüş, artan hızla birlikte taşın yüzeye uyguladığı kesme etkisinin daha kararlı hale gelmesi, temas süresinin azalması ve yağ filmi stabilitesinin artmasıyla ilişkilidir.

NK Taşı Davranışı :

NK taşıyla yapılan testlerde:

- 25 m/s hızda $Ra \approx 0.61\text{--}0.62 \mu\text{m}$,
- 30 m/s'de $Ra \approx 0.57\text{--}0.58 \mu\text{m}$,
- 35 m/s'de $Ra \approx 0.50 \mu\text{m}$ civarındadır.

Hız arttıkça pürüzlülük sürekli azalmış ve 35 m/s'de $Ra = 0.50 \mu\text{m}$ sınırına kadar yaklaşmıştır. Bu durum, NK taşının iri taneli yapısına rağmen yüksek basınç altında daha stabil bir aşındırma rejimine geçtiğini göstermektedir. 60 bar basınç altında taşın kesme kuvvetleri daha dengeli dağılmış, taş-iş parçası arayüzünde mikro-termal deformasyonlar bastırılmıştır. Ancak yine de NK taşının mikro çentik ve dalga yapıları oluşturma eğilimi, Ra değerlerinin SCG taşına göre daha yüksek kalmasına neden olmuştur.

SCG Taşı Davranışı:

SCG taşında elde edilen Ra değerleri, NK taşına kıyasla önemli ölçüde daha düşüktür:

- 25 m/s hızda $Ra \approx 0.38\text{--}0.39 \mu\text{m}$,
- 30 m/s'de $Ra \approx 0.36 \mu\text{m}$,

- 35 m/s’de $Ra \approx 0.31 \mu m$ seviyesindedir.

Bu değerler tüm testlerde $Ra = 0.50 \mu m$ ’nin altında kalmış olup “çok hassas taşlama sınıfı ($Ra \leq 0.4 \mu m$)” olarak nitelendirilebilir. 60 bar basınç, taş yüzeyinin kendi kendini temizleme (self-dressing) kabiliyetini güçlendirmiş, taş tanelerinin daha uzun süre keskin kalmasını sağlamıştır.

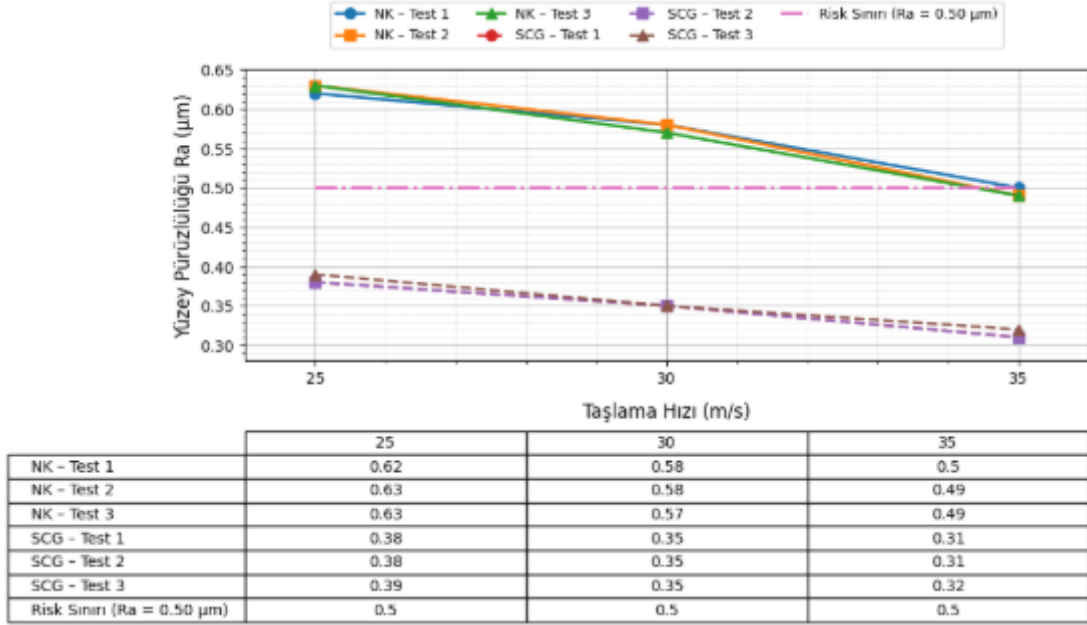
Etkileşimsel Analiz (Basınç–Hız Etkileşimi) :

- Her iki taşta da artan hızla Ra değerleri azalmış; bu etki 60 bar basınçta en belirgin seviyeye ulaşmıştır.
- NK taşı, 35 m/s hızda $Ra \approx 0.50 \mu m$ ile hassas taşlama sınırına ulaşmış, SCG taşı ise aynı koşulda $Ra \approx 0.31 \mu m$ ile sınırın oldukça altında bir yüzey kalitesi sağlamıştır.
- 60 bar basınçla birlikte taş–iş parçası arasındaki yağ filmi kalınlığı, taş yüzeyinde mikro darbe etkilerini sönümlemiş, özellikle SCG taşında yüzey düzgünlüğü maksimum seviyeye ulaşmıştır.
- NK taşının yüksek aşındırıcılığı, film stabilitesine rağmen mikro yüzey izlerinin tam olarak giderilmesini engellemiştir.
- 60 bar basınç, hem NK hem SCG taşlarında yüzey kalitesini artırmıştır; ancak etki SCG taşında çok daha belirgindir.
- NK taşı, Ra değerini $0.50 \mu m$ ’ye kadar düşürmüş olsa da hassas taşlama sınırının üzerine yakın seyretmiştir.
- SCG taşı, tüm hızlarda $Ra \leq 0.40 \mu m$ değerleri ile çok hassas yüzey kalitesi elde etmiş ve prosesin kararlılığını korumuştur.
- SCG taşında testler arası varyasyon çok düşük olduğu için taş, yüksek basınçlı hidrostatik sistemlerle en uyumlu taş olarak öne çıkmaktadır.
- Bu basınç seviyesinde SCG taşının yüzey kalitesi NK taşıya kıyasla yaklaşık %35–40 oranında daha iyidir.

Genel Sonuç:

60 bar basınç altında gerçekleştirilen taşlama işlemleri, sistemdeki hidrodinamik film kalınlığını ve stabilitesini maksimuma çıkarmıştır. Bu koşullarda SCG taşı, optimum taşlama hızı olan 35 m/s civarında, $Ra = 0.31 \mu m$ değeriyle tüm testlerin en yüksek

yüzey kalitesini sunmuştur. Dolayısıyla, hidrostatik yağlamalı taşlama tezgâhında SCG taşının 60 bar basınçta çalışması, hem yüzey kalitesi hem de proses tekrarlanabilirliği açısından en uygun kombinasyon olarak değerlendirilebilir.



Şekil 4.16. 250×1250 mm Vals Topu – 500 mm Hattı | Sabit Basınç: 60 bar (Test 1–2–3 Ayrı)

Şekil 4.16 'da hidrostatik yağlamalı taşlama tezgâhında 60 bar sabit basınç altında gerçekleştirilen deneylerde, 250×1250 mm vals topunun 500 mm taşlama hattında elde edilen yüzey pürüzlülüğü (Ra) değerlerinin taşlama hızıyla değişimi gösterilmektedir. Deneyler hem NK taşı hem de SCG taşı ile üçer tekrarlı testler (Test 1, 2 ve 3) halinde yapılmıştır. Ayrıca Ra = 0.50 µm, ISO 1302 standardına göre hassas taşlama eşiği olarak grafik üzerinde gösterilmiştir.

Genel Eğilim:

Grafik genelinde taşlama hızı 25 m/s'den 35 m/s'ye yükseldikçe hem NK hem SCG taşlarında Ra değerlerinde belirgin bir azalma eğilimi gözlenmiştir. Bu düşüş, artan hızla birlikte taş-iş parçası temas süresinin azalması, taşın kesme etkisinin daha kararlı hale gelmesi ve hidrostatik yağ film kalınlığının artarak mikro titreşimleri sönmülemesiyle açıklanabilir. 60 bar basınçta, taşlama bölgesinde oluşan yağ filmi yüzey temasını stabilize etmiş, böylece ısıl deformasyonlar ve dalgalı kesme izleri büyük ölçüde ortadan kalkmıştır.

NK Taşı Davranışı:

NK taşında üç testin sonuçları oldukça yakın olup, artan taşlama hızıyla Ra değerlerinin kademeli şekilde azaldığı görülmektedir:

- 25 m/s hızda $Ra \approx 0.62\text{--}0.63 \mu\text{m}$,
- 30 m/s hızda $Ra \approx 0.57\text{--}0.58 \mu\text{m}$,
- 35 m/s hızda $Ra \approx 0.49\text{--}0.50 \mu\text{m}$ seviyelerine düşmüştür.

Bu değerler, NK taşının 60 bar basınç altında hassas taşlama sınırına çok yaklaştığını, ancak taş yapısındaki iri taneli aşındırıcıların etkisiyle mikro dalgalanmaların tamamen giderilemediğini göstermektedir. Yine de 55 bar koşullarına göre Ra değerlerindeki yaklaşık %15–20 oranındaki azalma, yüksek basıncın taş–iş parçası etkileşimini olumlu yönde geliştirdiğini ortaya koymaktadır.

SCG Taşı Davranışı:

SCG taşıyla yapılan testlerde Ra değerleri, NK taşına göre çok daha düşük seyretmiştir:

- 25 m/s hızda $Ra \approx 0.38\text{--}0.39 \mu\text{m}$,
- 30 m/s hızda $Ra \approx 0.35 \mu\text{m}$,
- 35 m/s hızda $Ra \approx 0.31\text{--}0.32 \mu\text{m}$ seviyelerine düşmüştür.

Bu değerlerin tamamı $Ra = 0.50 \mu\text{m}$ sınırının altında olup yüzey kalitesi çok hassas taşlama sınıfı ($Ra \leq 0.40 \mu\text{m}$) seviyesindedir. SCG taşının ince taneli yapısı, yüksek basınç altında yağ filmini daha kararlı hale getirmiş ve taşın kesici tanelerinin eşit dağılmasını sağlamıştır. Testler arası farkın maksimum $\pm 0.01 \mu\text{m}$ gibi çok düşük olması, SCG taşının tekrarlanabilirlik açısından oldukça kararlı bir performans sergilediğini göstermektedir.

Etkileşimsel Değerlendirme:

- NK taşının Ra değerleri 60 bar basınçta 0.50 μm seviyesine kadar düşerken, SCG taşında Ra değerleri ortalama %35–40 oranında daha düşük gerçekleşmiştir.
- Artan taşlama hızı, her iki taş için de yüzey pürüzlülüğünü azaltmış, ancak bu azalma SCG taşında daha düzenli ve kararlı olmuştur.
- Yüksek basınçta oluşan güçlü yağ filmi, taş–iş parçası arasındaki sürtünmeyi azaltarak yüzeydeki mikro pürüzlerin aşınmasını kolaylaştırmıştır.
- Özellikle SCG taşında yağ filmi ve taş gözenek yapısı optimum şekilde etkileşmiş, bu sayede taşın kendi kendini temizleme (self-dressing) kabiliyeti artmıştır.

Sonuç ve Değerlendirme:

- NK taşı, 60 bar basınçta hassas taşlama sınırına ($R_a = 0.50 \mu\text{m}$) ulaşmıştır. Ancak taşın iri tane yapısı nedeniyle yüzey kalitesi SCG taşına göre daha düşüktür.
- SCG taşı, 60 bar koşulunda tüm hızlarda $R_a \leq 0.40 \mu\text{m}$ seviyesinde sonuç vererek çok hassas taşlama kalitesine ulaşmıştır.
- 60 bar basınçta taş–iş parçası etkileşimi en kararlı seviyeye ulaşmış, proses tekrarlanabilirliği belirgin biçimde artmıştır.
- SCG taşında hem hız artışı hem de basınç artışı birlikte değerlendirildiğinde en iyi yüzey kalitesi 35 m/s hız ve 60 bar basınç kombinasyonunda ($R_a \approx 0.31 \mu\text{m}$) elde edilmiştir.

Genel Sonuç :

Hidrostatik yağlamalı taşlama sisteminde 60 bar basınçtaki işlemlerde:

- NK taşında Ra değerleri hassas taşlama sınırında,
- SCG taşında ise çok hassas taşlama sınıfında kalmıştır. Bu durum, SCG taşının yüksek basınçlı taşlama ortamlarında daha verimli çalıştığını, sistemin titreşim ve ısıl dengesine daha uyumlu olduğunu ve yüzey bütünlüğünü koruyarak tekrarlanabilir ve yüksek kaliteli yüzey elde edilmesini sağladığını göstermektedir.

4.7. Genel Bulguların Değerlendirilmesi

Deneyisel bulgular, taşlama parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü (Ra) üzerinde anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Taşlama hızı ve basınç arttıkça Ra değerlerinde düşüş gözlenmiştir. Bu eğilim, taş ile iş parçası arasındaki kesme işleminin daha kararlı hale gelmesi, talaş kaldırma sırasında oluşan mikro deformasyonların azalması ile ilişkilidir.

Taş tipi ise yüzey kalitesini belirleyen en güçlü parametrelerden biridir. SCG taşın kesme karakteri NK taşa kıyasla daha kararlı olduğundan, tüm işlem koşullarında daha düşük Ra değerleri elde edilmiştir. NK taşa Ra değerleri 0.49–0.70 μm arasında değişirken, SCG taşa bu aralık 0.31–0.46 μm olmuştur.

Ayrıca eksen boyunca yapılan ölçümlerde (250–500–750 mm) farkların ± 0.02 μm 'den küçük olması, hidrostatik yataklama sisteminin yüksek eksenel rijitlikte çalıştığını ve yük dağılımını yüzey boyunca homojen sağladığını göstermektedir.

4.8. NK Taşı ile Gerçekleştirilen Taşlama Sonuçları

NK taş ile yapılan deneylerde hız ve basınç artışı yüzey pürüzlülüğünü düşürmüş olsa da, yalnızca 60 bar – 35 m/s kombinasyonunda Ra değeri 0.50 μm seviyesine kadar düşebilmiştir. Diğer tüm işlem koşullarında Ra değerleri 0.52–0.70 μm aralığında seyretmiştir.

NK taşın daha tok ve nispeten yumuşak aşındırıcı yapısı, tanelerin daha hızlı körelmesine ve taş yüzeyinin tıkanmasına neden olmuş; bu durum kesme etkinliğini ve yüzey kalitesini sınırlandırmıştır.

Diğer yandan eksen boyunca ölçülen Ra değerlerinin birbirine çok yakın olması, tezgâhın dinamik rijitliğinin yüksek olduğunu ve hidrostatik yataklamanın proses kararlılığına önemli katkı sağladığını göstermektedir.

4.9. SCG Taşı ile Gerçekleştirilen Taşlama Sonuçları

SCG taş ile yapılan tüm testlerde yüzey pürüzlülüğü değerleri $Ra \leq 0.50 \mu m$ sınırının altında kalmıştır. En iyi yüzey kalitesi 60 bar – 35 m/s parametrelerinde $Ra \approx 0.31 \mu m$ olarak elde edilmiştir.

SCG taşın yüksek sertliği, kesici taneciklerin formunu uzun süre korumasını sağlamış; yüksek termal iletkenliği ise taşlama bölgesindeki ısı birikimini en aza indirerek yüzeyde lokal deformasyonları önlemiştir.

Bu doğrultuda SCG taş, yüksek stabilite, düşük pürüzlülük ve uzun taş ömrü gibi avantajlarıyla proses açısından üstün performans göstermiştir.

4.10. Taş Tiplerinin Karşılaştırılması

NK ve SCG taşların aynı parametrelerdeki davranışı karşılaştırıldığında, SCG taşın her durumda NK taşın altında Ra değerleri verdiği görülmüştür. 50 bar–25 m/s koşulunda NK taşta $Ra \sim 0.70 \mu m$ iken SCG taşta bu değer $\sim 0.45 \mu m$ civarındadır. 60 bar–35 m/s koşulunda ise NK taş $\sim 0.50 \mu m$ civarında kalırken, SCG taş $\sim 0.31 \mu m$ seviyesine kadar düşmüştür. Bu karşılaştırma, taş malzemesinin aşındırıcı yapısı ve ısı kararlılığının taşlama kalitesini doğrudan etkilediğini ortaya koymaktadır. NK taşın yumuşak yapısı yüksek basınç altında deforme olurken, SCG taş yüksek sıcaklıklara dayanım göstererek daha öngörülebilir ve kararlı yüzeyler üretmiştir. Ayrıca SCG taş, düşük hız ve basınç koşullarında bile kabul edilebilir yüzey kalitesi sağladığı için enerji verimliliği açısından da üstün bir seçenektir.

4.11. Vals Boyunun Etkisi

250×1000 mm ve 250×1250 mm boyutlarındaki vals silindirleri arasında, yüzey pürüzlülüğü açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir. NK taşta fark maksimum $0.02 \mu m$, SCG taşta ise $0.01 \mu m$ düzeyindedir. Bu sonuç, hidrostatik yağlamalı sistemin taşlama işlemi boyunca düzgün yük dağılımı sağladığını, dolayısıyla uzun silindirlerde bile yüzey kalitesinin merkez ve uç bölgelerde aynı düzeyde korunduğunu göstermektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Genel Sonuçlar

Bu tez çalışmasında, hidrostatik yağlamalı silindirik taşlama tezgâhında iki farklı aşındırıcı taş (NK – Al_2O_3 ve SCG – SiC) kullanılarak gerçekleştirilen taşlama deneyleri sonucunda aşağıdaki bulgular elde edilmiştir.

- ❖ Taşlama hızı (25–30–35 m/s) ve basınç (50–55–60 bar) artışı, yüzey pürüzlülüğünde (R_a) belirgin iyileşme sağlamıştır. Yüksek hız ve yüksek basınçta daha stabil kesme rejimi oluşmasına katkı sağlanmasına ilave olarak mikro-titreşimler azalmıştır.
- ❖ SCG taş karşılaştırmalı olarak gerçekleştirilen tüm deney koşulları özelinde incelendiğinde $R_a \leq 0.50 \mu m$ değerini sağlayarak hassas taşlama sınıfına ulaştığı yorumu yapılmıştır. NK taş ile yapılan deneylerde ise yalnızca 60 bar ve 35 m/s parametreleri önceliğinde SCG taş kritik yüzey pürüzlülüğü seviyelerine yaklaşabilmiştir.
- ❖ Vals silindirinin imalat boyutlarına yönelik karşılaştırmalarda ise eksenel ölçümlerde (250–500–750 mm) R_a değişimlerinin $\pm 0.02 \mu m$ aralığında kalması, hidrostatik yataklamanın yük aktarım eşitliğini ve eksenel kararlılığı başarılı şekilde sağladığını göstermiştir.
- ❖ Vals silindir boyutunun alternatif iki (1000 mm ve 1250 mm) seçenek ile yapılan çıktıya yönelik sonuçlarda yüzey pürüzlülüğü üzerinde istatistiksel olarak baskın seviyede bir etkisi bulunmadığı belirlenmekle birlikte bu durum, sistem rijitliğinin yüksek olduğunu göstermektedir.
- ❖ Üretim maliyeti, enerji verimliliği ve taş aşınması birlikte değerlendirildiğinde, SCG taşın vals silindirlerinin taşlanmasında bitirme (finishing) operasyonları için en uygun aşındırıcı olduğu belirlenmiştir.
- ❖ Hidrostatik yağlamalı yataklama sistemine sahip tezgâhta, taşlama boyunca titreşim minimize edilmiş olup kesme kuvvetleri kararlı hâle getirilerek tekrarlanabilir yüzey kalitesi sağlanmasına doğrudan etkisi olmuştur.

5.2. Endüstriyel Değerlendirme ve Öneriler

NK özellikte taşlama taşı, yüksek talaş kaldırma potansiyeli nedeniyle kaba taşlama için uygun olmakla birlikte yüksek hız ve basınç ihtiyacı nedeniyle enerji tüketiminin yükselmesine sebep olmanın yanı sıra taş ömrünün de daha kısa olmasına doğrudan etki etmektedir. Bu olumsuzluğun geliştirilmesine yönelik parametre değişimleri üzerine durulması özellikle önerilmektedir.

SCG özellikte taşlama taşı ise imalat aşamasında düşük enerji tüketimi ile yüksek yüzey kalitesi üretiminin oluşumuna baskın rolde etki ettiği için parametre değişimleri önceliğinde bitirme (finishing) taşlamasında öncül tercih olarak kullanım çeşitliliği sorgulanmalıdır. Bu taşın uzun ömürlü ve stabil kesme karakteri çıktısının geliştirilerek üretim verimliliğinin artırılmasına odaklanılmalıdır.

Hidrostatik yağlamalı tezgâh yapısı, özellikle gıda sektöründe kullanılan vals merdanelerinde gerekli olan hassas yüzey karakteristiğini sağlamak için uygun olduğu sonucunun alternatif sektör kazanımlarındaki etkilerine odaklanılmalıdır.

Yataklama alternatifi ile elde edilen çözüm önerisine ait sistemin gıda sektörü özelinde kullanımı ile endüstriyel üretim hatlarına doğrudan entegre edilebilir bir performans sergilediği kanaatine ulaşmakla birlikte boyutsal değişim ile birlikte daha farklı sektörlerdeki boyutsal çeşitliliğe ait alternatifler için yüzey değişimleri etkilerinin araştırılmasının değerlendirilebileceği kanaatine varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Ahmed, M., Khan, Z., & Shah, S. (2020). Effects of hydrostatic lubrication on grinding process and surface finish. *Journal of Manufacturing Processes*, 54, 157–168.
- Al-Otoom, A., Al-Najjar, B., & Al-Kharabsheh, A. (2019). Hydrostatic lubrication and its impact on grinding performance: A review. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 101(5), 1683–1698.
- DIN EN 10049:2013. Measurement of roughness average Ra and peak count R_{Pc} on metallic flat products. Deutsches Institut für Normung.
- Dhar, S., & Jain, A. (2016). Effect of grinding wheel types on surface roughness and dimensional accuracy. *Materials and Manufacturing Processes*, 31(9), 1150–1157.
- Ghosh, M., Mitra, S., & Bandyopadhyay, S. (2017). Grinding wheel wear in hydrostatic lubrication: Effect on surface finish and precision. *Journal of Materials Processing Technology*, 240, 1–9.
- Huang, S., Li, H., & Wang, H. (2019). Optimization of hydrostatic lubrication parameters for improved grinding performance. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 135, 27–37.
- ISO 1302:2002. Indication of surface texture in technical product documentation. International Organization for Standardization.
- ISO 4287:1997. Geometrical Product Specifications (GPS) — Surface texture: Profile method — Terms, definitions and surface texture parameters. International Organization for Standardization.
- Jain, R., & Yadav, P. (2018). Optimization of grinding parameters using hydrostatic lubrication systems. *Journal of Materials Science*, 53(7), 4923–4935.
- Kapoor, A., & Mehta, R. (2017). Effect of grinding wheel material on the grinding process under hydrostatic lubrication. *Materials Today: Proceedings*, 4(6), 14752–14757.
- Kim, Y., & Zhang, X. (2021). Precision grinding with hydrostatic lubrication for improved surface finish. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 143(1), 011009.
- Li, Z., Zhang, X., & Xu, S. (2020). Effects of hydrostatic lubrication on grinding performance and surface quality. *Journal of Materials Processing Technology*, 281, 116678.
- Malkin, S., & Guo, C. (2008). *Grinding Technology: Theory and Applications of Machining with Abrasives* (2nd ed.). Industrial Press.
- Marinescu, I. D., Hitchiner, M., Uhlmann, E., Rowe, W. B., & Inasaki, I. (2006). *Handbook of Machining with Grinding Wheels*. CRC Press.

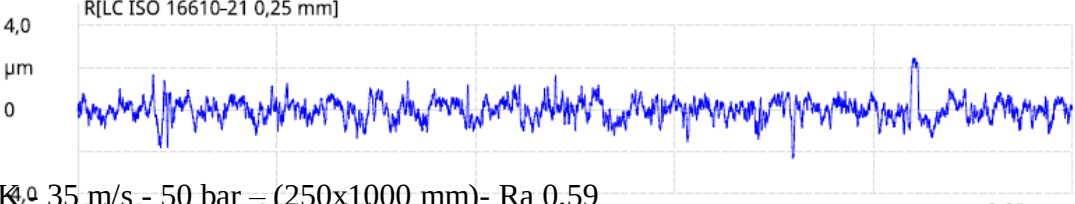
- Patel, P., & Desai, A. (2020). Grinding performance under hydrostatic lubrication: A study of surface roughness and wear rate. *Procedia CIRP*, 92, 275–280.
- Patil, P., & Deshmukh, S. (2020). Influence of grinding parameters on surface finish using hydrostatic lubrication. *Procedia Manufacturing*, 48, 263–268.
- Rao, R., & Suresh, S. (2018). Analysis of grinding parameters and their effect on surface roughness. *Journal of Materials Processing Technology*, 254, 190–199.
- Sharma, N., Yadav, A., & Meena, M. (2019). Improvement in grinding efficiency using hydrostatic lubrication. *Materials and Design*, 165, 107596.
- Singh, R., & Sharma, R. (2021). Multi-parameter optimization in grinding process: Hydrostatic lubrication effect. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 112(3), 859–872.
- Srirattayawong, K., & Gao, J. (2013). Numerical investigation of surface roughness in grinding considering elastohydrodynamic lubrication. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 68, 1–10.
- Tiwari, R., Soni, P., & Raj, D. (2015). Effect of lubrication pressure on grinding efficiency and surface finish. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 89, 39–48.
- Vidhyadharan, M., & Deepak, A. (2017). Study of grinding wheel types for surface finish and material removal rate. *Procedia CIRP*, 59, 152–157.
- Wang, Y., Chen, H., & Zhou, Z. (2017). Study on surface finish and grinding forces in hydrostatic lubrication systems. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 18(3), 317–325.
- Yin, X., Zhang, Y., & Liu, H. (2022). Effects of grinding wheel types on grinding performance. *Journal of Manufacturing Processes*, 75, 210–220.
- Zhao, J., Li, M., & Zhou, Z. (2020). Improvement in grinding efficiency with hydrostatic lubrication. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 142(2), 021007..

EKLER**EK-1**

SCG - 35 m/s - 60 bar – (250x1000 mm)- Ra 0,31

Mahr		MarSurf PS 10 3.20-23	
Oluşturma tarihi:	04.04.2025 09.46	Lt:	4,8 mm
Cihaz:	16:55 MarSurf PS 10	Ls:	2,5 µm
Prob:	(8897)	VB:	±0,0 µm
		Vt:	1,0 mm/s
		Noktalar:	9600
R[LC ISO 16610-21 0,8 mm]  Dik 1,0 µm/böl; Yat 0,8 mm/böl; 4,0 mm			
R[LC ISO 16610-21 0,8 mm]			
Ra		0,317 µm	
Rz		2,525 µm	

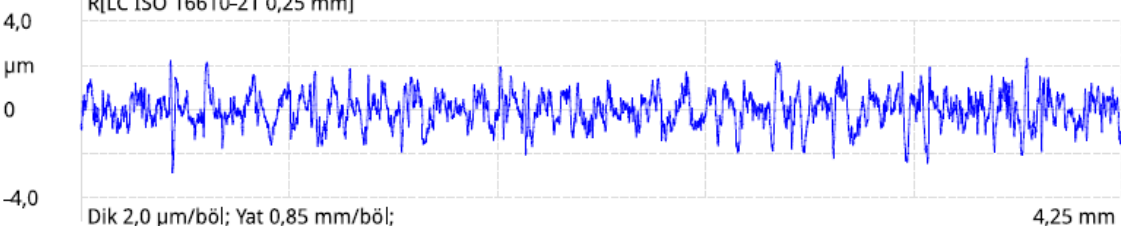
SCG - 25 m/s - 60 bar – (250x1000 mm)- Ra 0,38

Mahr		MarSurf PS 10 3.20-23	
Oluşturma tarihi:	09.04.2025 14.19	Lt:	4,1 mm
Cihaz:	MarSurf PS 10 (8897)	Ls:	2,5 µm
Prob:		VB:	±0,0 µm
		Vt:	1,0 mm/s
		Noktalar:	8200
R[LC ISO 16610-21 0,25 mm]  Dik 2,0 µm/böl; Yat 0,25 mm/böl; 3,85 mm			
R[LC ISO 16610-21 0,25 mm]			
Ra		0,384 µm	
Rz		3,198 µm	

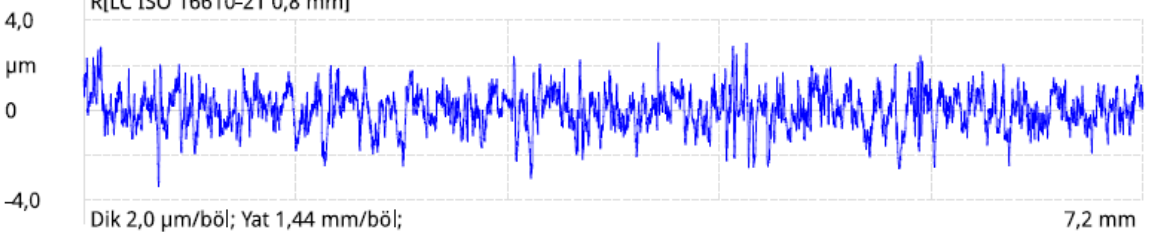
NK - 35 m/s - 50 bar – (250x1000 mm)- Ra 0,59

Mahr		MarSurf PS 10 3.20-23	
Oluşturma tarihi:	14.04.2025 08.49	Lt:	5,0 mm
Cihaz:	MarSurf PS 10 (8897)	Ls:	2,5 μ m
Prob:		VB:	$\pm 0,0$ μ m
		Vt:	1,0 mm/s
		Noktalar:	10000
R[LC ISO 16610-21 0,8 mm]  Dik 2,0 μm/böl; Yat 0,84 mm/böl;			
R[LC ISO 16610-21 0,8 mm]			
Ra		0,592 μ m	
Rz		4,251 μ m	

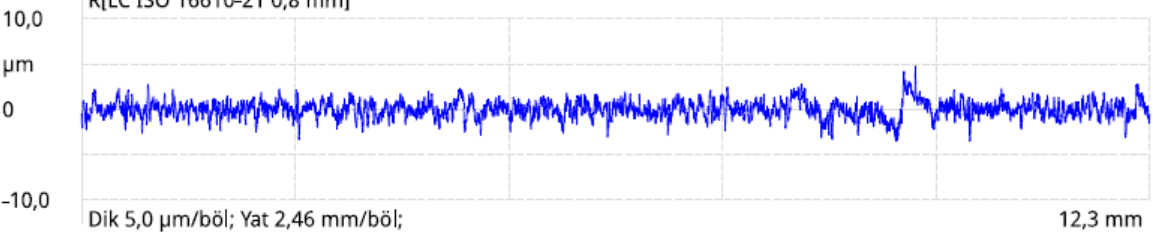
NK - 30 m/s - 60 bar – (250x1000 mm)- Ra 0,58

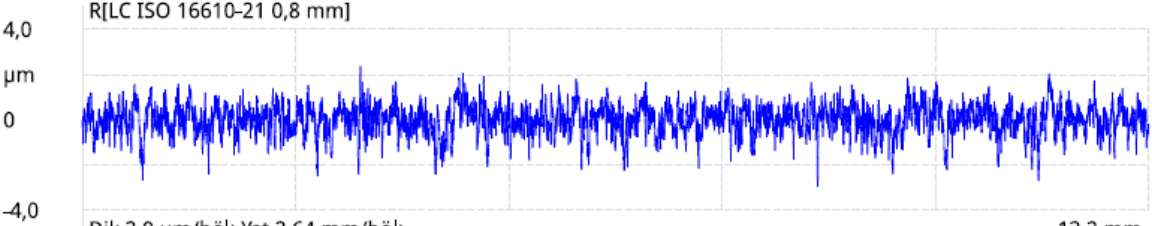
Mahr		MarSurf PS 10 3.20-23	
Oluşturma tarihi:	16.04.025 15.35	Lt:	4,5 mm
Cihaz:	MarSurf PS 10 (8897)	Ls:	2,5 μ m
Prob:		VB:	$\pm 0,0$ μ m
		Vt:	1,0 mm/s
		Noktalar:	9000
R[LC ISO 16610-21 0,25 mm]  Dik 2,0 μm/böl; Yat 0,85 mm/böl;			
R[LC ISO 16610-21 0,25 mm]			
Ra		0,587 μ m	
Rz		4,445 μ m	

NK - 30 m/s - 50 bar – (250x1000 mm)- Ra 0,65

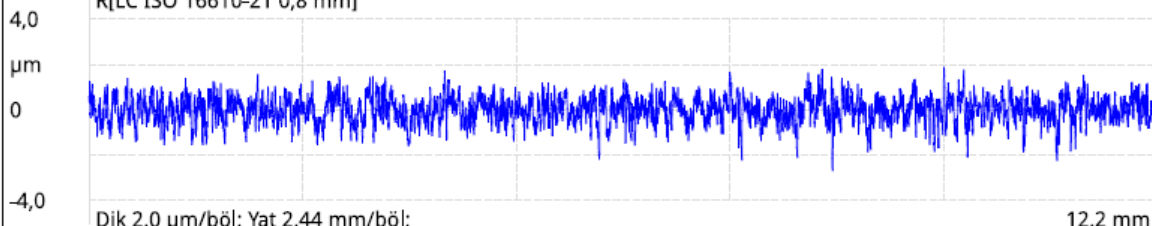
Mahr		MarSurf PS 10 3.20-23	
Oluşturma tarihi:	21.04.2025 10.52	Lt:	8,0 mm
Cihaz:	MarSurf PS 10 (8897)	Ls:	2,5 μ m
Prob:		VB:	$\pm 0,0$ μ m
		Vt:	1,0 mm/s
		Noktalar:	16000
R[LC ISO 16610-21 0,8 mm]  Dik 2,0 μm/böl; Yat 1,44 mm/böl; 7,2 mm			
R[LC ISO 16610-21 0,8 mm]			
Ra		0,655 μ m	
Rz		5,361 μ m	

NK - 25 m/s - 50 bar – (250x1000 mm)- Ra 0,70

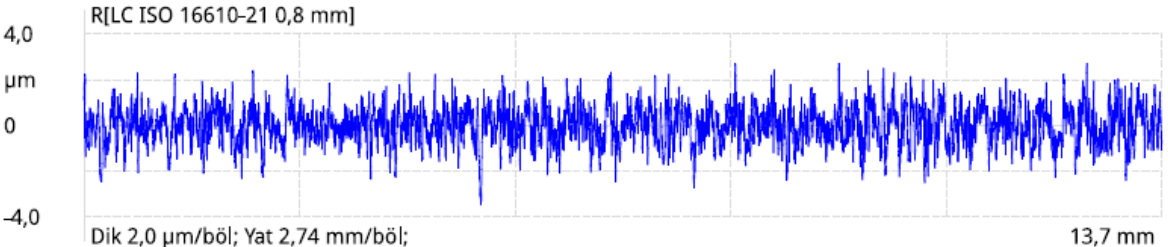
Mahr		MarSurf PS 10 3.20-23	
Oluşturma tarihi:	28.04.2025 14.14	Lt:	13,1 mm
Cihaz:	MarSurf PS 10 (8897)	Ls:	2,5 μm
Prob:		VB:	±0,0 μm
		Vt:	1,0 mm/s
		Noktalar:	26200
R[LC ISO 16610-21 0,8 mm]  Dik 5,0 μm/böl; Yat 2,46 mm/böl; 12,3 mm			
R[LC ISO 16610-21 0,8 mm]			
Ra		0,709 μm	
Rz		6,080 μm	
NK - 35 m/s - 60 bar – (250x1000 mm)- Ra 0,49			

Mahr		MarSurf PS 10 3.20-23	
Oluşturma tarihi:	05.05.2025 15.41	Lt:	14,0 mm
Cihaz:	MarSurf PS 10 (8897)	Ls:	2,5 μm
Prob:		VB:	$\pm 0,0 \mu\text{m}$
		Vt:	1,0 mm/s
		Noktalar:	28000
R[LC ISO 16610-21 0,8 mm]  13,2 mm			
R[LC ISO 16610-21 0,8 mm]			
Ra		0,495 μm	
Rz		4,511 μm	

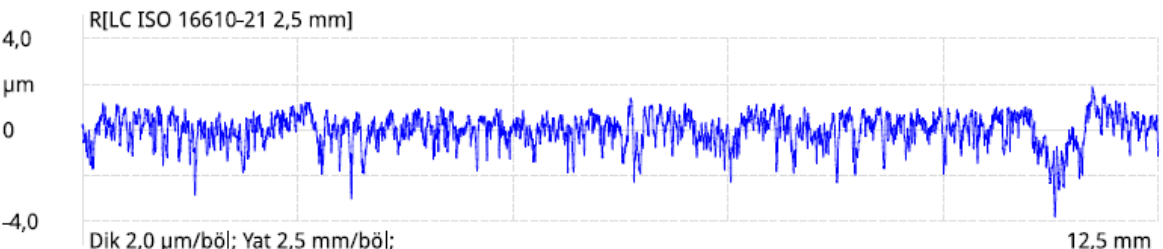
SCG - 25 m/s - 50 bar – (250x1000 mm)- Ra 0,44

Mahr		MarSurf PS 10 3.20-23	
Oluşturma tarihi:	07.05.2025 16.25	Lt:	13,0 mm
Cihaz:	MarSurf PS 10 (8897)	Ls:	2,5 μm
Prob:		VB:	$\pm 0,0 \mu\text{m}$
		Vt:	1,0 mm/s
		Noktalar:	26000
R[LC ISO 16610-21 0,8 mm]  12,2 mm			
R[LC ISO 16610-21 0,8 mm]			
Ra		0,439 μm	
Rz		3,701 μm	

NK - 30 m/s - 55 bar – (250x1000 mm)- Ra 0,62

Mahr		MarSurf PS 10 3.20-23	
Oluşturma tarihi:	20.05.2025 13.26	Lt:	14,5 mm
Cihaz:	MarSurf PS 10 (8897)	Ls:	2,5 µm
Prob:		VB:	±0,0 µm
		Vt:	1,0 mm/s
		Noktalar:	29000
			
R[LC ISO 16610-21 0,8 mm]			
Ra		0,625 µm	
Rz		5,185 µm	

NK - 35 m/s - 55 bar – (250x1000 mm)- Ra 0,52

Mahr		MarSurf PS 10 3.20-23	
Oluşturma tarihi:	29.05.2025 16.32	Lt:	15,0 mm
Cihaz:	MarSurf PS 10 (8897)	Ls:	8,0 µm
Prob:		VB:	±0,0 µm
		Vt:	1,0 mm/s
		Noktalar:	30000
			
R[LC ISO 16610-21 2,5 mm]			
Ra		0,519 µm	
Rz		4,190 µm	

NK - 25 m/s - 55 bar – (250x1000 mm)- Ra 0,66

Mahr		MarSurf PS 10 3.20-23	
Oluşturma tarihi:	27.05.2025 14.37	Lt:	15,0 mm
Cihaz:	MarSurf PS 10 (8897)	Ls:	8,0 mm
Prob:		VB:	±0,0 µm
		Vt:	1,0 mm/s
		Noktalar:	30000
R[LC ISO 16610-21 2,5 mm] Dik 2,0 µm/böl; Yat 2,5 mm/böl; 12,5 mm			
R[LC ISO 16610-21 2,5 mm]			
Ra		0,660 µm	
Rz		4,910 µm	

NK - 25 m/s - 60 bar – (250x1000 mm)- Ra 0,63

Mahr		MarSurf PS 10 3.20-23	
Oluşturma tarihi:	04.06.2025 11.15	Lt:	15,0 mm
Cihaz:	MarSurf PS 10 (8897)	Ls:	8,0 mm
Prob:		VB:	±0,0 µm
		Vt:	1,0 mm/s
		Noktalar:	30000
R[LC ISO 16610-21 2,5 mm] Dik 2,0 µm/böl; Yat 2,5 mm/böl; 12,5 mm			
R[LC ISO 16610-21 2,5 mm]			
Ra		0,633 µm	
Rz		4,583 µm	

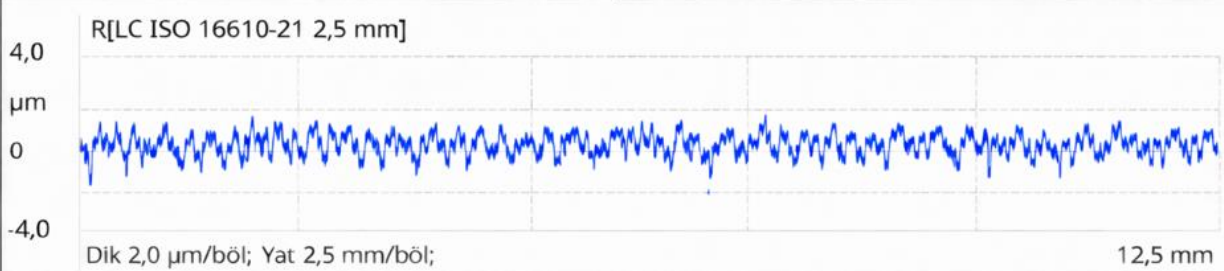
SCG - 30 m/s - 50 bar – (250x1000 mm)- Ra 0,39

Mahr		MarSurf PS 10 3.20-23	
Oluşturma tarihi:	28.05.2025 10.42	Lt:	15,0 mm
Cihaz:	MarSurf PS 10 (8897)	Ls:	8,0 mm
Prob:		VB:	$\pm 0,0 \mu\text{m}$
		Vt:	1,0 mm/s
		Noktalar:	30000
			
R[LC ISO 16610-21 2,5 mm]			
Ra		0,390 μm	
Rz		3,562 μm	

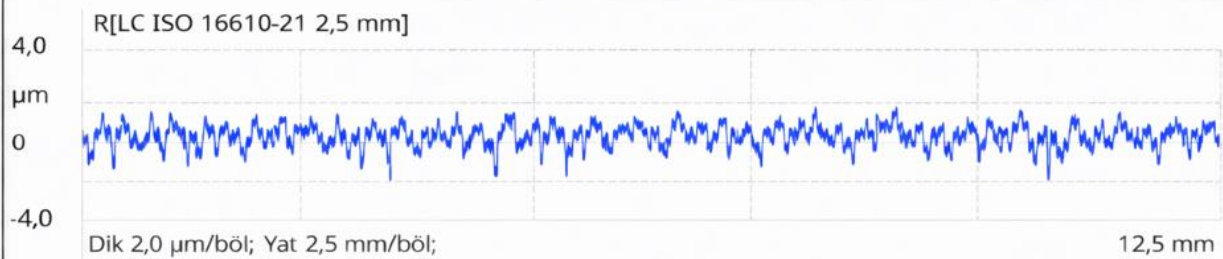
SCG - 35 m/s - 50 bar – (250x1000 mm)- Ra 0,34

Mahr		MarSurf PS 10 3.20-23	
Oluşturma tarihi:	03.06.2025 17.18	Lt:	15,0 mm
Cihaz:	MarSurf PS 10 (8897)	Ls:	8,0 mm
Prob:		VB:	$\pm 0,0 \mu\text{m}$
		Vt:	1,0 mm/s
		Noktalar:	30000
			
R[LC ISO 16610-21 2,5 mm]			
Ra		0,344 μm	
Rz		3,321 μm	

SCG - 25 m/s - 55 bar – (250x1000 mm)- Ra 0,42

		MarSurf PS 10 3.20-23	
Oluşturma tarihi:	05.06.2025 16.43	Lt:	15,0 mm
Cihaz:	MarSurf PS 10 (8897)	Ls:	8,0 mm
Prob:		VB:	$\pm 0,0 \mu\text{m}$
		Vt:	1,0 mm/s
		Noktalar:	30000
			
R[LC ISO 16610-21 2,5 mm]			
Ra		0,425 μm	
Rz		3,823 μm	

SCG - 30 m/s - 55 bar – (250x1000 mm)- Ra 0,38

		MarSurf PS 10 3.20-23	
Oluşturma tarihi:	10.06.2025 09.12	Lt:	15,0 mm
Cihaz:	MarSurf PS 10 (8897)	Ls:	8,0 mm
Prob:		VB:	$\pm 0,0 \mu\text{m}$
		Vt:	1,0 mm/s
		Noktalar:	30000
			
R[LC ISO 16610-21 2,5 mm]			
Ra		0,385 μm	
Rz		3,581 μm	

SCG - 35 m/s - 55 bar – (250x1000 mm)- Ra 0,36

Mahr		MarSurf PS 10 3.20-23	
Olusturma tarihi:	12.06.2025 11.25	Lt:	15,0 mm
Cihaz:	MarSurf PS 10 (8897)	Ls:	8,0 mm
Prob:		VB:	±0,0 µm
		Vt:	1,0 mm/s
		Noktalar:	30000
R[LC ISO 16610-21 2,5 mm] Dik 2,0 µm/böl; Yat 2,5 mm/böl; 12,5 mm			
R[LC ISO 16610-21 2,5 mm]			
Ra		0,362 µm	
Rz		3,478 µm	

SCG - 30 m/s - 60 bar – (250x1000 mm)- Ra 0,35

Mahr		MarSurf PS 10 3.20-23	
Olusturma tarihi:	13.06.2025 09.57	Lt:	15,0 mm
Cihaz:	MarSurf PS 10 (8897)	Ls:	8,0 mm
Prob:		VB:	±0,0 µm
		Vt:	1,0 mm/s
		Noktalar:	30000
R[LC ISO 16610-21 2,5 mm] Dik 2,0 µm/böl; Yat 2,5 mm/böl; 12,5 mm			
R[LC ISO 16610-21 2,5 mm]			
Ra		0,353 µm	
Rz		3,487 µm	