



**MANYETİK AŞINDIRICILARLA DÜZLEM
YÜZEYLERİN İŞLENEBİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

Tuba DEMİREL

151143109

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Anabilim Dalı: Makina Mühendisliği Teknolojileri Programı

Programı: Konstrüksiyon ve İmalat (Tezli YL)

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ulaş ÇAYDAŞ (F.Ü)

ELAZIĞ - 2017

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**MANYETİK AŞINDIRICILARLA DÜZLEM YÜZEYLERİN
İŞLENEBİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tuba DEMİREL

151143109

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ulaş ÇAYDAŞ (F.Ü)

Anabilim Dalı: Makina Mühendisliği Teknolojileri Programı

Programı : Konstrüksiyon ve İmalat (Tezli YL)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 13 Eylül 2017

EYLÜL - 2017

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MANYETİK AŞINDIRICILARLA DÜZLEM YÜZEYLERİN
İŞLENEBİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tuba DEMİREL

151143109

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 13 Eylül 2017

Tezin Savunulduğu Tarih: 29 Eylül 2017

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ulaş ÇAYDAŞ (Fırat Üniversitesi)

Diğer Jüri Üyeleri: Yrd. Doç. Dr. Faruk KARACA (Fırat Üniversitesi)

Yrd. Doç. Dr. Zülküf DEMİR (Batman Üniversitesi)

EYLÜL - 2017

ÖNSÖZ

Tez çalışması sürecinde bilgi birikimiyle bana yol gösteren değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Ulaş ÇAYDAŞ'a teşekkür ederim. Metalurji ve malzeme mühendisliği bölümünde sayın Prof. Dr. Niyazi ÖZDEMİR' e ve Arş. Gör. Oktay YİĞİT' e tez çalışmasına bilgi birikimleri ve numune mikroskop görüntülerinin çekilmesinde sağladıkları katkılarından dolayı teşekkür ederim. Fırat Üniversitesi Fen ve Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümündeki reflektans deneyi ölçümünde bana yardımcı olan sayın Uzman Ayşegül DERE' ye de teşekkür ederim. Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri FÜBAP yönetimi tarafından maddi olarak desteklenen projemize katkıda bulunanlara da teşekkür ederim. Son olarak dualarını ve desteklerini hiçbir zaman benden esirgemeyen anneciğim ve babacığma da sonsuz teşekkür ederim.

Tuba DEMİREL
ELAZIĞ - 2017

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
Tablo Listesi.....	IX
Şekil Listesi.....	X
Kısaltmalar Listesi.....	XII
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
3. MANYETİK AŞINDIRICILAR İLE İŞLEME YÖNTEMİ	12
3.1. Aşındırıcı Tozların Özellikleri.....	14
3.1.1. Elmas Tozu	14
3.1.2. Alümina / Aliminyum Oksit	14
3.1.3. Silisyum Karbür.....	15
3.1.4. Bor Nitrür	15
3.1.5. Bor Karbür.....	16
3.1.6. Silisyum Oksit / Silisyum Dioksit	16
4. DENEYSEL ÇALIŞMA.....	18
4.1. Deneysel Tasarım ve Planlama.....	18
4.2. Düzlem Yüzeylerde Manyetik Aşındırıcı İşleme Yöntemi Deneyleri	19
4.2.1. Deneylerde İşlenecek AISI 304 Paslanmaz Çelik	20
4.2.2. Deney Düzenekinin Kurulumu	21
4.2.2.1. Kalıp Tasarımı ve Kalıbın Tezgaha Bağlanma Aşaması.....	21
4.2.2.2. İşleme Plakasının Sac Bağlama Kalıbına Bağlanması	23
4.2.2.3. Deneylerde Kullanılacak Tutucu Aparatın Tasarlanması.....	26
4.2.2.4. Deney Aparatının İmal Edilmesi	26
4.3. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazı.....	30
4.4. Deneylerde Manyetik Aşındırıcı Toz Oranlarının Belirlenmesi İşlemi	31
4.5. Deneylerde Seviye Değişkenlerinin Belirlenmesi İşlemi	31

4.6. Deneylerde Kullanılan Manyetik Aşındırıcı Toz Boyutlarının ve Mıknatıs Sayılarının Belirlenmesi İşlemi	33
4.7. Numune Kesimi.....	33
4.8. Metalografik İnceleme.....	34
5. DENEYSEL SONUÇLAR	35
5.1. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Sonuçları	35
5.2. TS 2040' a göre Yüzey İyileşme	44
5.3. Metalografik Sonuçlar	46
5.4. Reflektans Ölçüm Sonuçları.....	52
5.5. Dokuz Deney Numunesinin Reflektans İnceleme Sonuçları	63
6. GENEL SONUÇLAR.....	66
7. ÖNERİLER	67
8. KAYNAKLAR	68
9. EKLER	71
ÖZGEÇMİŞ	73

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MANYETİK AŞINDIRICILARLA DÜZLEM YÜZEYLERİN İŞLENEBİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Tuba DEMİREL

Fırat Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

2017

Gelişen teknolojiyle birlikte hassas ürünlerin işlenmesinde kullanılan yöntemler giderek artmaktadır. Havacılık, uzay, elektronik ve medikal endüstrileri için yeni yüzey işleme yöntemleri geliştirilmektedir. Manyetik aşındırıcılarla işleme (MAİ), işlenen bölgede manyetik alan yardımıyla tutulan aşındırıcı ve manyetik tozlar yardımıyla talaş kaldıran yeni bir imalat yöntemidir. Bu yöntem ile talaşlı işlenen malzemelerde oldukça yüksek kalitede yüzeyler elde edilmektedir. Yüzeyden kaldırılan talaşların boyutları mikron büyüklüğünde olduğundan diğer talaşlı imalat yöntemlerine göre işlenen yüzeyde daha az hasar meydana gelir. Manyetik aşındırıcı toz ile İşleme yöntemi, karmaşık geometriye sahip iç yüzeyleri çok uzun ve genişliği çok az olan parçaların yüzeylerinin işlenmesinde kullanılabilecek bir yöntemdir. Bu parçalara, hassas miller, seramik yüzeyler, taşların ulaşamayacağı kıvrık yüzeyler örnek gösterilebilir. Manyetik toz olarak genellikle demir tozu (Fe_2O_3) seçilirken aşındırıcı olarak silisyum karbür (SiC), alüminyum oksit (Al_2O_3) tozları kullanılır. İşlem süresi, aşındırıcı miktarı ve sistemin devir sayısı, mıknatıs sayısı parametrelerine bağlı olarak en uygun şartlar araştırılmıştır. İşleme zamanı 60 dakika olarak sabit tuttuk devir sayısı 500 devir / dakika, mıknatısların iş plakasına uzaklığı 4 mm, mıknatıs sayısı 4-8-12 adet alındı. Toz oranları $50\ \mu m - 100\ \mu m - 150\ \mu m$ alındı. Toz ağırlıkları Fe_2O_3 tozu 55 gram, SiC tozu 20 gram, Al_2O_3 tozu 20 gram, SAE 30 yağlayıcı 2.5 gram, Gliserin 2.5 gram alındı.

Anahtar kelimeler: Manyetik aşındırıcı, Yüzey işleme, Yüzey pürüzlülüğü, Yüzey kalitesi, Parlatma, Mikro işleme

SUMMARY

Thesis of Master

INVESTIGATION OF FLAT SURFACES WITH MAGNETIC ABRASIVE ASSISTED FINISHING PROCESS

Tuba DEMİREL

Firat University

Graduate School of Natural and Applied Science

2017

With the developing technology, the methods used in the processing of sensitive products are increasing. New surface treatment methods are being developed for aerospace, electronics and medical industries. Machining with magnetic abrasives (MAI) is a new manufacturing method that uses sawdust to remove chips by abrasive and magnetic powders, which are held by the magnetic field in the machined zone. With this method, very high quality finishes are obtained in the machined materials. Since the size of the shavings removed from the surface is micron size, less damage occurs on the surface treated than other machining methods. Machining with magnetic abrasive powder is a method that can be used to process surfaces of parts with complex geometries that are very long and very small in width. These pieces, fine millers, ceramic surfaces, curved surfaces that stones can not reach are examples. While iron dust is generally selected as magnetic powder, silicon carbide (SiC), aluminum oxide powder is used as abrasive. The optimum conditions were investigated depending on the process time, the amount of abrasive and the number of revolutions of the system, the number of magnets. The machining time was 60 minutes, the fixed number of revolutions of the seat was 500 rpm, the distance to the work plate of the magnets was 4 mm, and the number of magnets was 4-8-12. Powder ratios were taken from 50 μm - 100 μm - 150 μm . The powder weights were 55 grams of Fe_2O_3 powder, 20 grams of SiC powder, 20 grams of Al_2O_3 powder, 2.5 grams of SAE 30 lubricant, 2.5 grams of glycerin.

Keywords : Magnetic Abrasives, Finishing, Surface Roughness, Surface quality, Polishing, Micro Machining

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Manyetik aşındırıcılar ile işleme parametreleri	8
Tablo 4.1. 304 L malzemesinin mekanik özellikleri analiz sonuçları	20
Tablo 4.2. AISI 304 L Çeliğin kimyasal (spektro) % analiz sonuçları.....	21
Tablo 4.3. Yapılan dokuz deneyde sabit olan toz karışım oranı değerleri	31
Tablo 4.4. Yapılan dokuz deneyde ki değişken seviyeleri	32
Tablo 4.5. Yapılan dokuz deneyde sabit olan toz karışım miktarı değerleri	32
Tablo 4.6. Yapılan dokuz deneyde değişken olan toz tane boyutu ve mıknatıs sayısı	33
Tablo 5.1. Her bir deneydeki işlenen plakanın işlem öncesi ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinin bulunması	36
Tablo 5.2. Her bir deneydeki işlenen plakanın işlem sonrası ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinin bulunması	36
Tablo 5.3. İyileştirme oranı değerleri	37
Tablo 5.4. Yapılan deneylere ait değişken seviyelerinin gösterimi	37
Tablo 5.5. Taguchi yöntemi ile parametrelerin iyileşme oranı üzerindeki etkisi	38
Tablo 5.6. TS 2040' a göre yüzey işleme sembolleri	45

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1. Aşındırıcı tanelerin işlevleri (a) Kesme (b) Ezme (c) Ovalama	13
Şekil 4.1. Polietilenden yapılan bağlama kalıbının alttan görünüşü	22
Şekil 4.2. (a) Polietilenden yapılan bağlama kalıbının üstten görünüşü (b) Polietilenden yapılan bağlama kalıbının soldan görünüşü	23
Şekil 4.3. Su terazisi ile paralellik ölçümü	24
Şekil 4.4. Deneylerde kullanılan cnc freze tezgahındaki deneyin kurulumu	25
Şekil 4.5. (a) Deneylerde kullanılacak tutucu aparatın alt kısmının gösterimi (b) Deneylerde kullanılacak aparatın CNC frezeye bağlanmasının gösterimi	26
Şekil 4.6. Deney aparatının gösterimi	28
Şekil 4.7. Dört tane mıknatıs sayısına sahip tutucu aparat	28
Şekil 4.8. Sekiz tane mıknatıs sayısına sahip tutucu aparat	29
Şekil 4.9. On iki tane mıknatıs sayısına sahip tutucu aparat	30
Şekil 4.10. Mitutoyo Surftest – 211 cihazı ile yüzey pürüzlülük ölçümü	30
Şekil 4.11. Numune fotoğrafı	33
Şekil 4.12. ECLIPSE MA200 optik mikroskobu	34
Şekil 5.1. Taguchi deneysel tasarım yöntemi ile MATLAB’ da oluşturulan grafikler	38
Şekil 5.2. MINITAB’ da oluşturulan parametre grafiklerin gösterimi	39
Şekil 5.3. Deneylerde kullanılan mıknatıs sayılarına göre sütun grafiği	40
Şekil 5.4. Deneylerde kullanılan demir oksit tozunun boyutuna göre sütun grafiği	41
Şekil 5.5. Deneylerde kullanılan alüminyum oksit tozunun boyutuna göre sütun grafiği ..	42
Şekil 5.6. Silisyum karbür tozunun boyutuna göre sütun grafiği	43
Şekil 5.7. MINITAB ile oluşturulan yüzde iyileşme oranı çizgi grafiği	44
Şekil 5.8. Birinci numunenin işlenmiş yüzeyinin 100x oranında büyütme görüntüsü	46
Şekil 5.9. İkinci numunenin işlenmiş yüzeyinin 100x oranında büyütme görüntüsü	47
Şekil 5.10. Üçüncü numunenin işlenmiş yüzeyinin 100x oranında büyütme görüntüsü	47
Şekil 5.11. Dördüncü numunenin işlenmiş yüzeyinin 100x oranında büyütme görüntüsü ..	48
Şekil 5.12. Beşinci numunenin işlenmiş yüzeyinin 100x oranında büyütme görüntüsü	48
Şekil 5.13. Altıncı numunenin işlenmiş yüzeyinin 100x oranında büyütme görüntüsü	49

Şekil 5.14. Yedinci numunenin işlenmiş yüzeyinin 100x oranında büyütme görüntüsü	49
Şekil 5.15. Sekizinci numunenin işlenmiş yüzeyinin 100x oranında büyütme görüntüsü..	50
Şekil 5.16. Dokuzuncu numunenin işlenmiş yüzeyinin 100x büyütme görüntüsü	51
Şekil 5.17. Ortalama yüzey pürüzlülük değerinin çizgi dağılım grafiği	52
Şekil 5.18. Yüzeye göre yansıyan ışınların dağılımı (a) Düz yüzeyde yansıma (b) Pürüzlü yüzeyde dağınık yansıma	53
Şekil 5.19. UV-3600 Spektrofotometre cihazı	53
Şekil 5.20. Birinci numunenin dalga boyu ile % reflektans değer çizgi grafiği.....	54
Şekil 5.21. İkinci numunenin dalga boyu ile % reflektans değer çizgi grafiği	55
Şekil 5.22. Üçüncü numunenin dalga boyu ile % reflektans değer çizgi grafiği	56
Şekil 5.23. Dördüncü numunenin dalga boyu ile % reflektans değer çizgi grafiği.....	57
Şekil 5.24. Beşinci numunenin dalga boyu ile % reflektans değer çizgi grafiği.....	58
Şekil 5.25. Altıncı numunenin dalga boyu ile % reflektans değer çizgi grafiği.....	59
Şekil 5.26. Yedinci numunenin dalga boyu ile % reflektans değer çizgi grafiği.....	60
Şekil 5.27. Sekizinci numunenin dalga boyu ile % reflektans değer çizgi grafiği.....	61
Şekil 5.28. Dokuzuncu numunenin dalga boyu ile % reflektans değer çizgi grafiği	62
Şekil 5.29. Dokuz deney reflektans inceleme sonuç çizgi grafiği.....	63
Şekil 5.30. MINITAB ile oluşturulan ortalama reflektans etki grafikleri.....	65

KISALTMALAR LİSTESİ

İ.O : İyileşme oranı

MAF: Manyetik aşındırıcı ile işleme

MAİ: Manyetik aşındırıcı ile işleme

MAP: Manyetik aşındırıcı ile işleme



1. GİRİŞ

Günümüzde mikro boyutta talaşlı işleme yöntemiyle hassas ve küçük boyutlu parçalarının imalatı yüksek hızda, doğru ve tam istenilen boyutlarda elde edilmektedir. Uzay, uçak, elektronik ve medikal endüstri alanlarındaki teknolojik ihtiyacı karşılamak amacıyla hassas yüzey işleme yöntemleri geliştirilmektedir. Manyetik aşındırıcılar işleme (MAİ) yöntemi, işleme bölgesine uygulanan manyetik alan altında yüzeyden malzeme aşındırarak işleme ve parlatma yapan bir yöntemdir. Ferromanyetik özelliğe sahip aşındırıcı parçacıkların manyetik kuvvet etkisi ile iş parçası yüzeyi üzerinde hareket etmesi ve manyetik aşındırıcı tozların parlatma işleminde kullanılması ilkesine dayanır. Özel uygulamalarda kullanılır. Manyetik aşındırıcılar işleme (MAİ) yöntemi, geleneksel talaş kaldırma işlemlerinin kullanılmadığı bir yöntemidir. Bu yöntemde keskin bir kesici takım kullanılmaz. Tornalama, delik delme, frezeleme, taşlama vb. talaşlı imalat yöntemleri geleneksel talaş kaldırma yöntemleri olarak adlandırılır. Geleneksel yöntemlerin işlemlerinde torna kalem, freze bıçağı, taşlama taşı vb. kesici takımlar kullanılarak iş parçasından talaş kaldırma işlemi yapılır. İşleminde uygulanan mekanik kuvvet etkisi ile iş parçasının içinde kayma gerilmeleri meydana gelir ve iş parçası üzerinden talaş kaldırılır. Talaşlı İmalat yöntemlerinin tamamında iş parçasının üzerinden talaş kaldırma işlemi sırasında fiziksel bir temas vardır. Akma gerilmesi yüksek olan malzemelerin geleneksel yöntemlerle işlenmesinde bazı önemli sorunlar ile karşılaşılabilir. Bu sorunların çözümü için çok pahalı ve özel takımlar gerekebilir. Takım ile malzeme arasındaki fiziksel temas uygulanma zorunluluğundan dolayı takım boyutlarının çok küçük olması mümkün değildir. Geleneksel talaşlı işleme yöntemleri daha çok orta boyutlu işler için uygundur. Geleneksel talaşlı imalat yöntemlerinde takım aşınması kaçınılmazdır. Takım malzemesi, iş malzemesinden daha sert olması şart iş malzemelerinin talaşlı işlenebilirliğini sınırlar. Yüksek dayanımlı malzemeler için yüksek kesme kuvvetleri gerekir. İşleme hızı malzeme dayanımı ile ters orantılıdır. Kesme bölgesinde oluşan talaşlı işleme operasyonlarında kesme hızını sınırlar. Küçük boyutlu kesici takımların imalatı ve elde edilmesi mümkün değildir. Bu da talaşlı işlenecek iş parçalarının boyutlarını sınırlar. Bu nedenle küçük boyutlu parçaların geleneksel talaşlı işleme yöntemleri ile işlenmesi zor ya da imkansızdır.

Erden ve Cerit, gelişen teknolojik istemler sonucu, mühendisleri daha yeni imalat yöntemlerine yönelttiler. Özellikle 2. Dünya Savaşını izleyen yıllarda bu konuda yoğun çaba harcandı ve ilk geleneksel olmayan yöntemler 1950-1970 yılları arasında ortaya çıktı. Özellikle elektronik ve bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler ve havacılık ve uzay endüstrisi alanlarındaki talepler MAİ yönteminin bugünkü konuma gelmesini sağladı. Geleneksel olmayan bir yöntem olan manyetik aşındırıcılar işleme (MAİ) yönteminin gelişmesini sağladı. Malzeme bilimindeki gelişmeler sonucunda olağanüstü özelliklere sahip malzemeler üretildi. Özellikle uzay ve havacılık alanlarında yoğun bir şekilde kullanılan bu malzemeler çok yüksek dayanımlı olduklarından geleneksel yöntemlerle işlenemez. Manyetik aşındırıcılarla işleme (MAİ) yöntemine ihtiyaç duyulur. Elektronik endüstrisinde transistörün icadı ile başlayan bir dizi yeni ürünün, geleneksel yöntemlerle yapımı mümkün olmadı. Bu amaçla yeni yöntem arayışları sonunda parça boyutlarının küçülmesi ile azalan imalat giderleri sonucu geleneksel olmayan yapım yöntemlerinden olan manyetik aşındırıcılar işleme (MAİ) yöntemine gelişme sürecinde büyük bir ihtiyaç vardır. Son yıllarda yapılan değerlendirmelere göre geleneksel olmayan yöntemlerin toplam sayısı % 70-80 dolaylarındadır. Bunlardan % 30-35 kadarı laboratuvar aşamasını geçmiş ve endüstride uygulama alanı bulabilmiştir. Diğerleri ise henüz laboratuvar aşamasında, çok özel koşullarda özel işler ve işlemler için kullanılmaktadır. Bunların bir kısmı hakkında yayınlanmış bilgi bulunmamaktadır [1].

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Günümüzde gelişen teknolojiyle birlikte hassas ürünler ve bu ürünlerin işlenmesinde kullanılan yöntemlerden beklentiler giderek artmaktadır. Özellikle havacılık, uzay, elektronik ve medikal endüstrilerinde bu ihtiyacı karşılamak için yeni yüzey işleme yöntemleri geliştirilmektedir. Manyetik aşındırıcılarla işleme (MAİ), işleme bölgesine uygulanan manyetik alan altında yüzeyden aşındırıcı ve manyetik parçacıklar yardımıyla talaş kaldıran yeni ve gelişmekte olan bir yöntemdir. Bu yöntemde oldukça yüksek seviyede yüzey kalitesi elde edilmektedir. Yöntemde iş parçası bir mıknatısın iki kutbu arasına yerleştirilir. Güç kaynağının açılmasıyla işleme boşluğunda manyetik bir alan oluşur ve bu alanın etkisiyle metal tozları çekilerek yüzeyde esnek bir takım (fırça şeklinde) oluşturulur. Bu takımın çok noktadan kesme etkisi bulunmaktadır. Yüzeyden kaldırılan talaşın boyutları miktarı mikron biriminde olduğundan diğer talaşlı imalatlara nazaran yüzeye hasar vermeden daha iyi yüzeyler üretilebilmektedir. MAİ yönteminde kesme kuvvetleri manyetik bir alan yardımıyla kontrol edildiğinden ve yüzeyde parlatma işlemini yapan aşındırıcı tozlar taşlama, honlama ve lebleme gibi geleneksel yöntemlerde olduğu gibi tek parça halinde değil esnek bir yapıdadır. Bu yüzden yüzeyde artık gerilme oluşmamakta ve mikron çatlak şeklindeki hasarlar elimine edilmektedir. Özellikle işlenmesinde karşılaşılan bu çatlaklar malzemenin mukavemetini önemli derecede azaltmaktadır. Diğer yandan MAİ yöntemi mikron veya daha küçük boyutlarda hassas yüzeyler sağlayarak hasarsız yüzeylerden dolayı başta optik, mekanik ve elektronik olmak üzere birçok alanda kullanılmaktadır. Manyetik aşındırıcı toz ile İşleme yöntemi, karmaşık şekilli ya da iç yüzeyi çok uzun ve küçük kesitli parçaların yüzeylerinin işlenmesinde kullanılabilecek bir yöntemdir. Aşındırılacak yüzeyler metalik ya da metalik olmayan bileşenler olabilmektedir. Medikal implantlar, cam, seramik, polimer ve polimer kompozit malzemeler, sertleştirilmiş çelik, paslanmaz çelik ve silikon malzemelerde nanometre düzeyinde yüzey pürüzlülüğü elde edilebiliriz. Hassas motor parçaları, miller, seramik yüzeyler, taşların ulaşamayacağı kıvrık yüzeyler bunlara örnek gösterilebilir. Yöntem ilk olarak Sovyetler Birliğinde uygulanmış ve daha sonra özellikleri Japonya da gelişerek günümüze kadar ulaşmıştır.

MAİ yöntemi günümüzde endüstri düzeyinde uygulama alanları bulmaktadır. İşlenmiş yüzeylerde çatlak veya hasarlı tabaka oluşmamakta ve karmaşık şekilli parçalar aynı yüzey kalitesinde işlenebilmektedir. Yüzeyi işleyen esnek takım ferromanyetik ve aşındırıcı parçacıkların belirli oranlarda karıştırılmalarıyla elde edilir. Karışımdaki ferromanyetik parçacıklar aşındırıcı parçacıkları baskı altında tutarak işleme bölgesine doğru nüfuz etmelerine ve yüzeyi kesmeleri sağlanır. Manyetik aşındırıcı parçacıkları hazırlamanın birçok yolu bulunmaktadır. Bunlar; homojen karıştırma metodu, sinterleme metodu, bağlama metodu, plazma, spre, lazer sinterleme metotları olarak sayılabilir. Manyetik parçacık olarak genellikle demir tozu seçilirken aşındırıcı olarak silisyum karbür (SiC), alüminyum oksit (Al_2O_3) , bor nitrür gibi parçacıklar kullanılır. Son yıllarda manyetik aşındırıcılarla işleme yöntemi üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların başlıcaları aşağıda belirtilmiştir.

V.K. Jain vd., ferromanyetik ve aşındırıcı tozlara eser miktarda yağlayıcı katarak mekanik yolla karıştırmış ve bu karışımın paslanmaz çeliklerin işlenmesinde etkilerini araştırmışlardır. Sonuç olarak talaş kaldırma miktarı ve yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkili faktörlerin işleme boşluğu ve iş parçasının çevresel hızı olduğu tespit edilmiştir [2].

Khairy, sinterlenmiş alüminyum oksit (Al_2O_3) ve demir tozları karışımının kullanarak çelik malzemelerin işlenmesinde yüzey pürüzlülüğündeki değişimi incelemiştir [3].

Hsu vd., silisyum karbür aşındırıcıları ve ferromanyetik parçacıkları SAE 30 yağlayıcıyla birlikte karıştırarak elde ettikleri karışıma silindirik dış yüzeylerin işlenmesindeki etkilerini araştırmışlardır [4].

Singh vd., mekanik olarak homojen karıştırılmış silisyum karbür ve ferromanyetik demir tozlarının yüzey kalitesi üzerindeki etkilerini deneysel olarak araştırmışlardır. Sonuç olarak yüzey pürüzlülüğündeki en önemli parametreler; Gerilim ve işleme boşluğu olarak tespit edilmiş aşındırıcıların tane boyutu ve devir sayısı diğer önemli faktörler olarak vurgulanmıştır [5].

Jayswal vd., manyetik aşındırıcılar ile işleme yönteminde yüzey pürüzlülüğünün modellenmesi ve sayısal olarak simülasyonu üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada normal manyetik kuvvetin şiddeti özellikle manyetik kutup kenar bölgelerinde yüksek olarak ölçülmüştür [6].

Singh vd., çalışmalarında manyetik aşındırıcılarla işleme yönteminde manyetik kuvvet ve yüzey kalitesi arasındaki ilişkiyi deneysel olarak incelemiştir. Sonuç olarak

elektro – mıknatısındaki manyetik alan yoğunluğunun artmasıyla yüzey pürüzlülüğünün kötüleştiği tespit edilmiştir [7].

Lin vd., SUS 304 paslanmaz çelik malzemenin MAİ yöntemiyle işlenmesinde manyetik alan yoğunluğu, devir sayısı, ilerleme miktarı, işleme aralığı, aşındırıcı cinsi ve yağlayıcı gibi faktörlerin yüzey kalitesi üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada Taguchi deneysel tasarım yöntemi kullanılmıştır. İstatiksel olarak en etkili faktörlerin işleme boşluğu ve ilerleme miktarı oldukları tespit edilmiştir [8].

Baron ve Park, yaptığı çalışmalarında kullanılan aşındırıcı hacmi, işleme yüksekliği, ilerleme hızı ve frekans gibi faktörlerin MAİ yönteminde yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada Alüminyum oksit (Al_2O_3) manyetik tozlarını % 50 oranında hidro karbon (CH_2) ilave edilmiş ve aşındırıcı kullanmamışlardır. Böylece daha kaliteli yüzeyler elde edilebilmişlerdir [9].

Seobkwak ve Kwak, MAİ yönteminde demir ve bor nitrür (BN) tozları kullanılarak magnezyum alaşımının işlenmesinde işlem parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini deneysel olarak araştırmışlardır. Çalışmada Taguchi deneysel tasarımı kullanılmış ve yöntem optimize edilmiştir [10].

Raghuram ve Joshi, paslanmaz çeliklerin parlatılmasında yüzey pürüzlülüğü için analitik bir model geliştirilmiştir. Geliştirilen model ile deney sonuçları arasında oldukça iyi bir uyumun olduğu tespit edilmiştir [11].

Jain, yaptığı çalışmasında mikro işleme yöntemini taşlama laplama ve honlamadan oluşan geleneksel işleme yöntemi ile yapılmasının zor olabileceğini ve geleneksel olmayan işleme yöntemlerinden Manyetik Aşındırıcı ile İşleme (MAF) yöntemini kullanarak işleme yapılabileceğini araştırmıştır. Manyetik alan üretici tarafından akımın değiştirilebildiği veya sabit mıknatısın çalışma aralığının değiştirilebildiği sonuç olarak uygulanan kuvvetin kontrol edilebildiği Manyetik Aşındırıcı ile İşleme yöntemlerinden oluşmaktadır [12].

Jain vd., yeni parlatma yöntemlerinde farklı malzeme yüzeylerine uygulandığında başarılı sonuçlar veren toplamda Al_2O_3 , SiC, SiO_2 , CBN, B_4C , MgO, Fe_2O_3 , elmas tozları, sinterlenmiş aşındırıcı tozlar ve saf ferromanyetik demir tozları kullanılmıştır. Manyetik aşındırıcılar ile işleme paslanmaz çelik yüzeylerde 7.6 nm, Manyetoreolojik aşındırıcı akışı işlemi 0.8 nm yüzey pürüzlülüğü elde edilebildiği açıklanmıştır [13].

Yamaguchi vd., manyetik aşındırıcı toz ile işleme yöntemi, karmaşık şekilli parçaların yüzeylerinin işlenmesinde kullanılabilecek bir yöntem olarak tanımlanmıştır. Aşındırılacak yüzeyler metalik ya da metalik olmayan (medikal implantlar, cam, seramik,

polimer ve polimer kompozit malzemeler vb.) yüzeylerden oluşmaktadır. Bu işlemde ferromanyetik ve aşındırıcı (Al_2O_3 , SiC, CBN veya elmas) toz karışımı kullanılmıştır. Karışımın içerisindeki hareketini kolaylaştırmak ve tozların birbirini tutabilmesini sağlamak için yağlayıcı sıvı kullanılması literatürde bulunmaktadır. Sürtünme kuvvetini azaltmak için de yağlayıcı sıvı kullanılmıştır. Karışımlarda kullanılan aşındırıcı ve ferromanyetik tozların boyutları, karışımdaki oranları malzemenin özelliklerine ve başlangıç yüzey şartlarına bağlı olarak seçilmektedirler [14].

Girma ve Joshi, manyetik aşındırıcılar ile yüzey işleme yönteminin en ilgi çekici özelliği manyetik alan içerisinde manyetik aşındırıcı tozların hareketi ile geleneksel tekniklerle ulaşılması zor kısımlardaki pürüzlülüklerin giderilmesini sağlamak olduğunu araştırmışlardır. Buradaki amaç da daha hassas yüzey elde etmektir. Manyetik alan etkisinde yapılan yüzey parlatma işleminde bu yeni işleme yöntemi yüzeyin iyileştirilmesine uygun bir işlem olduğu yazılmıştır. Yöntem manyetik veya manyetik olmayan düz yüzeyli malzemeler için uygundur [15].

Yamaguchi ve Shinmura, manyetik alan etkisinde yapılan yüzey parlatmanın çalışma kuralından birisi de iş plakası yüzeyinden mekanik olarak çok ince katmanda aşındırma olduğunu belirtmişlerdir. Bu yöntemde parlatmada gereken manyetik alanın büyüklüğü, manyetik karışımın oranı, iş parçasının ve aşındırıcı karışımın dönme hızı parlatma seviyelerini belirlemektedir [16].

Jha ve Jain, tutucu aparat kendi ekseninde yüksek hızda döndürülürse manyetik aşındırıcılar iş plakası yüzeyi üzerinde pürüzsüzleştirici bağlı hareket olmaktadır. Bu bağlı hareketin sonucunda da manyetik aşındırıcı tarafından iş plakası yüzeyinden malzeme kaldırılır ve yüzey daha pürüzsüz bir hale getirilir. Ayrıca, kullanılan aşındırıcı tozların boyutları, işlemin süresi, kullanılan yağlayıcının kimyasal özellikleri işlemin sonucunu etkilemektedir [17].

Salman, yaptığı çalışmalarında, farklı çaplarda demir tozları ile aşındırıcı tozları karıştırarak hazırlamış ve bu toz karışımının yüzey işlemedeki aşınma miktarı ile yüzey pürüzlülüğüne etkisini araştırmıştır. Demir tozlarının çap boyutu, hem aşınma miktarı hem de yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkili olduğu yapılan deneylerde gözlemlenmiştir. Aşındırıcı tozların çap boyutunun etkisinin ise aşındırma miktarı bakımından diğerine kıyasla daha az ama oluşan yüzey pürüzlülüğü yönünden de önemli olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada, işleme derinliğinin karışımın içinde yer alan demir tozlarının miktarının artışı ile arttığı belirlenmiştir. Ferromanyetik demir tozu ve aşındırıcı tozlara ek olarak

yağlayıcı sıvı katılıp karıştırılması ile manyetik aşındırıcı toz karışım elde etmişlerdir. Bu aşındırıcı toz karışım, manyetik kuvvet altında iş plakasının işleme bölgesinde hareket edebilmesine imkan verecek koşullarda bir arada toplanmaktadır. Oluşan bu aşındırıcı toz karışımındaki aşındırıcı tozlar mikro boyutta çok uçlu kesici takım gibi davranarak işleme bölgesinde manyetik aşındırıcı esnek bir fırça etkisi yaratır. Manyetik kuvvet, gerekli işleme kuvvetini sağlamaktadır. Bu kuvvet, manyetik aşındırıcı tozların etkisiyle iş plakasını aşındırması mekanizmasını oluşturmaktadır. Yüksek hızda dönen iş plakasının dışında manyetik alan oluşturan manyetik aşındırıcı karışım dış yüzeye uyguladığı kuvvet ile beraber iş plakası yüzeyinden aşındırma işlemi yapmaktadır. Manyetik alan yoğunluğu, titreşim frekansı ve genliği, işleme zamanı ve iş plakası arasındaki mesafenin etkisinin araştırıldığı, titreşim ve manyetik alan yoğunluğunun işlemeyi etkileyen en önemli iki değişken olduğu deney sonucu olarak gözlemlenmiştir. Literatürde ki bu araştırmanın uygulandığı iş plakası malzemesi, aşındırıcı tozlar, aşındırıcı toz boyutları, yağlayıcı sıvı, çalışılan manyetik alan yoğunluğu (Tesla), işleme süresi ve elde edilen yüzey pürüzlülüğü (R_a) ile ilgili bilgi vermek için Tablo 2.1 hazırlanmıştır [18].

Tablo 2.1. Manyetik aşındırıcılar ile işleme parametreleri [18]

No	İş plakası malzeme	Aşındırıcı toz cinsleri	Aşındırıcı toz boyutları	Yağlama sıvısı	Manyetik alan yoğunluğu	İşlem süresi (sn)	Yüzey pürüzlüğü (Ra μm)
1	SS305, SS316, Pirinç	Al_2O_3 Ferromanyetik tozla sinterlenmiş	53,75, 106 μm	yok	0.1-0.35 T	60, 90, 120 saniye	0.075- 0.13 μm
2	Alaşımlı Çelik	Beyaz Al_2O_3 Ferromanyetik sinterlenmiş	5 μm	yok	0.7-1.0 T	45-180 saniye	8-50 nm
3	Pirinç	Al_2O_3 ferromanyetik tozla sinterlenmiş	120-420 μm	Hafif kesme sıvısı	0.4-1.2 T	30 dakika	0.05 μm
4	304 paslanmaz çelik	Al_2O_3 ferromanyetik toz ile karışım	80-150 μm	Çözülen yüzey işleme sıvısı	0-3.4 T	20 dakika	0.02 μm

Yamaguchi ve Shinmura, bükülmüş SUS304 paslanmaz çelik tüpü, 10 μm den daha küçük çaplı demir tozları ile yüksek basınç ve sıcaklıkta 80 μm çaplı aşındırıcı alüminyum oksit sinterlenmiş toz karışımı kullanarak iç yüzeyini işlemişlerdir. Elmas aşındırıcılar ile demir tozları karıştırarak hazırladıkları karışım ile yaptıkları deneysel çalışma sonucu elmas aşındırıcıların işlemenin verimliliğini arttırdığı görülmüştür [19].

Eyercioğlu vd., manyetik aşındırıcılar ile düzlem yüzeylerin işlenmesi yöntemi, mekanik enerji kullanan geleneksel olmayan işleme yöntemlerinden biridir. Aşındırıcı karışımlarının (sıvı, toz, elmas pasta) hızlandırılması ile oluşan kinetik enerjinin, işlenecek olan işleme yüzeyine çarpması ile malzeme parlatma ilkesine dayanmaktadır. Mekanik

enerji kullanan yöntemler gibi malzemenin iletken ya da yalıtkan olmasından bağımsız olarak işleme imkanı sağlamaktadır [20].

Yamaguchi ve Shinmura, çalışmalarında alümina yüzeylerin elmas esaslı manyetik aşındırıcılar kullanarak işlediklerinde yağlayıcının hacmi, ferritik toz boyutu ve aşındırıcı tanecik büyüklüğünün işleme karakteristikleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Tutucu aparatın dönme hızındaki artış ile yüzeyde oluşan aşınmanın arttığı görülmüştür [21].

Kim, aşındırıcı tozların içinde bulunan karışımların üretildiği çalışmalar ile manyetik aşındırıcılarla işleme yönteminin verimliliğini arttırmayı amaçlamıştır. Bu tozlar yüzeylerin parlatılmasında kullanmıştır [22].

Khairy, Al_2O_3 (%15) ve demir tozlarından (%85) oluşan aşındırıcı karışımı preslemiş, sinterlemiş ve daha sonra aşındırıcı toz haline getirerek çelik alaşımlı çubukların işlenmesinde kullanmış ve Ra 8-50 nm aralığında yüzey kalitesi elde etmiştir. [23].

Jain vd., çalışmasında ferromanyetik olmayan paslanmaz çelik malzemesinden olan iş plakasını manyetik alan altında işlemişler, manyetik kutuplar ve iş parçası arasındaki çalışma boşluğu ve kutupların dönme hızının iş parçası yüzeyindeki aşınma miktarı ve yüzey pürüzlülüğüne etkisini incelemişlerdir [24].

Mori vd., manyetik alan altında sinterlenmiş manyetik aşındırıcı parçacıklar kullanıldığında oluşan aşınma mekanizmalarını araştırmıştır [25].

Yang ve Chow, ferromanyetik olmayan SUS304 çeliğini işlemek için ağırlıkça % 60 oranında demir tozu ve Al_2O_3 ’ ten oluşan karışımı sinterlemişlerdir. Bu çeliğin yüzeyini işlemek için sinterlenen malzemeyi öğütürerek toz haline getirmiş ve elde ettikleri farklı büyüklüklerdeki aşındırıcıları kullanmışlardır [26].

Wang ve Hu, yaptıkları çalışmada Ly12 alimünyum alaşım, 316L paslanmaz çelik ve H62 pirinç tüplerin iç yüzeylerini manyetik aşındırıcı ile işlemişlerdir. Üç malzeme arasında pirinç tüpünde en fazla aşınma olduğu ortaya çıkmıştır ve manyetik aşındırıcı çeşitleri arasında sinterlenerek üretilenlerin manyetik alan altında yüzey işleme verimliliğinin en fazla olduğunu belirtmişlerdir [27].

Chen vd., iç çapı 400 μm olan bir tüpte manyetik aşındırma yöntemini başarılı bir şekilde uygulamışlardır. Bu yöntemde mıknatıs kutupları sabittir. Kılcal tüp yüksek devirde (3000 dev/dakika) döndürülür. Kılcal tüp içindeki manyetik aşındırıcı tozların yüzeydeki hareketini kontrol etmek için kılcal tüp dışında sabit şekilde tutulan mıknatıslar ile manyetik alan oluşturulan devreyi kullanmışlardır. Manyetik aşındırıcılar ile yüzey

işleme yöntemini kullanarak, ferromanyetik demir tozları, alüminyum ve yağlayıcıdan oluşan karışımın, aşındırıcı toz boyutunun yüzey pürüzlülüğüne etkisi araştırılmıştır [28].

Yamaguchi ve Shinmura, çalışmasında yüzey pürüzlülüğü ile malzeme kaldırma işleme zamanı doğrusal şekilde arttığını tespit etmişlerdir. Aşındırıcı tozlar manyetik kuvvet çizgileri boyunca halka yaparak birbirine bağlanır. Manyetik alan iş parçası üzerinden kaldırılmasıyla yüzeyde biçim değişimi olabildiğini araştırmışlardır. Aşındırıcı tozlar işleme yüzeyine kuvvet uyguladığında yüzeyde mikron boyutta tepeler ve vadiler oluşur. Bu parlatma yöntemiyle yüzeyden sert malzeme kaldırılması ile yüzeyde tek yönde kesici izlerine neden olur. İşlem sonrasında aşındırıcı işleme yöntemiyle yüzeyde parlatma yapıldığı görülür ve aşındırıcının yer değiştirme etkisiyle yüzeyin yapısındaki kesici izlerin paralel olmadığı gözlenir [29].

Sharma ve Singh, çalışmalarında silindirik SS305, SS316 ve pirinç boruların iç kısmını işlemek için Alümina esaslı sinterlenmiş manyetik aşındırıcılar kullandılar. (74 μ m) Alimüna (% 10) karıştırılması ile hazırlandı. SS305 ve SS316 borular ($\varnothing$ 18 x 60mm) kullanmıştır. Bu çalışmada, manyetik akı yoğunluğu, devir, tozun sertlik derecesi, iş parçası ve kutup arasındaki boşluk gibi deneysel değişkenler belirlenmiştir. Deney tamamlandıktan sonra yüzey Mitutoyo yüzey pürüzlülüğü testi (SJ- 210P) ile dört noktada ölçülerek yüzey pürüzlülüğü ve ortalama yüzey pürüzlülük ölçümü yapılmıştır.

Mithlesh Sharma, Devinder Pal Singh, yaptıkları çalışmalarından sonuç olarak manyetik aşındırıcı tozlar iş parçasına doğru manyetik alan tarafından çekilir. Bu tozlar manyetik kuvvet hatları boyunca iş parçası yüzeyine doğru itilir ve bitirme basıncını geliştiren esnek manyetik işleme fırçası oluştururlar. Manyetik aşındırıcı ile işlemede iş parçası iki mıknatıs arasında tutulur. Manyetik kutuplar N-S kendi eksenlerinde dik açıda yerleştirilir. Manyetik aşındırıcı parçacıkların sinterleme ile hazırlanır. Ferromanyetik demir tozu ve aşındırıcı olarak alüminyum oksit (Al_2O_3) tozu yüksek basınçta bu iki malzeme karıştırılarak kullanılmıştır [30].

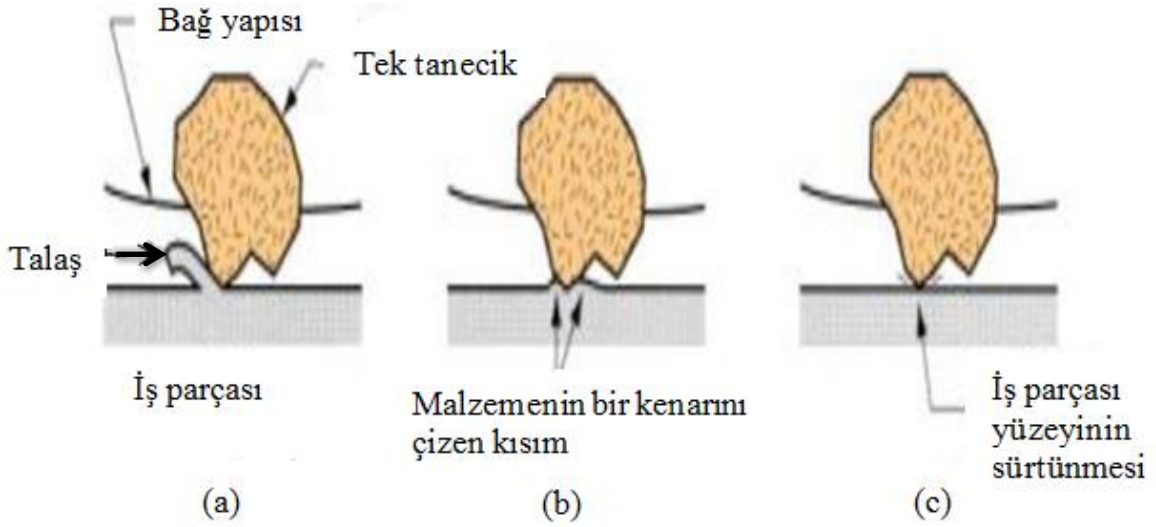
Kheelan ve Patel, çalışmasında manyetik aşındırıcı işlemi kullanılarak AISI 52100 çeliğinin yüzey pürüzlülüğünün düzeltilmesini amaçlamışlar. Bu projede dört kutup elektromıknatıs kullanılmıştır. Bir elektromıknatıs 0-100V DC güç kaynağında manyetik akı yoğunluğu olarak 0-0.2T üretebilir. Deney Taguchi tasarım yöntemine göre hazırlanmıştır. Yüzey pürüzlülüğünü etkileyen önemli değişkenler incelenmiştir. Demir tozlarının karışımı (Fe toz boyutları 300, 320 μ m) ve aşındırıcı toz olarak silisyum karbür ile alüminyum oksit tozunun (SiC , Al_2O_3) farklı boyutları incelenmiştir. Tozlardan dolayı

elastik fırçaya benzeyen görünümüne sahip mıknaştıs ile çekilmiş toz çok noktalı kesme aparatı gibidir. Manyetik aşındırıcı işleme yöntemi için hazırlanan ferromanyetik demir tozu ile aşındırıcı tozlardan olan alüminyum oksit tozu, Silisyum karbür (SiC) tozu, elmas tozu, bor nitrür aşındırıcı toz karışımı kullanılmıştır [31].

Yukarıdaki literatür çalışmaları incelendiğinde, farklı malzemelerin MAİ yöntemiyle işlenebilirliği üzerine birçok çalışmanın yapıldığı görülmektedir. Manyetik aşındırma ile işleme yöntemi, son 20 yıldır giderek önem kazanan bir ileri teknoloji bir imalat yöntemidir. Güvenilirliği geliştirilmiş, fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri daha üstün, daha hafif, daha az yer kaplayan, daha ucuz ve yeni işlevlere daha uygun, üstün performans gösteren bir yöntem olmaktadır. Henüz sanayi sektörlerinde tam olarak uygulanmayan ancak bilimsel bulgular ve teknolojik olarak yüksek potansiyele sahip olan ve geleceğin teknolojilerinde önemli yere sahip MAİ yöntemi ile gelecekte önemli yapılabilir. Üretim süreçlerinde giderek mikro ve nano boyutlar geliştirilmiş yüzey özelliklerinde öne çıkmakta ve bununla da ilişkili şekilde daha hassas üretim teknikleri geliştirilmektedir. Bu çalışma da mikron boyutta tozlar ile daha hassas yüzeylerin parlatılması ve işlenmemiş yüzeye göre yüzey kalitesini arttırmak ve literatürdeki işlemlerde parlatma alanındaki mevcut eksikliklerin giderilmesi amaçlanmıştır.

3. MANYETİK AŞINDIRICILAR İLE İŞLEME YÖNTEMİ

Etkili bir yüzey işleme için aşındırıcı malzemenin iş parçasından daha sert olması gerekir ve aşındırılan yüzeyin pürüzlülüğü ve aşınma hızının aşındırıcı malzemenin özelliklerine bağlı olarak değişir. Ayırt edici özellikleri belirlemek için yaptıkları deneysel çalışma ile iş parçasının yüzey pürüzlüğünü etkileyen en önemli faktörlerden biri olan aşındırıcı toz boyutunun ve aşındırıcı toz özelliğinin işlemeye etkisi incelenmiştir. Deneylerde kullanılan tozların çapları arttıkça kesici kenarlarda oluşan kesme kuvvetinin arttığı, literatür çalışmaları incelendiğinde görülmektedir. Sonuç olarak kesme derinliğinin arttığını daha fazla malzemenin yüzeyden aşındırıldığı da belirtilmiştir. Toz boyutu ile en iyi yüzey pürüzlülüğünün sağlandığı bulunması için araştırma yapılmıştır. En iyi aşındırma kuvvetini elde edilmeye çalışılmıştır. Aşındırıcı işleme yöntemi oldukça geniş malzemede kullanılabilir. Kullanılacak aşındırıcı tozlar yüksek sertlik, aşınma direnci ve tokluk özelliğine sahip olmalıdır ki yüzey daha iyi parlatılabilsin. Geleneksel aşındırıcı toz malzemesi alümina (Al_2O_3) yaygın bir şekilde kullanılır. Geleneksel aşındırıcı toz malzemeler çelik ve diğer demir esaslı yüksek mukavemetli alaşımları taşlamak için kullanılır. Geleneksel aşındırıcı malzemelerde silisyum karbür (SiC), alüminyum oksitten (Al_2O_3) daha sert ama onun kadar tok değildir. Geleneksel aşındırıcı malzemeler, alüminyum, pirinç, paslanmaz çelik, bazı dökme demirler ve seramiklerde kullanılır. Şekil 3.1' de aşındırıcı tanelerin işlevleri şekil üzerinde anlatılmıştır [31].



Şekil 3.1. Aşındırıcı tanelerin işlevleri (a) Kesme (b) Ezme ve (c) Ovalama [31]

Tanelerin kesme, ezme ve ovalama olmak üzere üç farklı etkisi vardır. Kesme etkisi, aşındırıcı taneleri talaş oluşturmak için yüzey içine doğru yeterince uzanır ve malzeme kaldırır. Ezme (kazıma) etkisi, aşındırıcı taneleri yüzey içine doğru uzanır fakat talaş oluşturmaya yetecek kadar değildir, yüzey deforme olur ve enerji tüketilir ama malzeme kaldırılmaz. Ovalama etkisi aşındırıcı taneleri yüzeye temas etkisiyle sadece (sürtme) ovalama sürtünmesi oluşur, enerji tüketilir ancak, hiçbir malzeme kaldırılmaz. Manyetik aşındırıcılar ile işleme yüksek sıcaklık ve yüksek sürtünme ile ayırt edilir ve enerjinin çoğu yüzeyinde kalır yüksek iş parçasının yüzeyinde işlem ısısı artar. Zararlı etkileri ise yüzey yanıkları ve çatlaklar yüzeyin hemen altında metalurjik hasar, ısıl işlem görmüşse iş parçası yüzeyinin yumuşaması ve iş parçası yüzeyinde kalıntı gerilmelerdir. Genelde talaşlı işlemede malzeme kaldırma hızını en üst düzeye çıkarmak için büyük tane boyutu seçilmelidir. Çelik ve dökme demirler için aşındırıcı olarak Alüminyum Oksit kullanılır. Çoğu demir dışı metaller için aşındırıcı olarak Silisyum Karbür kullanılır. Sertleştirilmiş takım çelikleri ve bazı havacılık alaşımları için aşındırıcı olarak Kübik Bor Nitrür kullanılır. Sert aşındırıcı maddeler (örneğin, seramik, sement karbürler, cam) aşındırıcı olarak elmas kullanılır. Yumuşak malzemeleri taşlamak için, büyük tane boyutu ve daha sert sınıf taş kullanılır. Sert malzemeleri taşlamak için küçük tane boyutu ve yumuşak sınıfta aşındırıcı malzeme kullanılır. Aşındırıcı tanelerin küçük boyutları daha iyi bir yüzey kalitesi sağlar. Aşındırıcı tanelerin büyük boyutları ise daha büyük malzeme kaldırma hızlarına izin verir. Daha sert malzemeleri etkin bir şekilde kesmek için daha

küçük tane boyutları gerekir. Yumuşak malzemeler ise büyük tane boyutları gerektirir. Yüzey bitirme işlemi en çok daha iyi bir yüzey elde etmek için yapılır. En iyi yüzey küçük tane boyutları, yüksek taş hızları, yoğun taş yapısındadır. Manyetik aşındırma işlemesi, iş parçasında mikro-çatlaklar ve yüzey hasarı en aza indirir ve manyetik aşındırma işlemi yüzey kusurları neredeyse hiç nanometre aralığında yüzey pürüzlülüğü üretebilir [31].

3.1. Aşındırıcı Tozların Özellikleri

3.1.1. Elmas Tozu

Çok sert ve pahalı olan elmas tozları doğal ve suni olarak üretilir fakat çeliklerin taşlanması için bu tozlar uygun değildir. Bu tozlar seramik, sement karpürler, cam gibi sert, aşındırıcı malzemelerin taşlanmasında kullanılırlar [32].

3.1.2. Alüminyum Oksit (Al_2O_3)

Alüminyum oksit (Al_2O_3) öğütölmüş boksit cevherinin yüksek sıcaklık ve basınçlı buhar etkisi altında çözöndürölür. Bu ortamda yapıda mevcut olan ve erimeyen bileşenler çöktürölüp filtre edilerek çamur hâlinde atıldıktan sonra, sıvı fazda elde edilen sodyum alümina çözeltisi aş maddesi olarak karışma ilâve edilen alüminyum hidrat etkisi, karıştırma ve soğutma sonucu alüminyum hidrata dönüştürölür. Daha sonra alüminyum hidrat çöktürölür, filtre edilir ve elde edilen alüminyum üretiminin ara maddesi olanı suda çözönmeyen, 2050°C de eriyen, beyaz bir toz olan alüminyum oksit tozu elde edilir. Alüminyum oksitin sahip olduğı yüksek ısıl dayanımı, yüksek modöl ve rijitlik özellikleri bu malzemenin takviye eleman olarak kullanılmasıının en önemli nedenlerinden birisidir. Alüminanın takviye elemanı, alüminyum ve alaşımlarının matris eleman olarak kullanıldığı malzemelerin işlenmesinde yaygın şekilde kullanılmaktadır. Alüminyum oksit, SiC ile karşılaştırıldığında daha düşük modöl ve dayanıma fakat daha yüksek yoğunluğa sahip bir karışım elde edilebilir. Alüminyum oksit, SiC' e göre ekonomik olarak daha avantajlıdır [32].

3.1.3. Silisyum Karbür (SiC)

Silisyum karbür (SiC), bilinen en sert maddelerden biri olan SiC malzemede kovalent bağlar mevcuttur. Kovalent bağlar, SiC fiberlere yüksek elastiklik modülü özelliğini sağlar. Yaklaşık 1400 °C çalışma sıcaklığına sahiptirler. SiC' ün en önemli avantajı, yüksek ısı şartları altında mekanik özelliklerini muhafaza edebilmesidir. Bu malzemenin oksidasyon direnci, yüksek sıcaklıkta rijitliğini muhafaza etmesi ve mukavemet özelliklerini koruması daha iyidir. Ayrıca SiC' ün termal genleşme katsayısı da alüminaya göre daha düşüktür. Toz şeklinde silisyum karbür ekstrüzyon, haddeleme gibi plastik şekil verme işlemlerinin uygulanabilmesi de önemli bir avantaj teşkil eder. Silisyum karbür en çok kullanılan yapısal seramiklerden bir tanesidir. Sinterlenmiş silisyum karbür, seramik malzemeler içerisinde en dayanıklı olanlardan birisidir. Yüksek saflıkta ticari silisyum karbür elde etmek zordur. En etkili aşındırıcılardan biri olan silisyum karbür kabuksal bir bileşim sergileyerek malzeme sıyırma işlemlerinde etkili olmaktadır.

Silisyum karbürün sertliği kristalografik yönler, parlatılmış yüzeyler gibi farklı durumlara bağlı olarak değişir. Ölçüm ortamı dahi sertliği etkileyebilir. Silisyum karbürün değerli bir mücevher taş olması gerektiği söylenmektedir. Çok geniş bir renk dağılımında renksiz, sarı, yeşil (azot veya fosfor daldırılmış), mavi (alüminyum daldırılmış), kahverengi (bor daldırılmış) ve siyah (yoğun bir şekilde alüminyum daldırılmış) olarak hazırlanabilir. Silisyum karbür manyetik özellik göstermemektedir. Bu malzeme çok sert, aşındırıcı bir malzeme olup, yüksek sürünme mukavemetine sahiptir. indirgeyici atmosferde, erozyon ve kimyasal etkileşimlere karşı mükemmel bir direnç gösterir [32].

3.1.4. Bor Nitrür (BN)

Ülkemiz dünya bor rezervinin % 60 'na sahiptir. Bor cevherlerinden imal edilen, çok sayıda çok yüksek katma değere sahip bor bileşikleri mevcuttur. İleri teknoloji seramikleri içerisinde bor esaslı seramiklerin stratejik önemi büyüktür. Bor Nitrür (BN) çeşitli kesme ve aşındırma malzemeleri olarak çok yüksek fiyatlarla ithal edilmektedir. Bor nitrür iyi kimyasal, elektrik ve termal özelliklere sahip olan beyaz renkli bir bileşiktir. Bor nitrürün kristal yapısı karbonun kristal yapısına benzerlik gösterir. Bu nedenle bor nitrür beyaz karbon ya da beyaz grafit olarak da adlandırılabilir. Bor nitrür, farklı oranlarda bor içeren bileşikler ve indirgeyici katkıları kullanılarak farklı üretim yöntemleri ile üretilir.

Bor nitrür genellikle borik asit ya da bor oksitin karbon ve azot gazı veya organik karbon ve azot taşıyıcılarla reaksiyonu girmesiyle üretilir. Doğada bulunmaz yapay bir tozdur. Kristal plakaları birbirine Vander Waals kimyasal bağları ile bağlıdır. Hegzogonal kristal kafes yapısına sahiptir. Bor nitrür oluşumu için sıcaklığın 1500 °C 'ye çıkarılması gerekir. Bor nitrür, elmastan sonra elmastan sonra gelen en sert malzemedir. Bor Nitrür (BN), çok sert, çok pahalıdır ve çelikler için uygundur. Sertleştirilmiş takım çelikleri uzay ve havacılık alaşımları gibi sert malzemeler için kullanılır [32].

3.1.5. Bor Karbür (B_4C)

Bor karbür (B_4C), metal olmayan sert ve önemli bir malzemedir. elmas ve kübik bor nitrür (cBN)' den sonra en sert olan malzemedir. Birçok kimyasal reaksiyonlara karşı dayanımı çok yüksek olan cBN düşük yoğunluk ve yüksek ısı dayanımı önemli özelliklerine sahiptir. İçerik bakımından yaklaşık % 80 bor ihtiva etmesi, bileşiğin yüksek ergime noktası ve iyi kimyasal ve fiziksel kararlılığından dolayı nötronların absorbe edilmesinde bor karbür daha etkin ve daha ekonomik olmasını sağlamasına ilave olarak bu malzemeyi diğer bor bileşiklerinin üretiminde önemli bir hammadde olmasını sağlamaktadır. Bor karbür, silisyum karbür gibi karbürlerden daha yüksek sertlik değerlerine sahip olmasına rağmen metalürji sanayiinde özellikle aşındırma sanayiinde tam olarak, kullanılması sağlanamamıştır [32].

3.1.6. Silisyum Oksit / Silisyum Dioksit (SiO_2)

Silisyum oksit tozu (SiO_2), doğada en çok bulunan elementlerden bir tanesidir. Yarı iletken özelliğe sahip oluşu ve doğada çok bulunur. Silisyum oksit doğada kum ve kuartz şeklinde bulunur. Silisyumun iki tane allotropu vardır. Bunlardan birincisi saf kristal silisyumdur. Saydam olmayan koyu gri renkli, parlak sert ve kırılgan olup örgü yapısı elmasa benzer. Diğerisi ise amorf silisyumdur. Koyu kahve renkli olup tane büyüklüğü nedeni ile kristal silisyumdan ayırt edilebilir. Kolay reaksiyon verir. Saf olarak silisyum eldesi, silisyum oksidin kok kömürü (grafit) ile elektrikli fırında indirgenmesi sonucunda gerçekleşir. Gerekenden daha fazla karbon kullanılırsa silisyum karbür (SiC) oluşur.

Silisyum ya da silikon, kullanım alanı en geniş olan elementlerden biridir. Yüksek sıcaklıklarda çalışma koşullarına çok dayanıklı bir elementtir. Silisyum dioksit veya silika, oksijen ve silisyum içeren kimyasal bileşiktir. Kimyasal sembolü (SiO_2)' dir. Cam, beton, fayans, porselen gibi birçok maddede kullanılmaktadır. Kuvars, topaz ve ametist gibi 17 farklı kristal formu vardır. Doğada bazı taşlarda ve kuvarsta bulunmaktadır. Bu nedenle toz olarak yayılmaktadır. Uzun süre solunması durumunda akciğer kanseri riskini arttırır [32].



4. DENEYSEL ÇALIŞMA

4.1. Deneyisel Tasarım ve Planlama

Gelişen teknolojiyle birlikte hassas ürünler ve bu ürünlerin talaşlı işlenmesinde kullanılan yöntemlerden beklentiler giderek artmaktadır. Manyetik aşındırıcılarla işleme (MAİ), işleme bölgesine uygulanan manyetik alan altında yüzeyden aşındırıcı ve manyetik parçacıklar yardımıyla talaş kaldıran yeni ve gelişmekte olan bir yöntemdir. Bu yöntemde oldukça yüksek seviyede yüzey kalitesi elde edilmektedir. Yöntemde mıknatıslar yardımıyla işleme plakası üzerinde metal tozları çekilerek yüzeyde esnek bir takım (fırça şeklinde) oluşturulur. Bu takımın çok noktadan kesme etkisi bulunmaktadır. Yüzeyden kaldırılan malzeme miktarı mikron mertebesinde olduğundan geleneksel talaşlı imalat yöntemlerine göre yüzeye hasar vermeden daha kaliteli yüzeyler elde edilebilir. MAİ yönteminde, kesme kuvvetleri manyetik bir alan yardımıyla kontrol edildiğinden ve yüzeyde parlatma işlemini yapan aşındırıcı tozlar taşlama, honlama ve lepleme gibi geleneksel yöntemlerde olduğu gibi tek parça halinde değil esnek bir yapıdadır. Bu yüzden yüzeyde artık gerilme oluşmamakta ve mikro çatlak şeklindeki hasarlar elimine edilmektedir. Bu çatlaklar, malzemenin mukavemetini önemli derecede azaltmaktadır. Manyetik aşındırıcı toz ile İşleme yöntemi, karmaşık şekilli ya da iç yüzeyi çok uzun ve dar parçaların yüzeylerinin işlenmesinde kullanılabilecek bir yöntemdir. İşlenecek yüzeyler, metalik ya da metalik olmayan bileşenler olabilmektedir. Proje sonucunda düzlem yüzeylerinin manyetik aşındırıcılarla işlenmesinde optimum işleme şartları belirlenerek işleme mekanizması tanımlanacaktır. Yukarıda belirtilen nedenlerden hareket ederek, bu çalışmada, MAİ yöntemi ile farklı üç tane seviyede, üç farklı parametrenin işlenen malzeme yüzeyinin pürüzlülüğüne etkisi araştırılmıştır.

üzere yapılan araştırmalar olarak adlandırılır. Deney tasarımı da, deney sırasında sonucu etkileyecek olan bağımsız değişkenler üzerinde değişiklik yaparak bu bağımsız değişkenlere bağlı olan bağımlı değişkenin durumdan nasıl etkileneceğini araştıran ve bu amaçla kurgulanmış yöntemdir. Deneysel çalışmalarda doğru bir sonuca ulaşabilmek için doğru bir deney tasarımının yapılması, parametrelerin doğru olarak belirlenmesi ve deney sonucundan ne bekleneceğinin doğru olarak bilinmesi gerekmektedir. Mühendislikte, ürün ve süreç geliştirmede deneysel çalışmalar önemli bir rol oynar. Deney tasarımının en temel amaçlarından biri deney hatalarını en az seviyeye indirmektir. Her bir parametrenin deney üzerindeki etkisini araştırmak için diğer bütün parametreler sabit tutularak her seferinde bir parametre denenir [33].

Bu deneysel çalışmada, yapılan deneyleri tasarlamak için, sürece etki eden değişkenlerin etkilerinin belirlenmesi önemlidir. Aşağıdaki matematiksel kombinasyon işlemde değişken ile seviye arasındaki bağıntı formülize edilmiştir.

A^c = Yapılacak deney sayısı

A: Seviye c = Değişken

Her bir değişkenin deney üzerindeki etkisini araştırmak için diğer bütün parametreler sabit tutularak her seferinde bir değişken denenir. Üç değişkenli çalışmada her bir değişken iki seviyeye sahip olursa toplam $3^2 = 9$ farklı deney uygulanmıştır. Dört, sekiz, on iki miknatıs sayıları seçilerek üç farklı deney düzeneği kuruldu. Bu deneyde devir sayısı, parçayı işleme süresi, iş parçasına olan uzaklık sabit alınarak deney planı yapılmıştır.

4.2. Düzlem Yüzeylerde Manyetik Aşındırıcı İşleme Yöntemi Deneyleri

Düzlem yüzeylerde Manyetik Aşındırıcı İşleme Yöntemi Deneyleri, Fırat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine mühendisliği Bölümü, İmalat ve Konstrüksiyon Anabilim dalı laboratuvarında bulunan JOHNFORD VMC-550 CNC freze dik işleme tezgahında gerçekleştirilmiştir.

4.2.1. Deneylerde İşlenecek AISI 304 Paslanmaz Çelik

Yapılan bu deney ile çelik plakalar üzerinde manyetik aşındırma yöntemi kullanılarak yüzey pürüzlülük değerleri ölçülmesi amaçlanmıştır. AISI 304 paslanmaz çelik yüksek korozyon dayanımına sahiptir. Kolayca kesilip, endüstriyel, mimari ve taşımacılık alanlarındaki kullanılabilir. Bu malzeme birçok imalat alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. AISI 304 paslanmaz çeliğin işlenebilirliği birçok karbon çeliklerinden daha düşüktür. AISI 304 paslanmaz çelik gibi standart östenitik çelikler, yavaş hızlarda ve ağır beslemeyle, sert ve keskin uçlar ve soğutma sıvısı kullanarak kolayca işlenebilirler. [34].

Deneylerde AISI 304 L paslanmaz çelik plaka malzemesi kullanılmıştır. Çelik plaka 250 mm x 250 mm x 4 mm ölçülerinde tedarikçi firmadan temin edilmiştir. AISI 304 L çelik plaka malzemesinin mekanik özellikleri Tablo 4.1’ de verilmiştir [35].

Tablo 4.1. 304 L malzemesinin mekanik özellikleri analiz sonuçları [36]

Mekanik Özellikler Şartname Farkları (ASTM A240/A240M)					
Kalite	UNS No	Kopma Mukavemeti minimum (MPa)	Akma Mukavemeti minimum (MPa)	Uzama minimum (%)	Sertlik Brinell maksimum (HRB)
304	S30400	515	205	40	201
304L	S30403	485	170	40	201

AISI 304 L çelik plaka malzemesine ait kimyasal bileşimi Tablo 4.2’ de verilmiştir [35].

Tablo 4.2. AISI 304 L Çeliğin kimyasal (spektro) % analiz sonuçları [35]

Kimyasal Bileşimi							
Kalite	C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni
304 L	%0.08 max	%2.0 max	%0.045 max	%0.03 max	%0.75 max	%18- 20	%8-10

AISI 304 L paslanmaz çelik daha iyi işlenebilirliğin gerektiği yerlerde AISI 304 kalite paslanmaz yerine tercih edilebilir ancak işlenebilirliği daha iyi olan bu malzeme kullanılacağı zaman, daha düşük korozyon direnci, daha kötü kaynak yapılabilirlik ve daha kötü esneklik kabul edilmeli ve malzeme seçimi bu koşullar göz önünde bulundurularak yapılmalıdır. 304L kalite paslanmaz çelik, AISI 304 kalite paslanmaz çeliğin karbon oranı % 0.03’ ten az olan versiyonudur. AISI 304 kalite yerine AISI 304 L, AISI 304 L kalite yerine AISI 304 kalite paslanmaz malzeme kullanılmasında hiçbir sakınca yoktur. AISI 304L kalite paslanmaz çeliğin işlenebilirliği, AISI 304 paslanmaz çeliğe göre biraz daha kolaydır. AISI 304L kalitede krom karbürlerinin mevcut olmayışı, kolay işlenebilmesinin en önemli sebebidir [35].

4.2.2. Deney Düzenekinin Kurulumu

Deneylerde Fırat üniversitesi Teknoloji Fakültesi Makine Mühendisliği Laboratuvarlarında bulunan JOHNFORD VMC-550 CNC freze dik işleme tezgahı kullanıldı.

4.2.2.1. Kalıp Tasarımı ve Kalıbın Tezgaha Bağlanma Aşaması

Bağlama kalıbı 400 mm x 400 mm x 50 mm ölçüsünde ve 400 mm x 100 mm x 50 mm ölçüsünde iki adet polietilen malzemeden üretildi. Beş adet M12 x 70 alıyıcı cıvata ile sabitlendi. Sac bağlama kalıbının kapasitesi bir milimetreden on milimetreye kadar

kalınlıkta olan 250 mm x 250 mm ve 350 mm x 350 mm ölçülerinde olan iki ayrı ölçüdeki deney parçasını bağlama özelliğine sahiptir. Ayrıca manyetik özelliği olmayan dört adet M16 x 30 mm vida özelliği olan tornavida ağızlı silindirik başlı özel cıvata mevcuttur. JOHNFORD VMC-550 CNC freze dik işleme tezgahı üzerinde X ve Y eksenini boyunca hareket eden tabla üzerindeki mengeneye bağlanan özel olarak imal edilen sac bağlama kalıbı monte edildi. Numune plakası deney aparatının içerisine yerleştirildi çünkü mıknatıslar CNC freze tezgahında mıknatıslanmaya neden olacağından bağlama kalıbı, manyetik özelliği olmayan polietilen malzemeden imal edildi. Bağlama kalıbında polietilenden yapılan dört adet Ø40 mm tornavida ağızlı özel cıvata M16 x 30 mm ölçülerinde imal edilmiştir. AISI 304 L işleme plakasını bu dört cıvata ile tutturuldu ve mıknatıslanma olmadan rahatça parlatma işlemi yapılabilirdi. CNC frezeye bağlanan bağlama kalıbı Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’ de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Polietilenden yapılan bağlama kalıbının alttan görünüşü



(a)

(b)

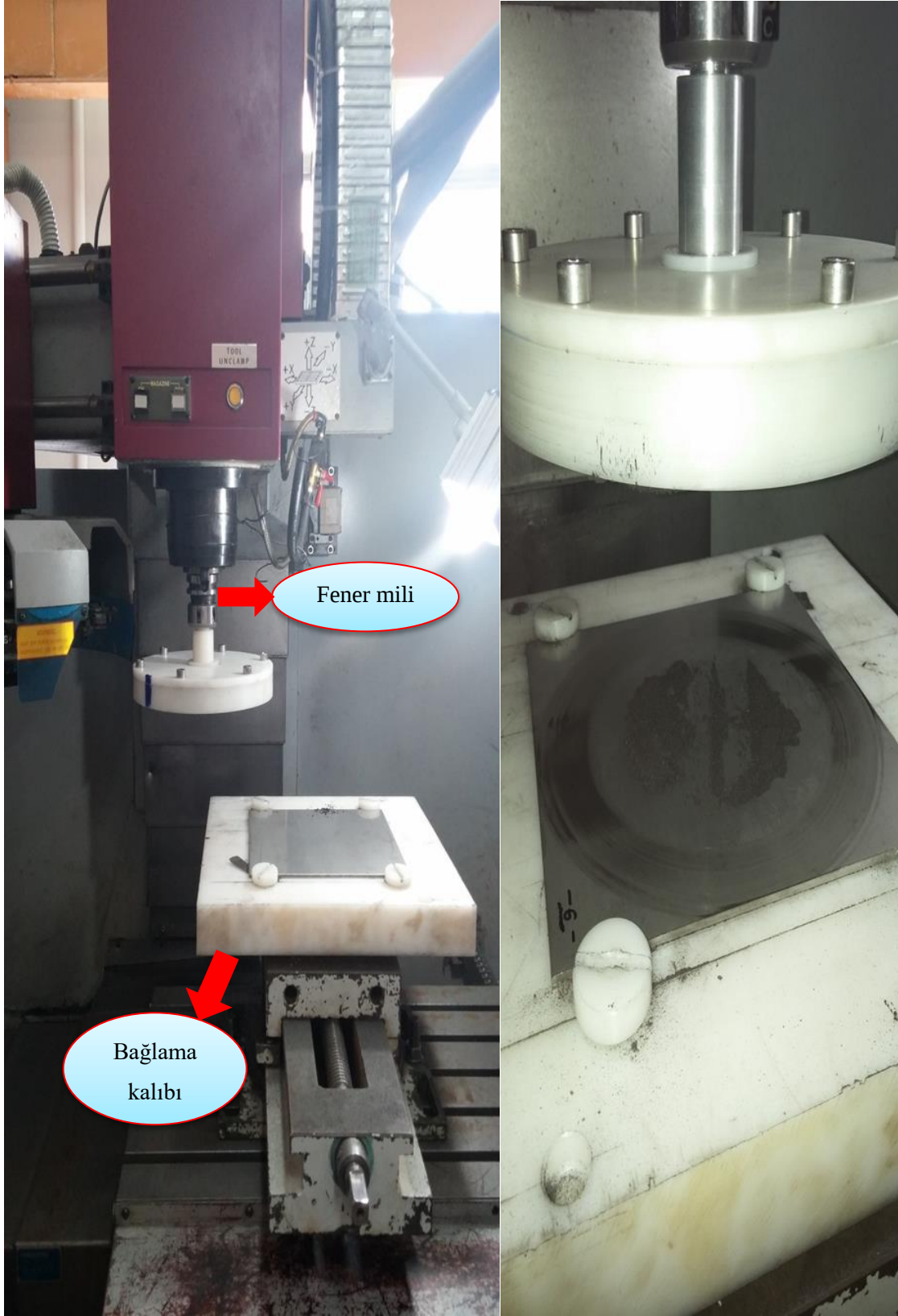
Şekil 4.2. (a) Polietilenden yapılan bağlama kalıbının üstten görünüşü **(b)** Polietilenden yapılan bağlama kalıbının soldan görünüşü

4.2.2.2. İşleme Plakasının Sac Bağlama Kalıbına Bağlanması

Sac bağlama kalıbımızın kapasitesi bir milimetreden on milimetreye kadar kalınlıkta olan 250 mm x 250 mm ve 350 mm x 350 mm ölçülerinde olan iki ayrı ölçüdeki işleme plakasını bağlama özelliğine sahiptir. Ayrıca sıkıştırılma özelliği olmayan dört adet M16 x 30 mm vida özelliği olan tornavida ağızlı silindirik başlı özel cıvata ile deney işleme plakası 250 mm x 250 mm x 4 mm olan sac monte edildi. Şekil 4.4' te deneyin kurulumu verilmiştir. Montaj sırasında işleme plakasının düzgün bağlanması için su terazisi kullanıldı. Su terazisinin hassasiyeti 0.1 mm/m' dir. Şekil 4.3' te gösterildi.



Şekil 4.3. Su terazisi ile paralellik ölçümü



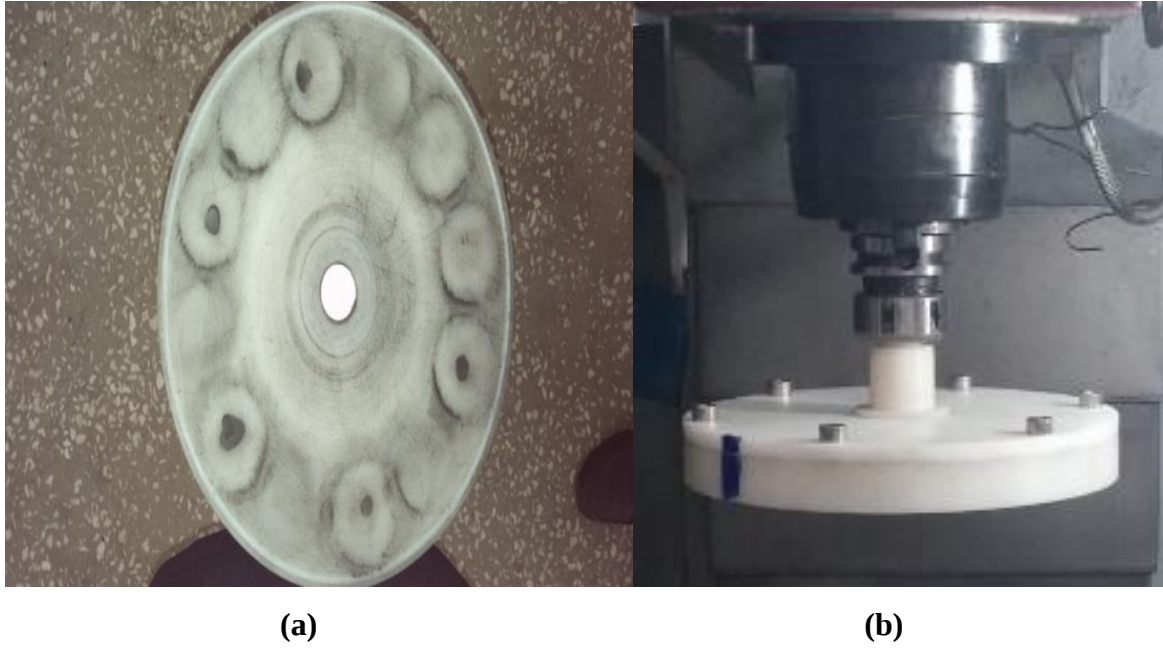
(a)

(b)

Şekil 4.4. Deneylerde kullanılan cnc freze tezgahındaki deneyin kurulumu **(a)** İşlem yapılmadan önceki görünüm **(b)** İşlem yapıldıktan sonraki görünüm

4.2.2.3. Deneylerde Kullanılacak Tutucu Aparatın Tasarlanması

Deney düzeneğinde ferromanyetik tozları çekecek olan mıknatısları uygun şekilde gövde üzerine yerleştirerek üzeri kapak ile kapatılıp cıvatalar ile sökülebilir bir şekilde montajını ve demontajını yaparak, sap kısmından CNC freze tezgahına bağlanabilen tutucu alet üretmektir. Şekil 4.5’ te tutucu aparat gösterilmiştir.

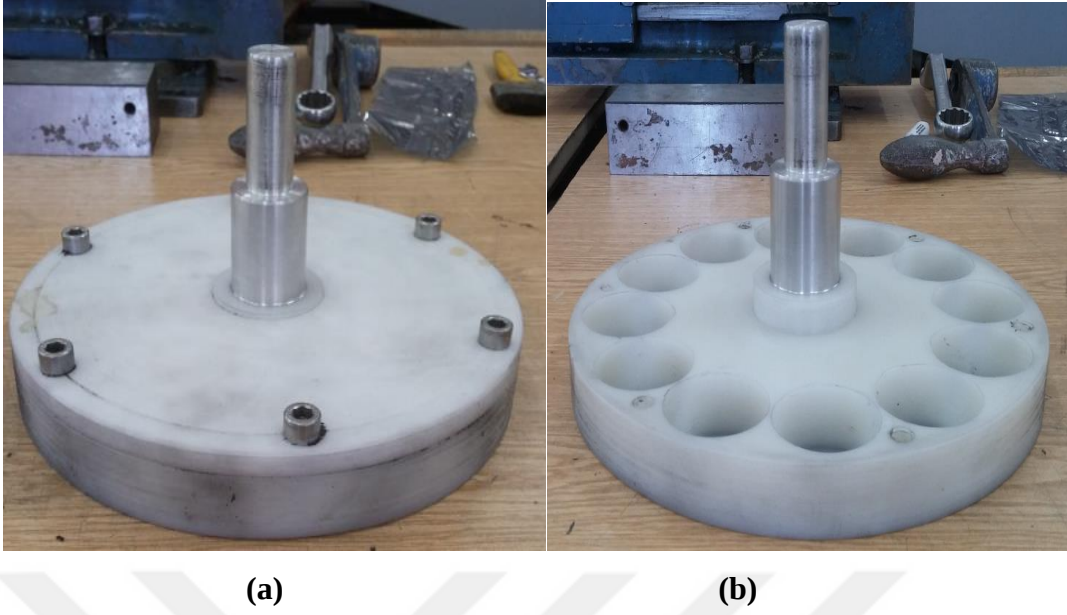


Şekil 4.5. (a) Deneylerde kullanılacak tutucu aparatın alt kısmının gösterimi (b) Deneylerde kullanılacak aparatın CNC frezeye bağlanmasının gösterimi

4.2.2.4. Deney Aparatının İmal Edilmesi

Literatür araştırmalarının ışığında tutucu aparat, Ç1040 manyetik özellik olarak çelik malzemeden imal edilseydi bu aparat Ç1040 çeliğini çekeceğinden aparatın içine mıknatıslar yerleştirilmesinde sıkıntı yaşanacaktı. Tutucu aparat CNC freze dik işleme tezgahına bağlandığında aparatın boyutlarından dolayı da ağır olup JOHNFORD VMC-550 CNC freze dik işleme tezgahı bu aparatı taşımada zorluk yaratırdı. Tutucu aparat makine atölyesindeki JOHNFORD VMC-550 CNC freze dik işleme tezgahının mıknatıslanması sonucunda çelikten yapılan aparatın CNC freze dik işleme tezgahının manyetizma alanını arttıracığından dolayı tutucu aparatın malzemesi manyetik özelliği olmayan polietilenden imal edilmiştir. Üretilen tutucu aparatın gövde çapı 270 mm ve

kalınlığı 30 mm seçildi. Aparatın belirli orandaki saf demir tozu ve aşındırıcı toz karışımını deney sırasında dışarı atmaması için deney aparatının altına 1 mm derinliğinde 5 mm genişliğinde bir set oluşturuldu. 12 adet mıknatıs çevreye eşit olarak dağıtılmış şekilde bağlanacak kapasitede mıknatısların tabana olan uzaklığı 2 mm'dir. Gövde ve sap yüksekliği 165 mm seçildi. Mıknatısları gövdeye sabitlemek ve demir tozlarının mıknatıslara tutunmasını önlemek için polietilen malzemeden kapak imal edilmiştir. Kapak çapı 270 mm ve kalınlığı 10 mm' dir. M10 x 25 mm altı adet silindirik başlı krom – nikel kaplı inox cıvata kullanılmıştır. Yapılan deneyde on iki mıknatıs yerleştirildi. 500 devir/dakika ile çalıştırıldı. Belirli orandaki saf demir tozu ve aşındırıcı toz karışımını dışarı atmadı, fazla miktarda olan karışım aparatın ortasında toplandı. Aliminyum malzemeden aparatın sap uzunluğu Ø24 x 165 mm olarak imal edildi. Deneylerde kullanılacak tutucu aparatın içine ilk önce eşit ölçüde dağıtılıp dört mıknatıs yerleştirilmiştir. Daha sonra sekiz mıknatıs yerleştirilmiştir. Son olarak da on iki mıknatıs yerleştirilerek deney düzeneğimiz hazırlanmıştır. Her bir mıknatıs 0.50 Tesla olup deneylerde kullanılacak tutucu aparat polietilen malzemeden üretilmiştir. M10 x 25 mm altı adet silindirik başlı krom – nikel kaplı inox cıvata kullanılmıştır. Krom-nikel olmasının nedeni de mıknatıs tutma özelliğinin olmamasıdır. Üç farklı mıknatıs sayısına sahip deney düzeneği oluşturuldu. Toplam on iki tane (0.50 Tesla) güce sahip boyutları Ø50 x 10 mm Nd-Fe-B mıknatıs kullanılmıştır. Belirli boyuttaki saf demir tozu (50 µm, 100 µm, 150 µm) 55 gram ve Al_2O_3 tozu (50 µm, 100 µm, 150 µm) 20 gram + SiC tozu (50 µm, 100 µm, 150 µm) 20 gram aşındırıcı tozları + SAE 30 yağlayıcı 2.5 gram + Gliserin 2.5 gram'dan oluşan belirli orandaki toz karışımı kullanıldı. Deney aparatının gövde kısmı tartıldı. Bir kilogram geldi. Deney aparatının kapağı tartıldı. Bir kilogram geldi. Deney aparatına altı tane takılan cıvatanın birisinin ağırlığı 24.3823 gram olarak ölçüldü. Deney aparatının toplam ağırlığı 4.5 kilogram olarak imal edildi. Şekil 4.6' da deney aparatı gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Deney aparatı (a) Dış kapağının takılı görüntüsü (b) Dış kapağı çıkarılmış

Birinci deney düzeneğinde tutucu aparatın içine eşit aralıklar ile dört mıknatıs yerleştirilmiştir. Dört mıknatıs ile yapılan deneyde 30 gram karışım mıknatıs tarafından tutuldu. 70 gramı toz karışımı ortasında toplandı. Toz karışımı dışarı atılmadı. Deney sonrasındaki aparattaki dört mıknatısın belirli boyuttaki demir tozundan ve belirli boyuttaki aşındırıcı tozlardan oluşan belirli orandaki karışım tozlarının çektiği görünümü Şekil 4.7’ de gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Dört tane mıknatısa sahip tutucu aparat

İkinci deney düzeneğinde tutucu aparatın içine eşit aralıklar ile sekiz mıknatıs yerleştirilmiştir. Sekiz mıknatıs ile yapılan deneyde 50 gram karışım mıknatıs tarafından tutuldu. 50 gramı toz karışımı ortasında toplandı. Dışarı toz karışımı atılmadı. Deney sonrasındaki aparattaki sekiz mıknatısın belirli boyuttaki demir tozundan ve belirli boyuttaki aşındırıcı tozlardan oluşan belirli orandaki karışım tozlarının çektiği görünümü Şekil 4.8’ de gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Sekiz tane mıknatıs sayısına sahip tutucu aparat

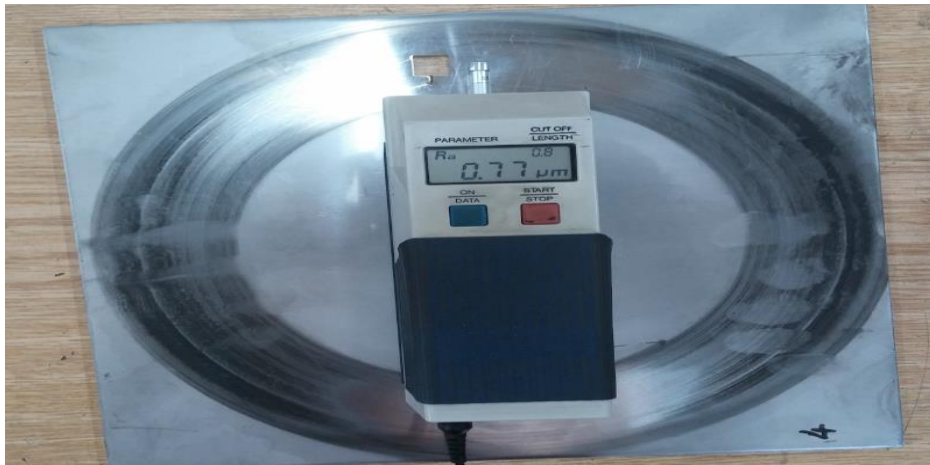
Üçüncü deney düzeneğinde tutucu aparatın içine eşit aralıklar ile on iki mıknatıs yerleştirilmiştir. On iki mıknatıs ile yapılan deneyde 70 gram karışım mıknatıs tarafından tutuldu. 30 gramı toz karışımı ortasında toplandı. Toz karışımı dışarı atılmadı. On ikili mıknatıs ağırlığından dolayı, aparat ağırlığı 4.5 kg olduğundan devir sayısı 1000 dev/dak’ ya çıkınca aparat yalpalama yaptığından tüm deneylerde 500 dev/dak dönme hızı seçildi. Deney sonrasındaki aparattaki on iki mıknatısın belirli demir tozu ve aşındırıcı tozlardan oluşan karışımın görünümü Şekil 4.9’ da gösterilmiştir.



Şekil 4.9. On iki tane mıknatıs sayısına sahip tutucu aparat

4.3. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazı

Dokuz deneyde kullanılan AISI 304 L östenitik paslanmaz çelik plakanın işlem öncesi ve işlem sonrası yüzey pürüzlülük değerleri Mitutoyo Surftest – 211 cihazı ile ölçülmüştür. Her numune için beş ölçüm farklı bölgeden yapılmıştır. Ölçülen değerlerin aritmetik ortalama yüzey pürüzlülük değeri hesaba katılmıştır. Cihaz yüzeye paralel ve dik olacak şekilde bırakılmıştır. Şekil 4.10’ da Mitutoyo Surftest – 211 cihazı ile ölçüm gösterilmiştir.



Şekil 4.10. Mitutoyo Surftest – 211 cihazı ile yüzey pürüzlülük ölçümü

4.4. Deneylerde Manyetik Aşındırıcı Toz Oranlarının Belirlenmesi İşlemi

Manyetik aşındırma işlemi ile ilgili yapılan çalışmalar incelendi. Bilimsel çalışmaların çoğunda benzer oranda alüminyum oksit tozu ile saf demir tozu oranları kullanılmıştır. Yapılan deneylerin toz oranlarını da konu üzerine yazılan makalelerin paralelinde seçilmiştir. Yapılan deneylerde manyetik aşındırıcı toz karışımında % 55 saf demir tozu (Fe_2O_3), % 20 aliminyum oksit (Al_2O_3), %20 silisyum karbür (SiC), %2.5 SAE 30 yağlayıcı, %2.5 gliserin oranları karışımında sabit olup toplam dokuz deney yapılmıştır. Buradaki amaç parlatılan plakadaki yüzey kalitesini arttırmak ve iyileştirme oranını net bir şekilde görebilmektir.

Tablo 4.3. Yapılan dokuz deneyde sabit olan toz karışım oranı değerleri

Fe_2O_3 tozu karışımındaki oranı (%)	SiC tozu Karışımındaki oranı (%)	Al_2O_3 tozu karışımındaki oranı (%)	Yağlayıcı oranı (% 5)	
			SAE 30 karışımındaki oranı (%)	Gliserin karışımındaki oranı (%)
55	20	20	2.5	2.5

4.5. Deneylerde Seviye Değişkenlerinin Belirlenmesi İşlemi

Deneyler taguchi kesirli faktöryel deneysel tasarım yöntemi ile dokuz tane deneyin yapılmasına karar verilmiştir. Tablo 4.4' te seviye değişkenleri belirtilmiştir. Mıknatıs sayısı ile toz boyutlarını değişken olarak kabul edilmiştir. Numune yüzeyini parlatmak için toz boyutu ile mıknatıs sayısı deney sonucunu etkilemektedir.

Tablo 4.4. Yapılan dokuz deneydeki değişken seviyeleri

Faktör	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
Demir oksit toz boyutu (μm)	50	100	150
Silisyum karbür toz boyutu (μm)	50	100	150
Alüminyum oksit toz boyutu (μm)	50	100	150
Mıknatıs sayısı (adet)	4	8	12
Mıknatısın iş plakasına uzaklığı (mm)	4	-	-
İşleme zamanı (dakika)	60	-	-
Devir sayısı (devir/dakika)	500	-	-

Yapılan dokuz deneyde sabit olan toz karışım miktarı değerleri gram cinsinden Tablo 4.5’te gösterilmiştir.

Tablo 4.5. Yapılan dokuz deneyde sabit olan toz karışım miktarı değerleri

Deney No	Fe_2O_3 tozu karışım miktarı (gram)	SiC tozu karışım miktarı (gram)	Al_2O_3 tozu karışım miktarı (gram)	Yağlayıcı miktarı		Deneyde kullanılan karışım miktarı (gram)
				SAE 30 karışım miktarı (gram)	Gliserin karışım miktarı (gram)	
1	55	20	20	2.5	2.5	100
2	55	20	20	2.5	2.5	100
3	55	20	20	2.5	2.5	100
4	55	20	20	2.5	2.5	100
5	55	20	20	2.5	2.5	100
6	55	20	20	2.5	2.5	100
7	55	20	20	2.5	2.5	100
8	55	20	20	2.5	2.5	100
9	55	20	20	2.5	2.5	100

4.6. Deneylerde Kullanılan Manyetik Aşındırıcı Toz Boyutlarının ve Miknatıs Sayılarının Belirlenmesi İşlemi

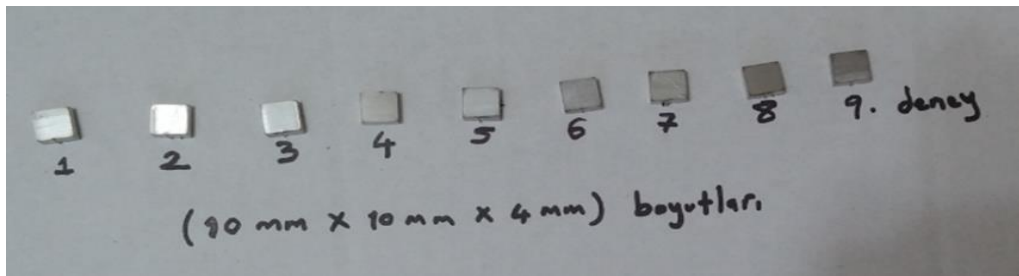
Yapılan her bir deneyde miknatıs sayısı, deneyde kullanılan toz tane boyutu değişken olarak alınmıştır. Tablo 4.6’ da gösterilmiştir.

Tablo 4.6. Yapılan dokuz deneyde değişken olan toz tane boyutu ve miknatıs sayısı

Deney no	Fe_2O_3 toz boyutu (μm)	Al_2O_3 toz boyutu (μm)	SiC toz boyutu (μm)	Miknatıs sayısı (adet)
1	50	50	50	4
2	50	100	100	8
3	50	150	150	12
4	100	100	50	12
5	100	150	100	4
6	100	50	150	8
7	150	150	50	8
8	150	50	100	12
9	150	100	150	4

4.7. Numune Kesimi

Metalurjik incelemeler için 10 mm x 10 mm x 4 mm ölçülerinde numuneler hazırlanmıştır. Numuneler cnc lazer kesim tezgahında numune kesilmiştir. Numune fotoğrafı Şekil 4.11’ de verilmiştir.



Şekil 4.11. Numune fotoğrafı

4.8. Metalografik İnceleme

Lazer kesim ile elde edilen numuneler saf alkol ile silinip pamuğa sarılmıştır. Fırat Üniversitesi Teknoloji Fakóltesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği bölümündeki Nikon ECLIPSE MA200 optik metalurji mikroskobu ile numunelerin optik mikroskopta 100x oranında büyütme yapılarak işlenmiş yüzey fotoğrafları çekildikten sonra yüzey görüntüleri alınmıştır. Şekil 4.12’ de Nikon ECLIPSE MA200 optik mikroskobu görölmektedir.



Şekil 4.12. ECLIPSE MA200 optik mikroskobu

5. DENEYSEL SONUÇLAR

5.1. Yüzey Pürüzlülüğü

Yüzey parlatma işleminden önce iş plakasının yüzey pürüzlülük değerleri yüzey pürüzlülük cihazı ile ölçülerek karşılaştırıldı. Yüzey üzerinde beş farklı bölgede ölçüm yapıldı. Beş ölçüm sonucunda ortalama yüzey pürüzlülük değeri hesaplanmıştır. Cihaz yüzeye paralel ve dik olacak şekilde bırakılmıştır. Tablo 5.1’ de işlem öncesi yüzey pürüzlülük değerleri gösterilmiştir.

Tablo 5.2’ de işlem sonrası yüzey pürüzlülük değerleri gösterilmiştir. Yüzeyin pürüzlülük ortalama değeri her bir deney için denklem 5.1 de ki formül yardımıyla hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 5.1 ve Tablo 5.2’ de verilmiştir.

$$R_{a \text{ ortalama}} = \frac{1.\text{ölçüm} + 2.\text{ölçüm} + 3.\text{ölçüm} + 4.\text{ölçüm} + 5.\text{ölçüm}}{\text{ölçüm sayısı}} \quad (\mu\text{m}) \quad (5.1)$$

Yüzey pürüzlülük değerlerinin bulunmasıyla her bir deneydeki işlenen plakanın iyileşme oranı 5.2 de ki formül ile hesaplanmıştır. Her bir deney için aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 5.3 ’te verilmiştir.

$$\text{İyileşme oranı} = \left(\frac{\text{İlk } R_{a \text{ ortalama}} - \text{Son } R_{a \text{ ortalama}}}{\text{İlk } R_{a \text{ ortalama}}} \right) \times 100 \quad (\ % \) \quad (5.2)$$

Tablo 5.1. Her bir deneydeki işlenen plakanın işlem öncesi ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinin bulunması

İşlem öncesi R_a değeri (μm)						
Deney No	1. ölçüm	2. ölçüm	3. ölçüm	4. ölçüm	5. ölçüm	R_a ortalama
1	0.80	1.17	1.16	0.56	0.58	0.854
2	0.59	0.62	0.61	0.57	0.58	0.594
3	0.61	0.62	0.60	0.57	0.84	0.648
4	0.70	0.81	0.67	0.73	0.84	3.75
5	0.89	0.59	0.58	0.74	0.70	0.700
6	0.65	0.57	0.62	0.59	0.59	0.604
7	0.67	0.77	0.46	0.59	0.58	0.614
8	0.69	0.60	1.26	0.54	0.58	0.734
9	0.94	0.81	0.73	0.86	0.82	0.832

Tablo 5.2. Her bir deneydeki işlenen plakanın işlem sonrası ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinin bulunması

İşlem sonrası R_a değeri (μm)						
Deney No	1. ölçüm	2. ölçüm	3. ölçüm	4. ölçüm	5. ölçüm	R_a ortalama
1	0.51	0.54	0.78	0.60	0.62	0.61
2	0.45	0.46	0.45	0.44	0.47	0.454
3	0.32	0.38	0.52	0.85	0.59	0.532
4	0.65	0.45	0.64	0.66	0.47	2.87
5	0.57	0.56	0.61	0.56	0.55	0.570
6	0.42	0.41	0.48	0.44	0.43	0.436
7	0.46	0.55	0.42	0.49	0.45	0.474
8	0.74	0.58	0.57	0.57	0.60	0.612
9	0.96	0.63	0.62	0.55	0.65	0.682

Tablo 5.3 'de yüzey pürüzlülük değerlerinin hesaplanması ile iyileşme oranı değerleri gösterilmiştir.

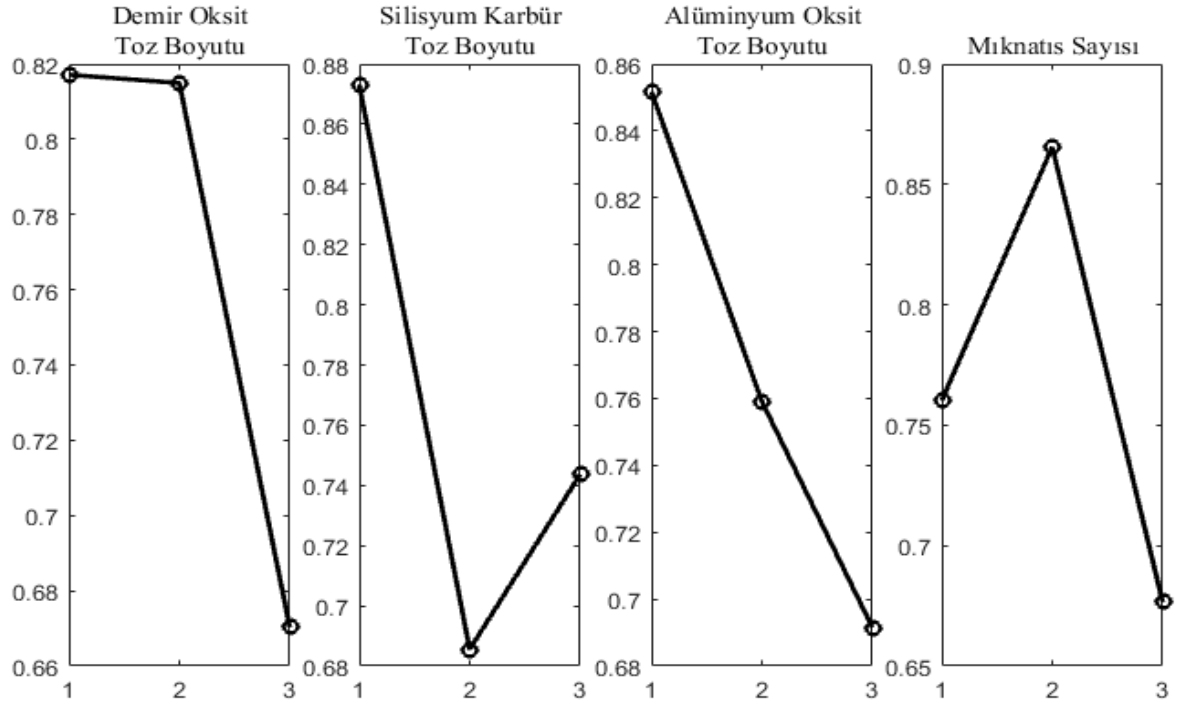
Tablo 5.3. İyileşme oranı değerleri

Deney no	İşleme öncesi $R_{a\text{ ortalama}}$ değeri (μm)	İşleme sonrası $R_{a\text{ ortalama}}$ değeri (μm)	İyileşme oranı (%)
1	0.854	0.610	28.571
2	0.594	0.454	23.569
3	0.648	0.532	17.901
4	3.75	2.87	23.466
5	0.700	0.570	18.571
6	0.604	0.436	27.814
7	0.614	0.474	22.801
8	0.734	0.612	16.621
9	0.832	0.682	18.028

Deneylerde Taguchi kesirli faktöriyel deneysel tasarım yöntemi tercih edilmiştir. Tam faktöriyeli deneysel tasarım yöntemi yerine Taguchi kesirli faktöriyel deneysel tasarım yönteminin tercih edilmesinin nedeni ise zaman ve maliyetten tasarruf yapmak içindir. Şekil 5.1' de Taguchi kesirli faktöriyel deneysel tasarım yöntemi ile MATLAB' da değişkenler ve seviyeler belirlenerek analiz grafiği oluşturuldu. Bu grafikte olan asıl amaç deney tasarımındaki seviye farkına göre iyileşme oranına etki eden parametreyi bulmaktır. Taguchi yöntemi ile oluşturulan analiz grafiği, Tablo 5.4' te deneydeki değişkenin parametre seviyeleri değerlerinden yararlanılmıştır.

Tablo 5.4. Yapılan deneylere ait değişken seviyelerinin gösterimi

Faktör	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
Demir oksit toz boyutu (μm)	50	100	150
Silisyum karbür toz boyutu (μm)	50	100	150
Alüminyum oksit toz boyutu (μm)	50	100	150
Mıknatıs sayısı (adet)	4	8	12



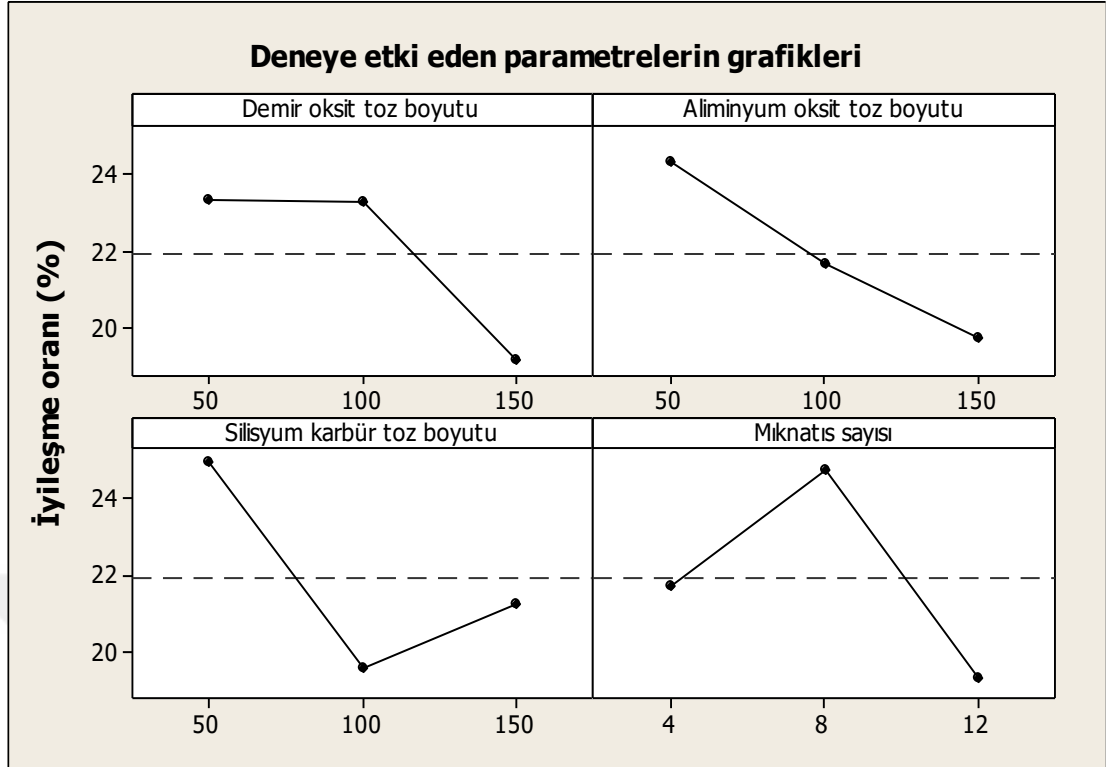
Şekil 5.1. Taguchi deneysel tasarım yöntemi ile MATLAB’ da oluşturulan grafikler

Şekil 5.1’ de çıkarılan sonuçlar da tablo halinde Tablo 5.5’ te verilmiştir.

Tablo 5.5. Taguchi yöntemi ile parametrelerin iyileşme oranı üzerindeki etkisi

Seviye	Demir Oksit Toz Boyutu	Silisyum Karbür Toz Boyutu	Alüminyum Oksit Toz Boyutu	Mıknatıs Sayısı
Seviye 1	0,817157257	0,873123097	0,851749443	0,760328072
Seviye 2	0,814940557	0,685555283	0,75907972	0,865492982
Seviye 3	0,670260054	0,743679489	0,691528706	0,676536815
Delta (Fark)	0,146897203	0,187567814	0,160220737	0,188956168
Deneye etkisinin Sıralaması	4	2	3	1

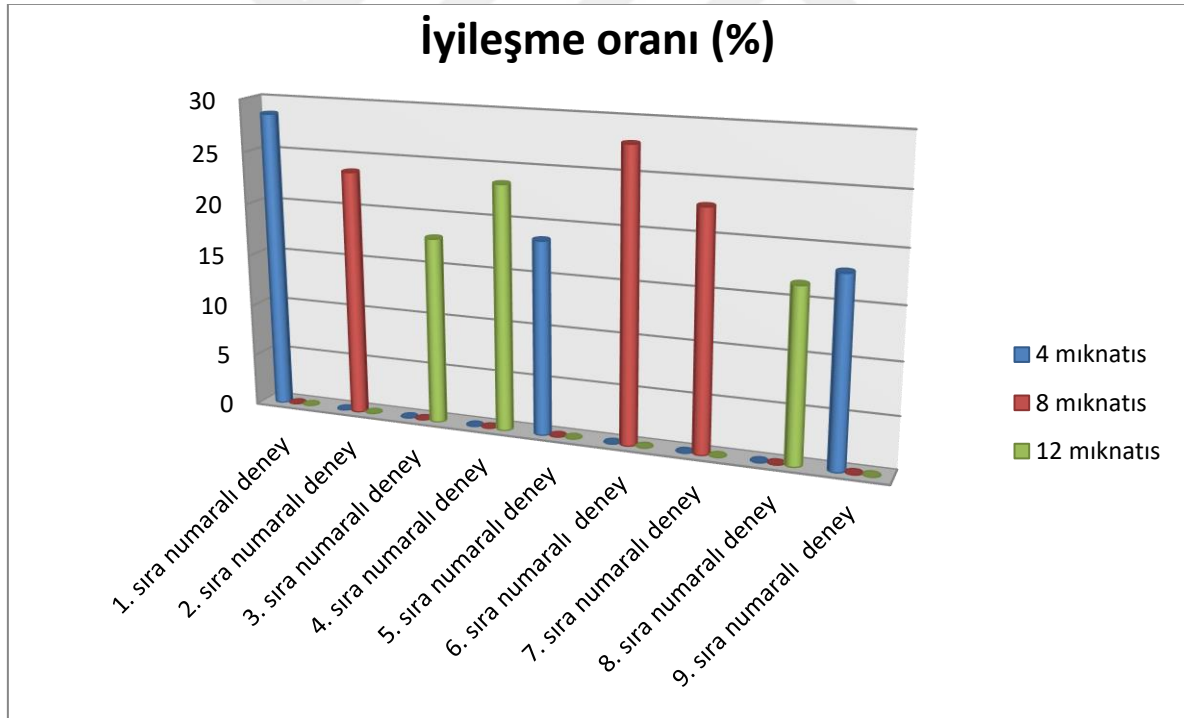
Tablo 5.5’de, Taguchi deneysel tasarım yöntemi ile Şekil 5.1’ de oluşturulan analiz grafiğindeki toz boyutlarının ve mıknatıs sayılarının iyileşme oranına etkisi tablo halinde verilmiştir. Toz boyutları ve mıknatıs sayısı analiz grafiklerinin X ekseninde sırasıyla 1. Seviye, 2. Seviye ve 3. Seviyeleri olarak verilmiştir. Bu tablo ve grafiklerden çıkacak genel sonuç ise mıknatıs sayısının iyileşme oranına etkisi daha fazla olurken Demir oksit toz boyutunun ise iyileşme oranına etkisi en az olmaktadır. Bu sonuçların en büyük seviye ile en küçük seviye farkı kıyaslanarak bulunur.



Şekil 5.2. MINITAB’ da oluşturulan parametre grafiklerin gösterimi

Taguchi deneysel tasarım yöntemine göre Şekil 5.2’ de iyileşme oranının toz boyutları ve mıknatıs sayısına göre değişim grafikleri gösterilmiştir. Grafik sonuçlarına göre belli bir mıknatıs sayısından sonra artınca çekilen tozlar fazla olacağından yüzeyde iyileşmenin az olduğu anlaşılmaktadır. Demir tozu ile aşındırıcı tozların boyutları küçüldükçe yüzeyde iyileşmenin arttığı görülmektedir. İyileşme oranı arttıkça da yüzey pürüzlülüğü azalmıştır. Yüzey pürüzlülüğü azalınca da daha parlak yüzeyler elde edilmiştir. Aşındırıcı tozların boyutları arttıkça yüzeyde sık ve derin çizgiler fazla olur. Bun nedenle yüzeyde iyileşme az olur. Şekil 5.2’ de Taguchi tasarım yöntemine göre demir tozu ve aşındırıcı toz boyutlarını küçük değerlerde alındığında yüzeyin iyileşme oranının daha iyi olduğu gösterilmiştir ve mıknatıs sayısının ise orta bir değerde alındığında yüzeyin iyileşme oranının daha iyi olduğu gösterilmiştir.

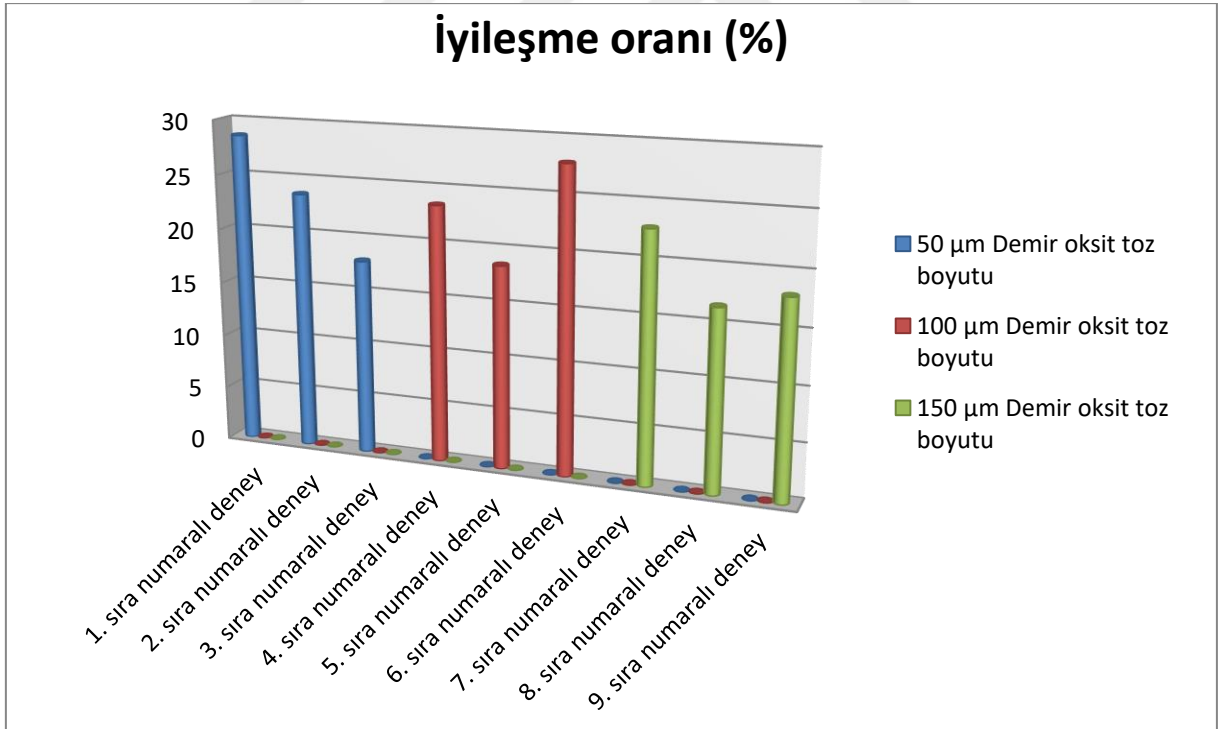
Şekil 5.3’ de kullanılan mıknatıs sayısına göre yüzde iyileşme oranı değerinin sütun grafiği dağılımı verilmiştir. Şekil 5.3’ te gösterilen veriler değerlendirildiğinde mıknatıs sayılarına ilave olarak toz boyutları ve kullanılan aşındırıcı cinsinin işlemin sonuçlarına etkileri görülmektedir. Dört adet mıknatısın kullanıldığı deneylerde iyileşme en fazla birinci sıra numaralı deneyde olmuştur. Sekiz adet mıknatısın kullanıldığı deneylerde ise iyileşme en fazla altıncı sıra numaralı deneyde gözlenmiştir. On iki adet mıknatısın kullanıldığı deneylerde iyileşme en fazla dördüncü sıra numaralı deneyde gözlenmiştir. İşlemden % 100 verim sağlanamamasının nedeni ise deneylerde, atmosfere açık ortamda gerçekleştiğinden fener milinin dönmesiyle aşındırıcı tozların merkezkaç kuvvetinin etkisiyle tutucu üzerinden çevreye doğru dağılması ve toz oranlarının değişmesi gibi ön görülemeyen ve kontrol edilemeyen parametrelerin etkili olmasından kaynaklanmaktadır. Ön görülemeyen parametrelerin etkisinden dolayı standartizasyonu sağlamak amacıyla devir sayısı sabit tutulmalıdır.



Şekil 5.3. Deneylerde kullanılan mıknatıs sayılarına göre sütun grafiği

Şekil 5.4’ de demir oksit tozunun boyutuna göre yüzde iyileşme oranı değerinin sütun grafiği dağılımı verilmiştir. Şekil 5.4’ de mıknatıs sayılarının toz boyutlarının ve kullanılan aşındırıcı toz cinsinin iyileşme oranını etkilediği görülmüştür. 50 µm boyutuna

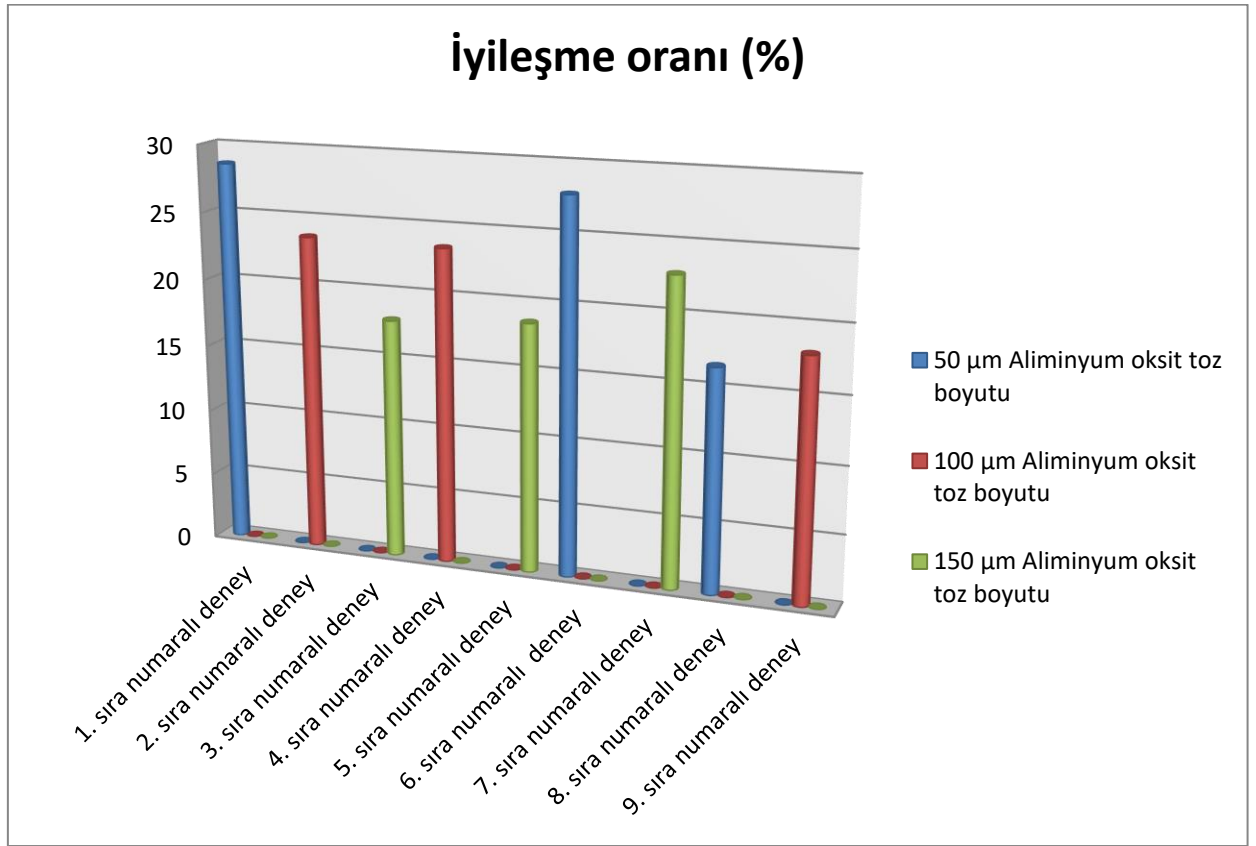
sahip demir oksit tozu ile iyileşme en fazla birinci sıra numaralı deney şartlarında, 100 μm boyutuna sahip demir oksit tozunda ise iyileşme en fazla altıncı sıra numaralı deney şartlarında elde edilmiştir. 150 μm boyutuna sahip demir oksit tozu ile iyileşme en fazla yedinci sıra numaralı deney şartlarında olmuştur. En fazla iyileşme % 28 olurken en az iyileşme % 16' dır. % 100 iyileşmenin sağlanamamasının nedeni de yapılan karışımın bütün toz karışımını almaması ve tutucu aparat 500 devir ile dönerken merkezkaç kuvvetin etkisi ile tozun belli bir miktarını fırlatmasıdır. Deneyde kullanılan demir oksit tozları en önemli etkidir. Bu malzemenin ana görevi aşındırıcı tozlarını mıknatısların manyetik etsiyle bir arada tutan ve zımpara etkisi elde etmektedir. Tane boyutunun en düşük olduğu deneylerde en yüksek iyileşme oranı % 28 elde edilmiştir. Mıknatıs sayısı arttığında iş plakası yüzeyinde çizilme miktarı arttığından yansıtma azalmıştır. Aşındırıcı toz boyutları küçüldükçe yüzey pürüzlülüğü en iyi seviyeye gelmektedir. Aşındırıcı toz boyutları büyüdükçe iş plakasından kopartılan talaş miktarı artmaktadır. Bu nedenle yüzey pürüzlülüğü en kaba seviyeye gelmektedir.



Şekil 5.4. Deneylerde kullanılan demir oksit tozunun boyutuna göre sütun grafiği

Şekil 5.5' te kullanılan alüminyum oksit tozunun boyutuna göre yüzde iyileştirme oranı değerinin sütun grafiği dağılımı verilmiştir. Deneyde kullanılan 50 μm boyutuna

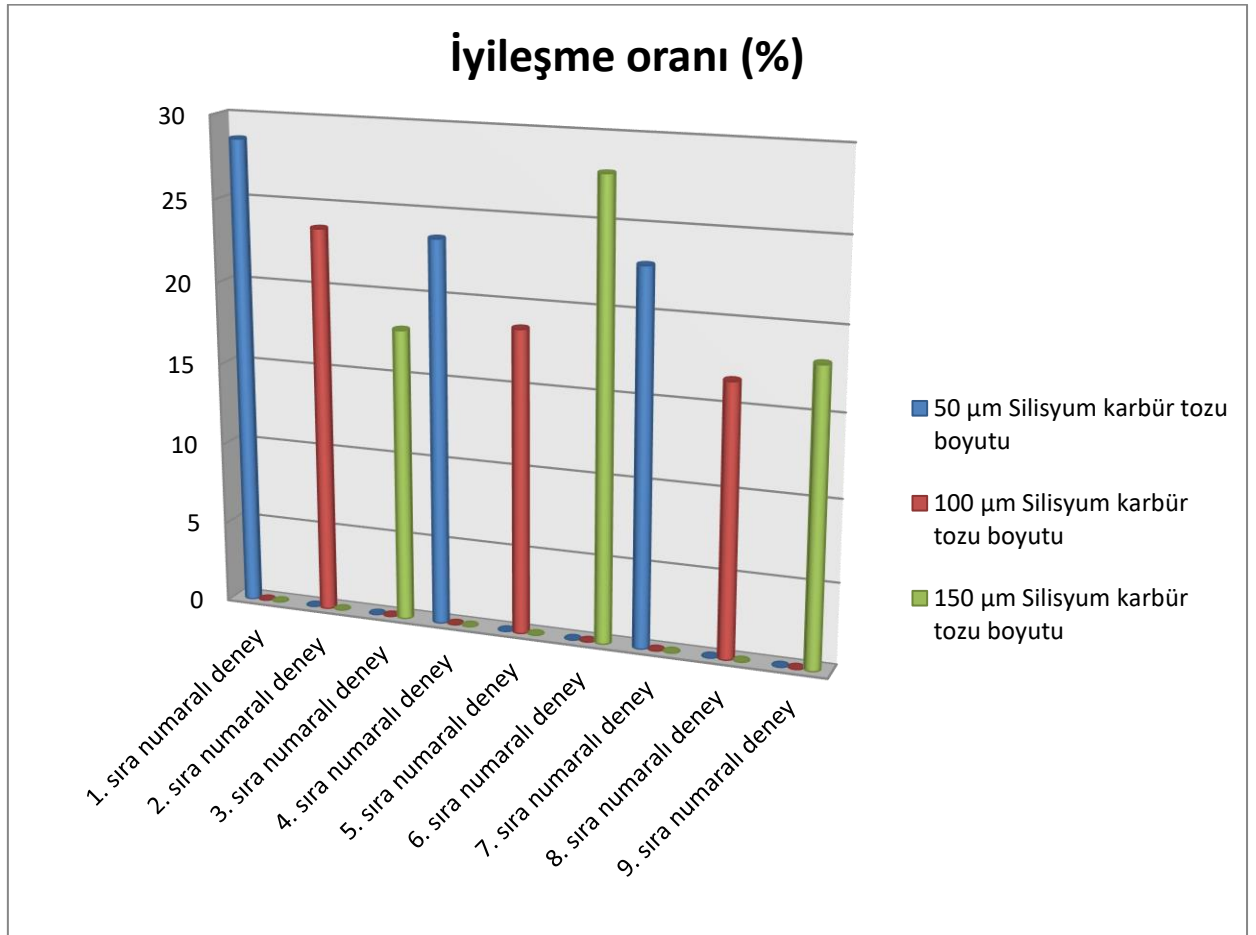
sahip alüminyum oksit tozu ile iyileştirme en fazla birinci deneyde olmuştur. 100 µm boyutuna sahip alüminyum oksit tozu ile iyileştirme en fazla ikinci deneyde olmuştur. 150 µm boyutuna sahip alüminyum oksit tozu ile iyileştirme en fazla yedinci deneyde olmuştur. Deneyde kullanılan mikron boyutuna sahip alüminyum oksit tozları en önemli etkidir. Deneydeki parlatma işlemini alüminyum oksit aşındırıcı tozu yardımıyla yapılmıştır. Kullanılacak aşındırıcı tozlar yüksek sertlik, aşınma direnci ve tokluk özelliğine sahip olmalıdır ki yüzey daha iyi parlatılabilsin.



Şekil 5.5. Deneylerde kullanılan alüminyum oksit tozunun boyutuna göre sütun grafiği

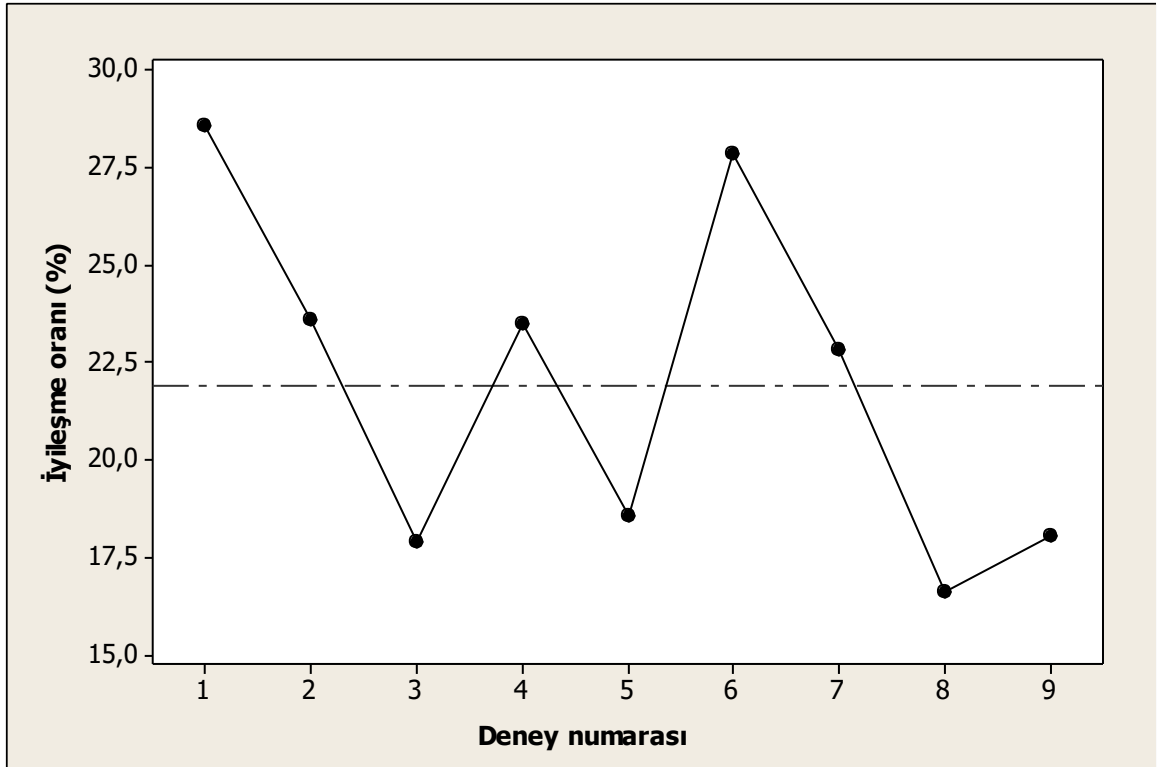
Deneydeki parlatma işlemini silisyum karbür aşındırıcı tozu yardımıyla yapılmıştır. Şekil 5.6' da kullanılan silisyum karbür tozunun boyutuna göre yüzde iyileştirme oranı değerinin sütun grafiği dağılımı verilmiştir. Şekil 5.6' dan çıkacak olan genel sonuçlar, mıknatis sayıları ile beraber toz boyutları ve kullanılan aşındırıcı toz cinsi de iyileşme oranını etkilediği görülmüştür. Deneyde kullanılan 50 µm boyutuna sahip silisyum karbür tozu ile iyileştirme en fazla birinci deneyde olmuştur. 100 µm boyutuna sahip silisyum karbür tozu ile iyileştirme en fazla ikinci deneyde olmuştur. 150 µm boyutuna sahip

silisyum karbür tozu ile iyileştirme en fazla altıncı deneyde olmuştur. Deneyde kullanılan mikron boyutuna sahip silisyum karbür tozları yüzeyi aşındırma da en önemli etkidir. Aşındırıcı tozunun boyutu küçüldükçe yüzeyde oluşan aşınma izlerinin boyutları küçülmekte ve yüzey pürüzlülük değerleri azalmaktadır. Mıknatıs sayısının azalması ile ara bölgede meydana gelen manyetik alanın şiddeti azalmakta ve manyetik demir tozları tarafından aşındırıcı tozlara uygulanan kuvvet ve dolayısıyla basınç da azalmaktadır. Sonuç olarak yüzey pürüzlülük değerleri iyileşmektedir.



Şekil 5.6. Silisyum karbür tozunun boyutuna göre sütun grafiği

Şekil 5.7’ de yüzde iyileşme oranı çizgi grafiğinde görülüyor ki devir sayısı arttıkça merkezkaç kuvveti de arttığından mıknatıs ile çekilen tozların miktarı da azalmaktadır. Dolayısıyla yüzey pürüzlülüğü iyileşmektedir. Yöntemde işleme koşullarına da bağlı olarak, numunelerin yüzey pürüzlük değerlerinde %16 – 28 oranında bir iyileşmenin olduğu tespit edilmiştir. Deneylerde kullanılan tozların çapları arttıkça kesici kenarlarda oluşan kesme kuvvetinin arttığı görülmektedir. Kesme derinliğinin artmasıyla daha fazla malzeme yüzeyden aşındırılmıştır.



Şekil 5.7. MINITAB ile oluşturulan yüzde iyileşme oranı çizgi grafiği

5.2. TS 2040’ a göre Yüzey İyileşme

İşlem öncesi ve sonrası yüzey pürüzlülüğü değerleri incelendiğinde yüzey pürüzlülük değerlerinin iyileştiği görülmektedir. İşlem parametrelerine bağlı olarak daha kaliteli yüzeyler elde edilebilmektedir. MAİ yöntemi ile parlatma işlemi neticesinde numunelerin yüzey kalite aralıkları TS 2040 standardına göre diğer yöntemlerle karşılaştırılmış ve sonuçlar Tablo 5.6’ da verilmiştir. Sonuçlardan da görüldüğü gibi, işlem öncesi (N8 – N9) orta kalite yüzey kalitesine sahip numuneler, MAİ sonrasında (N5 – N6) seviyesine yükselmektedir.

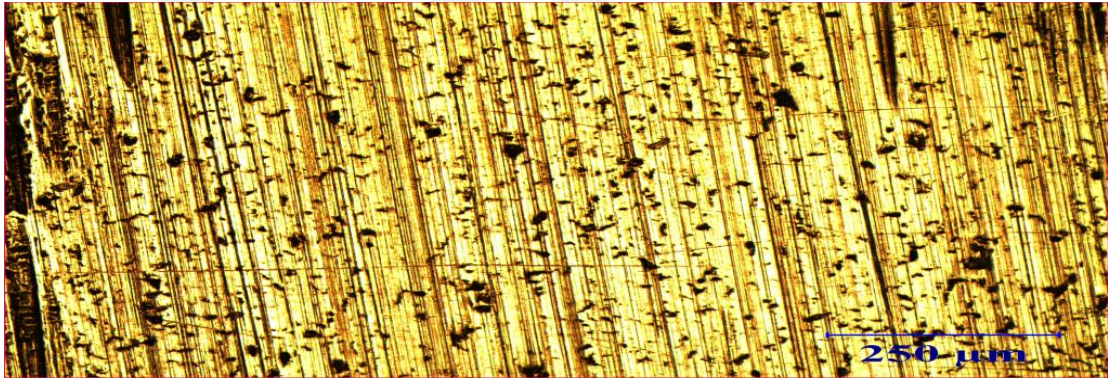
Tablo 5.6. TS 2040' a göre yüzey işleme sembolleri

Aıştırma çeşidi		Hassas			İnce			Orta			Kaba		
Deney No	R_a pürüzlülük sınıf numarası	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12
	R_a pürüzlülük değeri (μm)	0.025	0.05	0.1	0.2	0.4	0.8	1.6	3.2	6.3	12.5	25	50
1	İşlem öncesi R_a değeri												
	İşlem sonrası R_a değeri												
2	İşlem öncesi R_a değeri												
	İşlem sonrası R_a değeri												
3	İşlem öncesi R_a değeri												
	İşlem sonrası R_a değeri												
4	İşlem öncesi R_a değeri												
	İşlem sonrası R_a değeri												
5	İşlem öncesi R_a değeri												
	İşlem sonrası R_a değeri												
6	İşlem öncesi R_a değeri												
	İşlem sonrası R_a değeri												
7	İşlem öncesi R_a değeri												
	İşlem sonrası R_a değeri												
8	İşlem öncesi R_a değeri												
	İşlem sonrası R_a değeri												
9	İşlem öncesi R_a değeri												
	İşlem sonrası R_a değeri												

5.3. Metalografik Sonuçlar

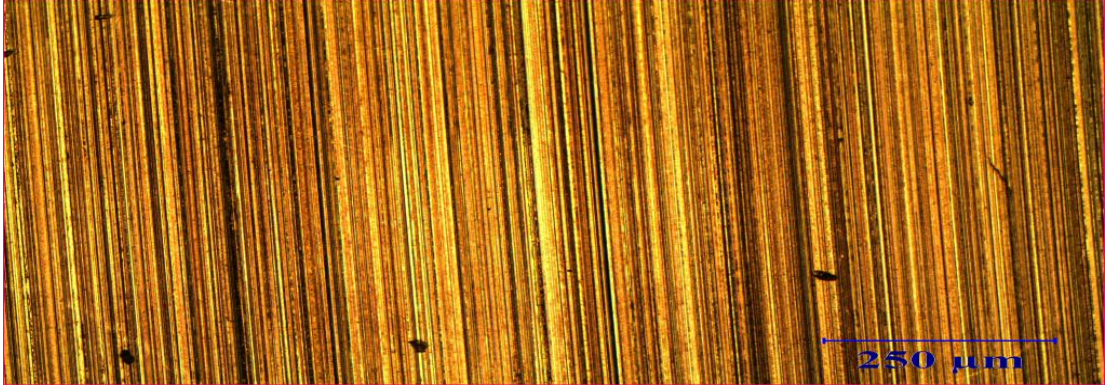
Yüzeydeki pürüzlölük giderilirken parlatılan yüzeyde pürüzlölük çizgileri meydana gelmiştir. Buradaki amaç ise yüzeydeki pürüzlölük çizgilerin yüzeydeki oluşan parlaklık üzerine olan etkisini incelemektir. Yüzey yapısı aşındırıcı tanelerin talaş kaldırma etkisiyle işlem yönüne bağlı olarak pürüzlölük çizgilerinin oluştuğu parlak bir görünüm sergilemektedir. Yüzeydeki pürüzlölük çizgilerin sayısı deneydeki toz boyutuna, kullanılan mıknatıs sayısına ve tozların karışımındaki oranın bağlıdır. Yüzeydeki pürüzlölük giderilirken parlatılan yüzeyde pürüzlölük çizgileri oluşmuştur.

Şekil 5.8’ de birinci numaralı şartlarda yapılan deneyde elde edilen yüzeyin 100x oranında büyütölmüş optik görüntüsü gösterilmiştir. Birinci sıra numaralı deney şartlarında yüzeydeki pürüzlölük çizgileri fazla olmamıştır. Yansıma deneyi yapıldığında en fazla değer birinci numunenin olduğu görölmüştür. Bu da toz tane boyutlarının küçük ve mıknatıs sayısının az olmasından dolayı yüzeyi çizmemiştir. Yüzeydeki pürüzlölük giderilirken parlatılan yüzeyde pürüzlölük çizgileri oluşmuştur.



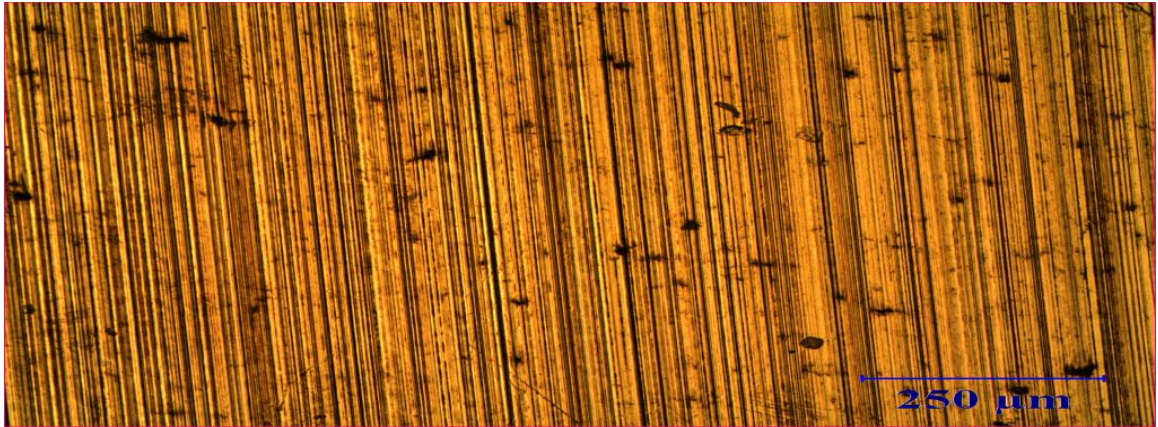
Şekil 5.8. Birinci numunenin işlenmiş yüzeyinin 100x oranında büyütme görüntüsü

Şekil 5.9’ da ikinci sıra numaralı şartlarında yapılan deneyde elde edilen yüzeyin 100x oranında büyütölmüş optik görüntüsü gösterilmiştir. İkinci numune görüntüsünde yüzey üzerindeki pürüzlölük çizgileri daha fazla ve sık bir şekilde oluştuğu gözlenmektedir. İkinci numune yüzeyindeki aşındırıcı toz alüminyum oksit ve silisyum karbür tane boyutlarının artmasıyla yüzeyde pürüzlölük çizgileri sık olmasına neden olmuştur. Aşındırıcı tane boyutu yüzeyde oluşan aşınma izlerinin boyutlarını ve yüzey pürüzlölük değerlerini de etkilemiştir.



Şekil 5.9. İkinci numunenin işlenmiş yüzeyinin 100x oranında büyütme görüntüsü

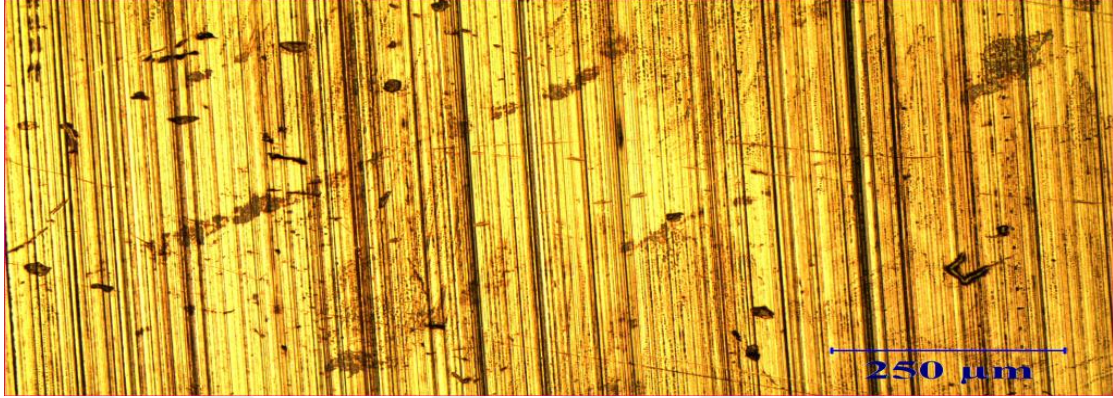
Şekil 5.10’ da üçüncü sıra numaralı şartlarında yapılan deney sonrası elde edilen yüzeyin 100x büyütme optik görüntüsü gösterilmiştir. Üçüncü numune görüntüsündeki yüzey üzerindeki pürüzlülük çizgileri daha fazla ve sık bir şekilde oluştuğu gözlenmektedir. Üçüncü numune yüzeyi üzerindeki pürüzlülük çizgileri ilk iki yapılan deneylerdeki alınan numunelerin yüzeyleri üzerinde oluşan çizgilere göre daha fazla olduğu gözlemlenmektedir. Bu oluşan pürüzlülük çizgilerin sıklığı yüzeydeki yansımayı da olumsuz etkilemektedir. Mıknatıs arttırarak toplamda on iki mıknatısın manyetik alanı etkisiyle toz karışımı çekilmiş ve parlatılan yüzeyde sık pürüzlülük çizgilerin oluşmasına etkili olmuştur.



Şekil 5.10. Üçüncü numunenin işlenmiş yüzeyinin 100x oranında büyütme görüntüsü

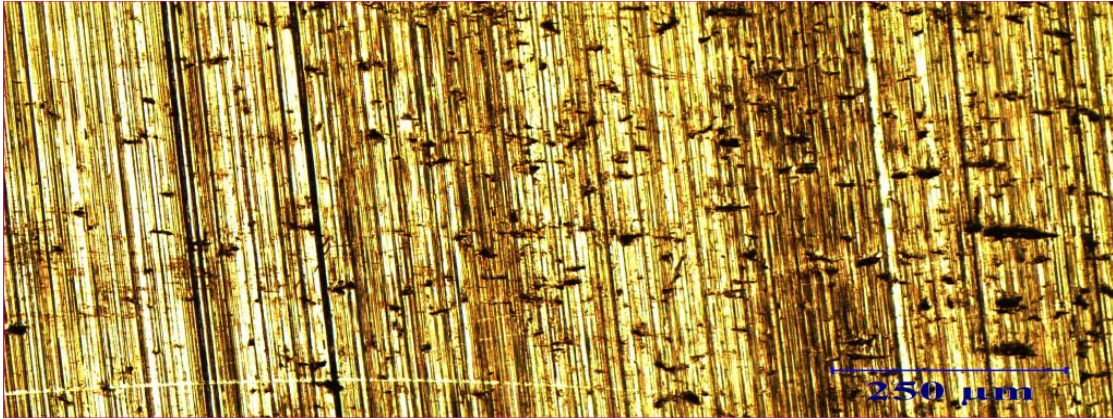
Şekil 5.11’ de dördüncü sıra numaralı şartlarında yapılan deney sonrası elde edilen yüzeyin 100x oranında büyütme optik görüntüsü verilmiştir. Silisyum karbür aşındırıcı toz boyutu küçüldüğünde yüzeyi çizme etkisi de azalmış oluyor. Toz boyutu üçüncü sıra

numaralı deneye göre azaltılmıştır. Dördüncü sıra numaralı deneyin yüzeyinde sık çizgilere rastlanılmamıştır. Mıknatıs sayısı ise toplamda on iki mıknatıs etkisiyle daha fazla manyetik alanda toz karışımı çekilmiş ve parlatılan yüzeyde derin pürüzlülük çizgilerinin oluşmasına etkili olmuştur.



Şekil 5.11. Dördüncü numunenin işlenmiş yüzeyinin 100x oranında büyütme görüntüsü

Şekil 5.12’ de beşinci sıra numaralı deney sonrası elde edilen yüzeyin 100x oranında büyütme optik görüntüsü gösterilmiştir. Beşinci sıra numaralı deneyde mıknatıs sayısı azaldığı için yüzeyde oluşan çizik sayısında azalma oluşmuştur. Bunun sonucunda dördüncü sıra numaralı deneye göre yüzey kalitesi artmıştır.



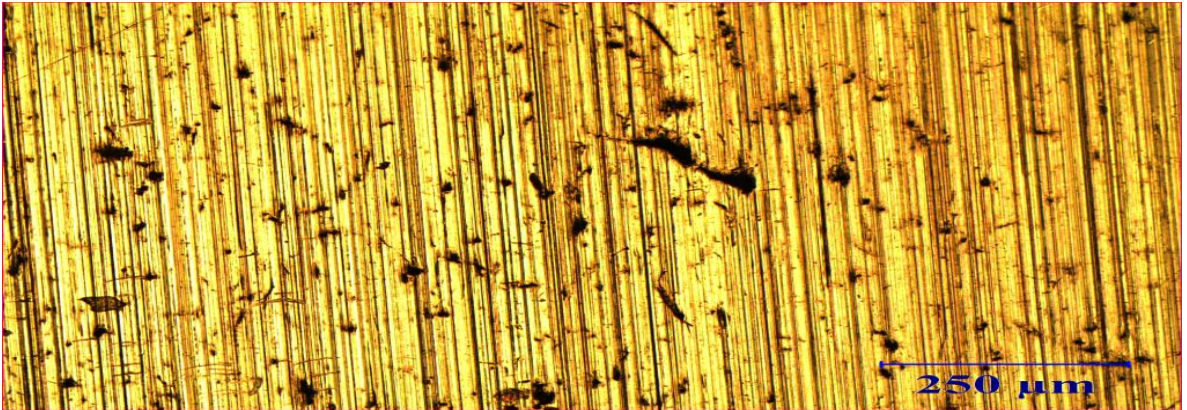
Şekil 5.12. Beşinci numunenin işlenmiş yüzeyinin 100x oranında büyütme görüntüsü

Şekil 5.13’ te altıncı sıra numaralı deney sonrası elde edilen yüzeyin 100x oranında büyütme optik görüntüsü gösterilmiştir. Altıncı numunenin yüzey üzerindeki çizgi sıklığı artmaktadır. Böylece yansıma değerleri altıncı numunede azalmaktadır.



Şekil 5.13. Altıncı numunenin işlenmiş yüzeyinin 100x oranında büyütme görüntüsü

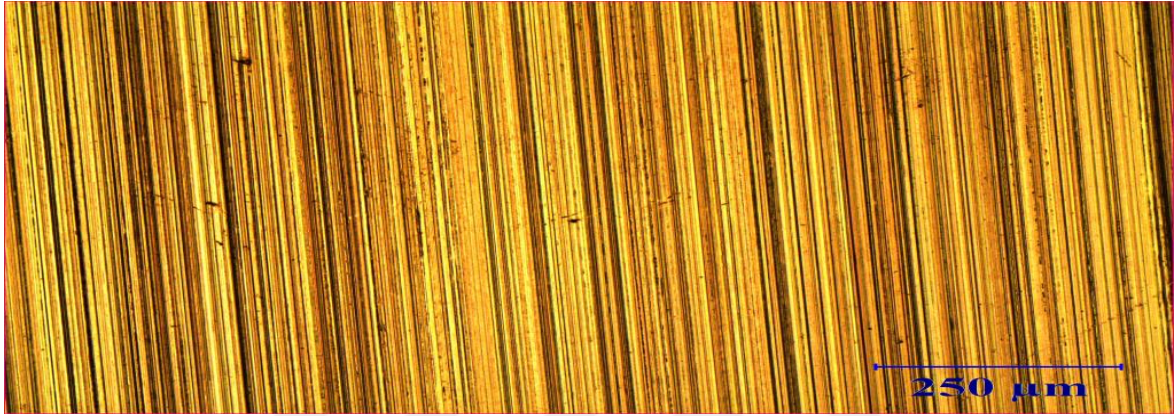
5.14’ te yedinci sıra numaralı deneyde elde edilen yüzeyin 100x oranında büyütme optik görüntüsü gösterilmiştir. Yedinci numunenin yansımaya değeri altıncı numuneye göre daha azdır. Yedi ve altıncı numunede de eşit sayıda mıknatıs kullanılmıştır. Yedinci numunede demir tozu boyutunu arttırarak daha fazla toz karışımı manyetik alan ile çekilmiştir. Bu da yüzeydeki pürüzlülük çizgi sayısını ve çiziklerin derinliğini arttırmıştır.



Şekil 5.14. Yedinci numunenin işlenmiş yüzeyinin 100x oranında büyütme görüntüsü

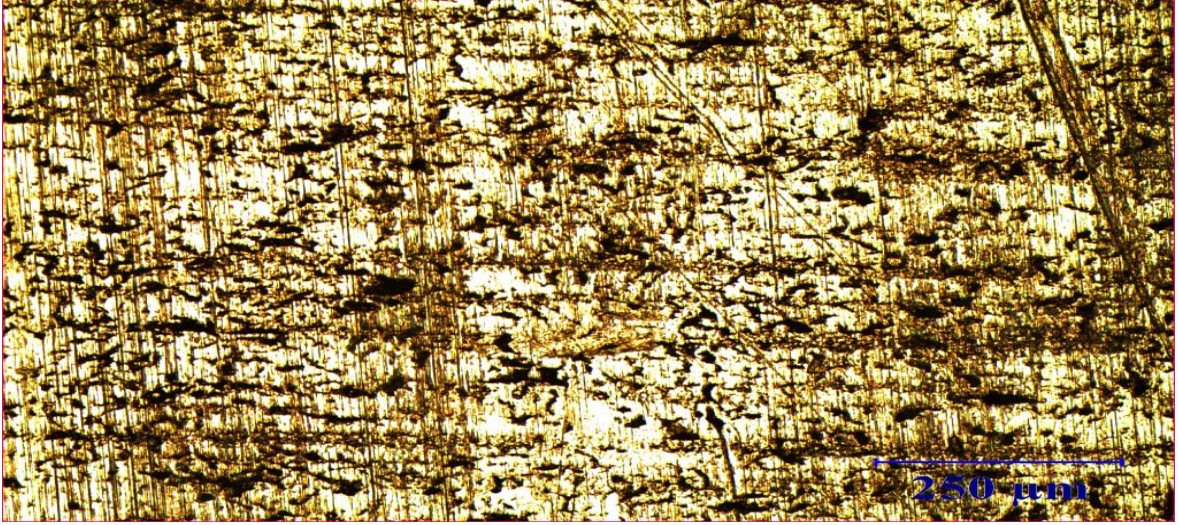
Şekil 5.15’ te sekizinci sıra numaralı deneyde elde edilen yüzeyin 100x oranında büyütme optik görüntüsü gösterilmiştir. Sekizinci numune görüntüsü ile yedinci numune görüntüsü karşılaştırıldığında sekizinci numune yüzey fotoğrafında yüzey üzerindeki oluşan çizgilerin daha yüzeysel ve daha geniş olduklarından matlaşma oluşmuştur. Yedinci numunede ise çizgilerin sekizinci numuneye göre daha dar olması sebebiyle yüzeyini daha parlak bulunmuştur. Sekizinci deneyde mıknatıs sayısı yedinci deneye göre dört fazla olduğu için mıknatısla çekilen tozlar ile yüzey arasında olan sürtünme daha baskın olduğu için yüzeyde deney sonrasında görülen çizgiler yüzeyleşmiş ve netleşmiştir. Sekizinci

deneyde pürüzlülük oranı düşüp daha net bir yüzey elde edilmiştir. Yedinci numuneye göre kıyaslandığında mıknaş sayısı ile birlikte alüminyum oksit toz boyutunun üç katı azalıp silisyum karbürün toz boyutunun iki kat artması da bu sekizinci numune görüntüsündeki çizgilerin daha yüzeysel ve çizgi kalınlıklarının daha ince olmasına neden olmuştur. Sekizinci numunenin yansıma değeri yedinci numuneye göre daha azdır. Sekizinci numune daha mat olduğu için yansıma daha az olmuştur.



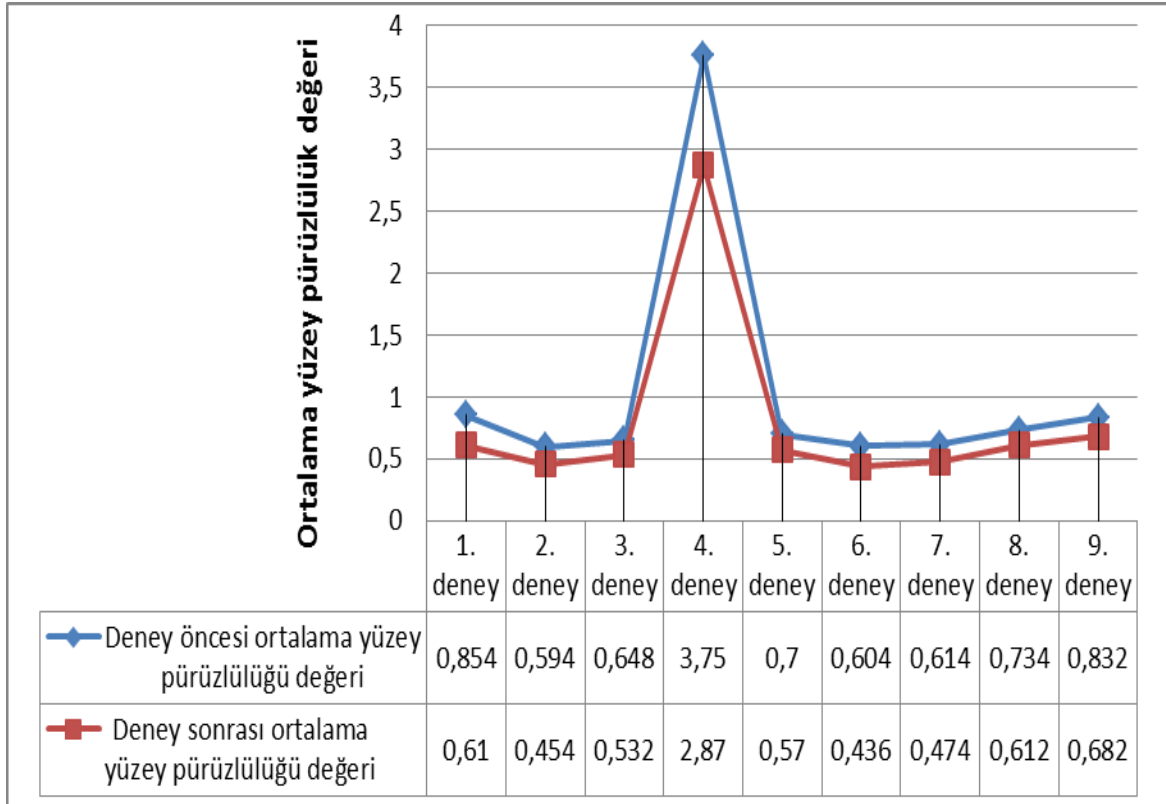
Şekil 5.15. Sekizinci numunenin işlenmiş yüzeyinin 100x oranında büyütme görüntüsü

Şekil 5.16’ da dokuzuncu deney sonrası elde edilen yüzeyin 100x büyütme optik görüntüsü gösterilmiştir. Mıknaş sayısı on iki taneden dört taneye düşünce manyetik etkiyle çekilen tozların yüzeye yaptığı sürtünme etkisi de azalmıştır. Bununla beraber silisyum karbür toz boyutu ise sekizinci deneye göre dokuzuncu deneyde % 50 daha arttırılmış, dokuzuncu deneyde kullanılan alüminyum oksit tozu boyutu sekizinci deneye göre iki kat arttırılmış, dokuzuncu deneyde demir tozu sekizinci deneye göre sabit kalmıştır. Bu oranlar ile yapılan dokuzuncu deneyde numunenin yüzeyi üzerinde oluşan çizgiler daha karmaşık bir görünüm almıştır. Çizgilerin netliği %80 azalmıştır.



Şekil 5.16. Dokuzuncu numunenin işlenmiş yüzeyinin 100x büyütme görüntüsü

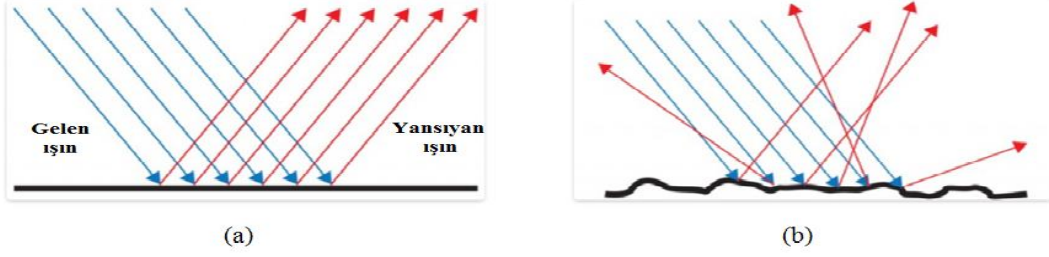
Şekil 5.17’ de bulunan yüzey pürüzlülük değerlerinin dağılım çizgi grafiğine bakıldığında yüzey pürüzlülüğü değerinde en fazla dördüncü numune de düşüş olmuştur. Yüzey pürüzlülüğü değerinde en az üçüncü numune de düşüş olmuştur. Sonuç olarak yapılan dokuz deneyde de yüzey pürüzlülük değerlerinde azalma görülmüştür. Bunun sonucunda dokuz deneyin yüzey kalitelerinde iyileşmeler gözlenmiştir. Yüzey pürüzlülüğüne ve yüzey parlaklığına deneyde kullanılan tozların boyutu, mıknatıs sayısı etki ettiği gözlemlenmiştir. Genel çıkarılacak sonuç ise mıknatıs sayısının arttırılmasından ziyade kullanılan toz tane boyutlarının oranları daha fazla önemlidir. Mıknatıs sayısı sabit kaldığı durumda alüminyum oksit toz oranının %50 daha fazla artmasıyla parlaklık oranını azaltmıştır. Aşındırıcı tanelerin küçük boyutları daha iyi bir yüzey kalitesi verir. Aşındırıcı tanelerin büyük boyutları ise daha büyük malzeme kaldırma hızlarına izin verir. Genelde talaşlı işlemede malzeme kaldırma hızını en üst düzeye çıkarmak için büyük tane boyutu seçilmelidir.



Şekil 5.17. Ortalama yüzey pürüzlülük değerinin çizgi dağılım grafiği

5.4. Reflektans Ölçüm Sonuçları

% Yansıma, bir numuneden yansıtılan ışığın bir referans malzemesinden yansıyan ışığa oranı olarak ölçülür. Genellikle % R ile ifade edilir. Yansıma ölçümü, bir numunenin yapıldığı malzeme hakkında bilgi sunabilir. Yansıma dağılabilir olabilir. Gerçekte, çoğu yüzey mikroskobik bir seviyede görüntülendiğinde pürüzlüdür ve dolayısıyla ışığı çok çeşitli açılarla yansıtan yaygın yansıma sergilemektedir. Biraz parlak veya parlak görünen birçok yüzey dağınık yansımanın bir karışımını sergiler. Bir cisimden gelen yansımayı ölçerken, hangi yansıma türünün baskın olduğunu ve yalnızca yansıyan ışığın bir kısmının veya tamamının toplanıp toplanmayacağını düşünmek önemlidir [36]. Şekil 5.18' de yüzeye göre yansıyan ışınların dağılımı gösterilmiştir.



Şekil 5.18. Yüzeye göre yansıyan ışınların dağılımı (a) Düz yüzeyde yansıma (b) Pürüzlü yüzeyde dağınık yansıma [36]

Lazer kesim ile elde edilen 10 mm x 10 mm x 4 mm kalınlığındaki numuneler Fırat Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik bölümündeki UV-3600 Spektrofotometre cihazı ile reflektans ölçümü yapılarak sonuç grafikleri incelenmiştir. Bu cihazda ışının geliş açısı 8 derecedir. Şekil 5.19’ da UV-3600 Spektrofotometre reflektans cihazı verilmiştir.



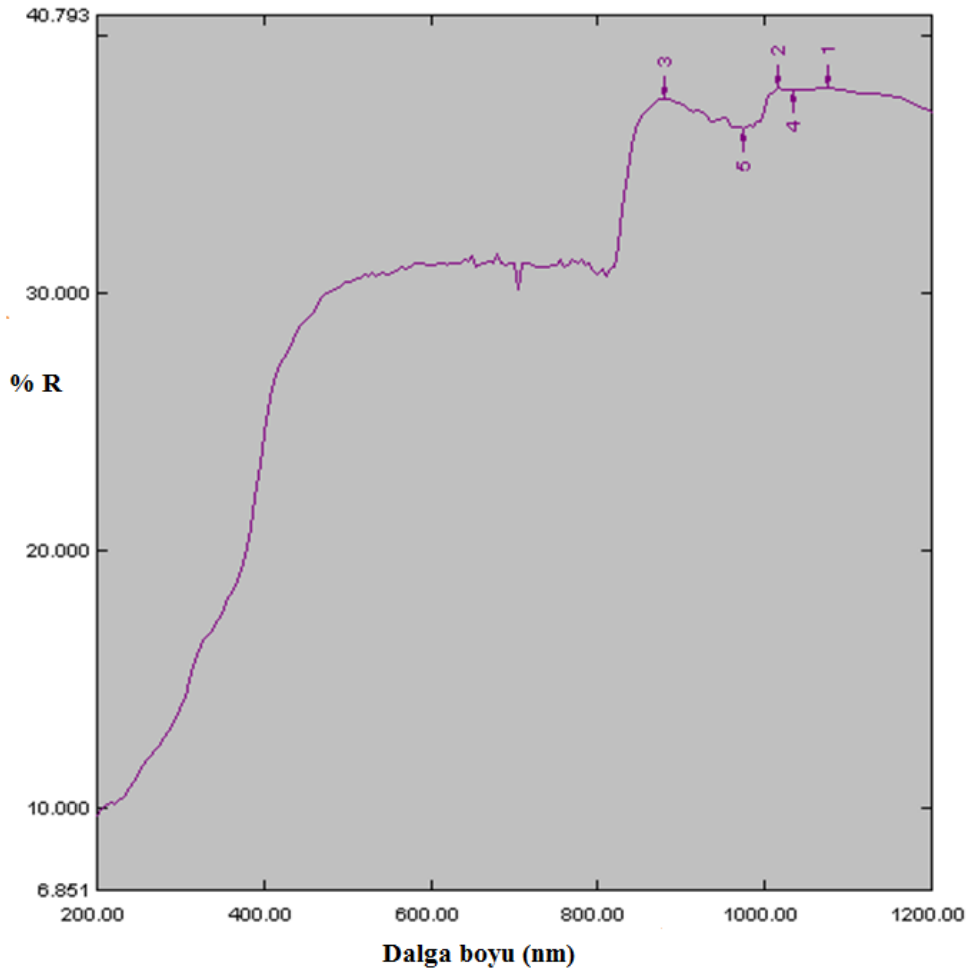
Şekil 5.19. UV-3600 Spektrofotometre cihazı

Dalga boyu değerleri numunenin üzerine gönderilen ışığın yansıması ile elde edilen % Reflektans değerleri bulunmuştur. 200 nm ile 1200 nm dalga boyu aralığında numunelerin yüzeylerine UV ışınları gönderilmesi suretiyle alınan reflektans ölçüm sonuçlarını sırasıyla şekil 5.20-27’ de verilmiştir. Grafik üzerinde maksimum yansıma ve minumum yansıma değerleri verilmiştir. Parlaklıktan ziyade yansıma değerleri esas alınmıştır.

Birinci deney numunesindeki maksimum olduğu dalga boyu değeri 800 nm ile 1000 nm arasındaki 3 numara ile gösterilen tepedir. Birinci deney numunesindeki maksimum olduğu dalga boyu değeri 1000 nm ile 1200 nm arasındaki 1 ve 2 numara ile gösterilen tepelerdir. Minumum dalga boyu değeri ise 800 nm ile 1200 nm arasında 4 ve 5

ile gösterilen yerlerdir. Maksimum yansıma değeri 1015 nm dalga boyunda % 37.940 reflektans değeridir. En yüksek tepenin olduğu yer en fazla yansımanın olduğu yerdir.

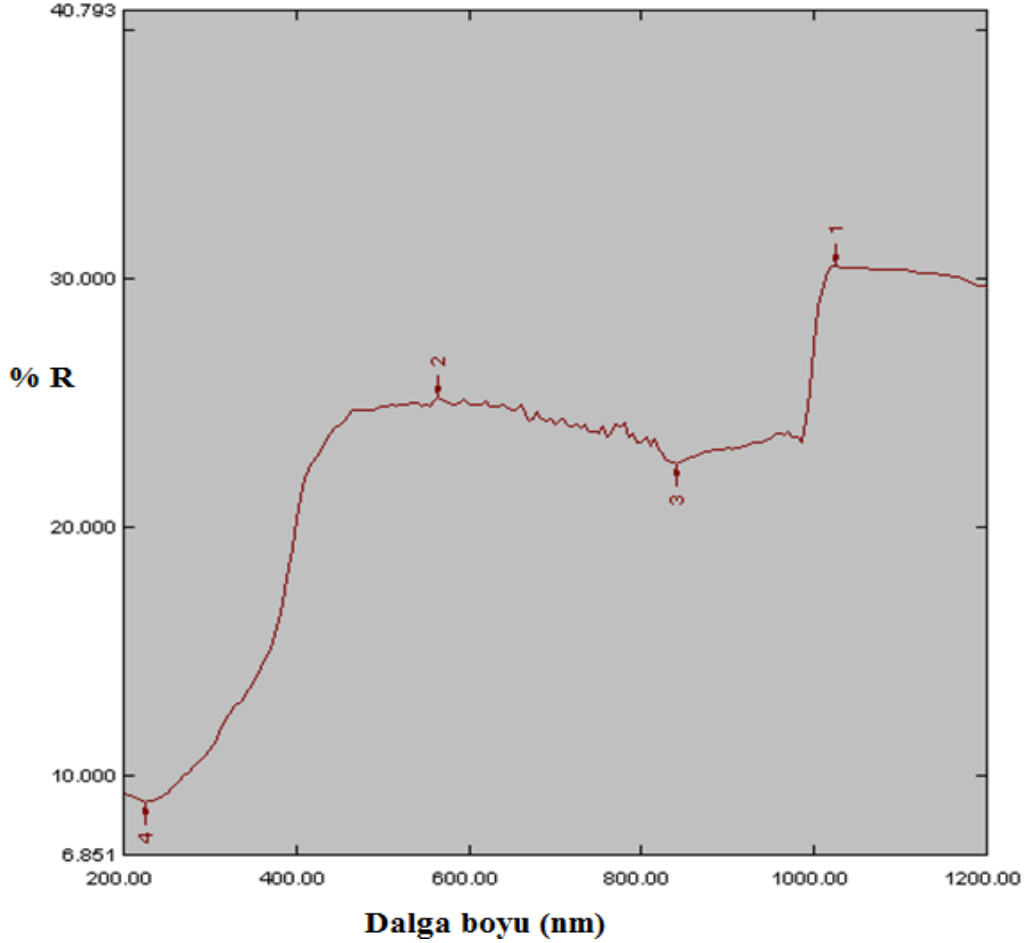
Yansıma deneyi yapıldığında birinci numunenin en yüksek değere sahip olduğu görülmüştür. Bu da toz tane boyutlarının küçük ve mıknaatıs sayısının az olmasından dolayı yüzeyi fazla çizmemiştir. Fazla olan çizikler yüzeyin parlatılması açısından da sakıncalıdır. Çünkü yüzeydeki çizikler arttıkça gelen ışığı sönümleyeceğinden dolayı yüzeyin parlaklığını azaltır. % Reflektans değer çizgi grafiği şekil 5.20' de verilmiştir.



Şekil 5.20. Birinci numunenin dalga boyu ile % reflektans değer çizgi grafiği

İkinci deney numunesindeki maksimum olduğu dalga boyu değeri 400 ile 600 nm arasındaki 2 numara ile gösterilen tepedir. İkinci deney numunesindeki maksimum olduğu dalga boyu değeri 1000 nm ile 1200 nm arasındaki 1 numara ile gösterilen tepedir. Minimum dalga boyu değeri ise 800 ile 1000 nm arasında 3 ile gösterilen yerdir.

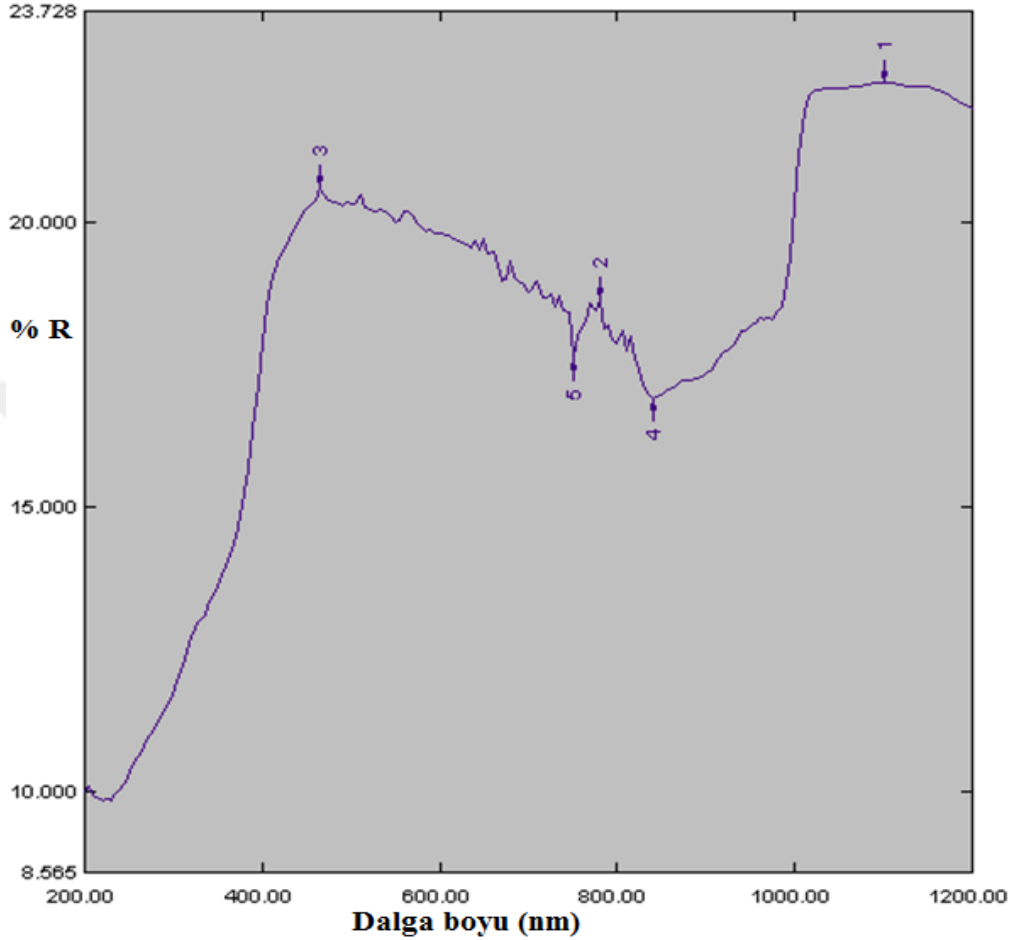
Maksimum yansıma değeri 1025 nm dalga boyunda % 30.492 reflektans değeridir. En yüksek tepenin olduğu yer en fazla yansımanın olduğu yerdir. İkinci numune yüzeyindeki çiziklerden dolayı yüzeyin yansıma değerini azaltmış ve birinci numuneye göre daha az yansıma değerine sahiptir. % Reflektans değer çizgi grafiği şekil 5.21’ de verilmiştir.



Şekil 5.21. İkinci numunenin dalga boyu ile % reflektans değer çizgi grafiği

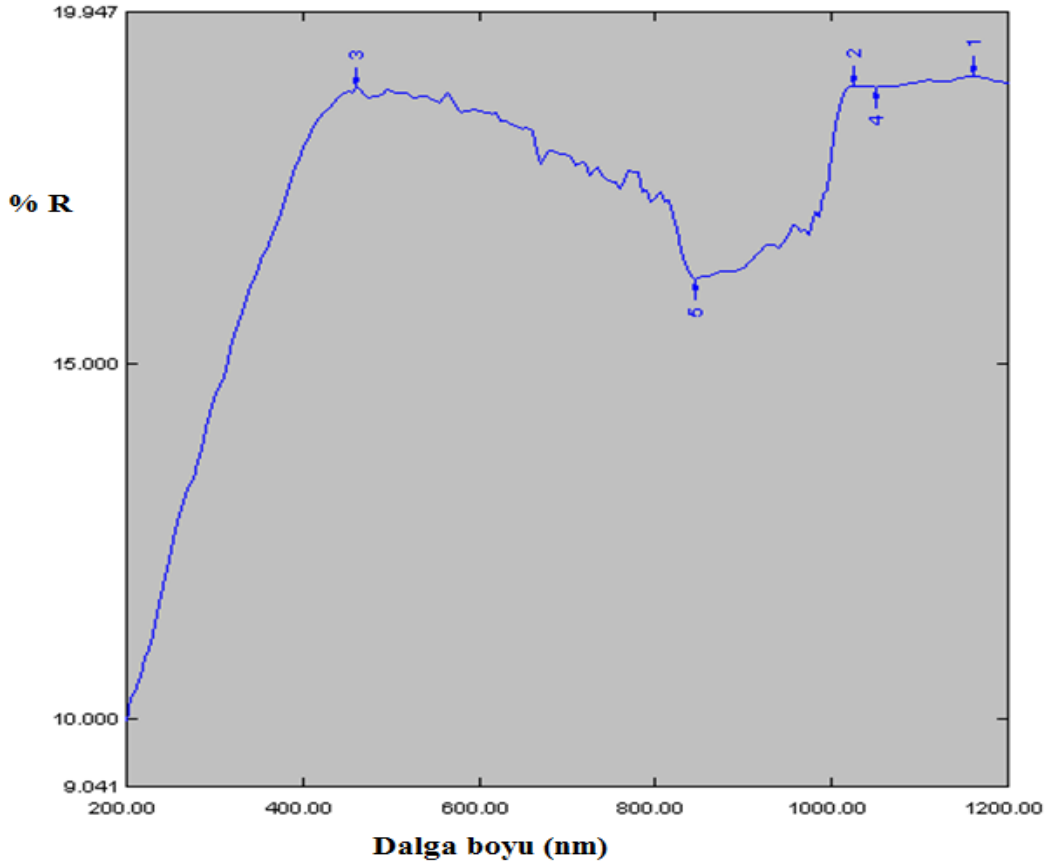
Üçüncü deney numunesindeki maksimum olduğu dalga boyu değeri 400 ile 600 nm arasındaki 3 numara ile gösterilen tepedir. Üçüncü deney numunesindeki maksimum olduğu dalga boyu değeri 600 nm ile 1200 nm arasındaki 2 ve 1 numara ile gösterilen tepelerdir. Minimum dalga boyu değeri ise 600 ile 1000 nm arasında 4 ve 5 ile gösterilen yerlerdir. Maksimum yansıma değeri 1100 nm dalga boyunda % 22.464 reflektans değeridir. En yüksek tepenin olduğu yer en fazla yansımanın olduğu yerdir. Üçüncü numune yüzeyindeki çiziklerden dolayı yüzeyin yansımasını azaltmış ve birinci ile ikinci

numune yüzeyinin yansımaya değerine göre daha az yansımaya değerine sahip olduğu görülmüştür. % Reflektans değer çizgi grafiği şekil 5.22’ de verilmiştir.



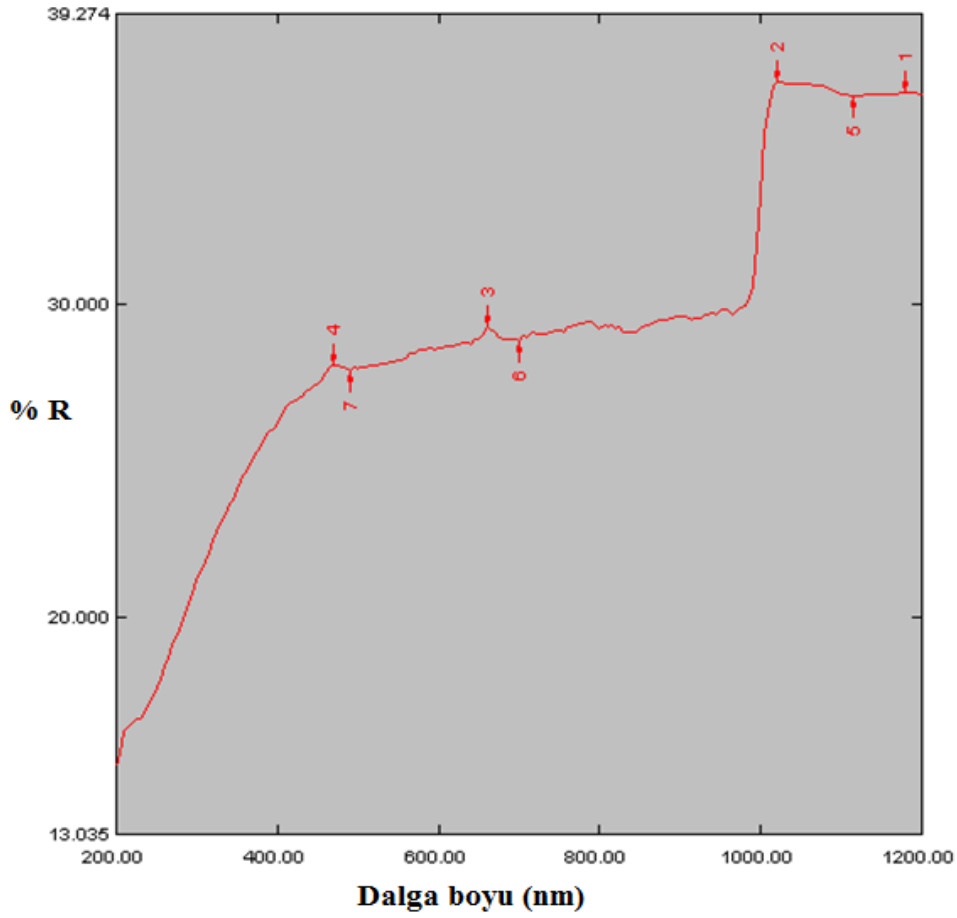
Şekil 5.22. Üçüncü numunenin dalga boyu ile % reflektans değer çizgi grafiği

Dördüncü deney numunesindeki maksimum olduğu dalga boyu değeri 400 ile 600 nm arasındaki 3 numara ile gösterilen tepedir. Dördüncü deney numunesindeki maksimum olduğu dalga boyu değeri 1000 nm ile 1200 nm arasındaki 2 ve 1 numara ile gösterilen tepelerdir. Minimum dalga boyu değeri ise 800 ile 1200 nm arasında 4 ve 5 ile gösterilen yerlerdir. Maksimum yansımaya değeri 1160.0 nm dalga boyunda % 19.038 reflektans değeridir. En yüksek tepenin olduğu yer en fazla yansımaya sahip olduğu yerdir. Yansımaya deneyi yapıldığında dördüncü numune yüzeyindeki çiziklerden dolayı yüzeyin yansımaya değerini azaltmış ve yapılan toplam dokuz deneyin numune yüzeylerinin yansımaya değerine göre daha az yansımaya değerine sahip olduğu görülmüştür. Dalga boyunun numune üzerinde ışığın yansımaya değeriyle oluşan grafik Şekil 5.23’ te gösterilmiştir.



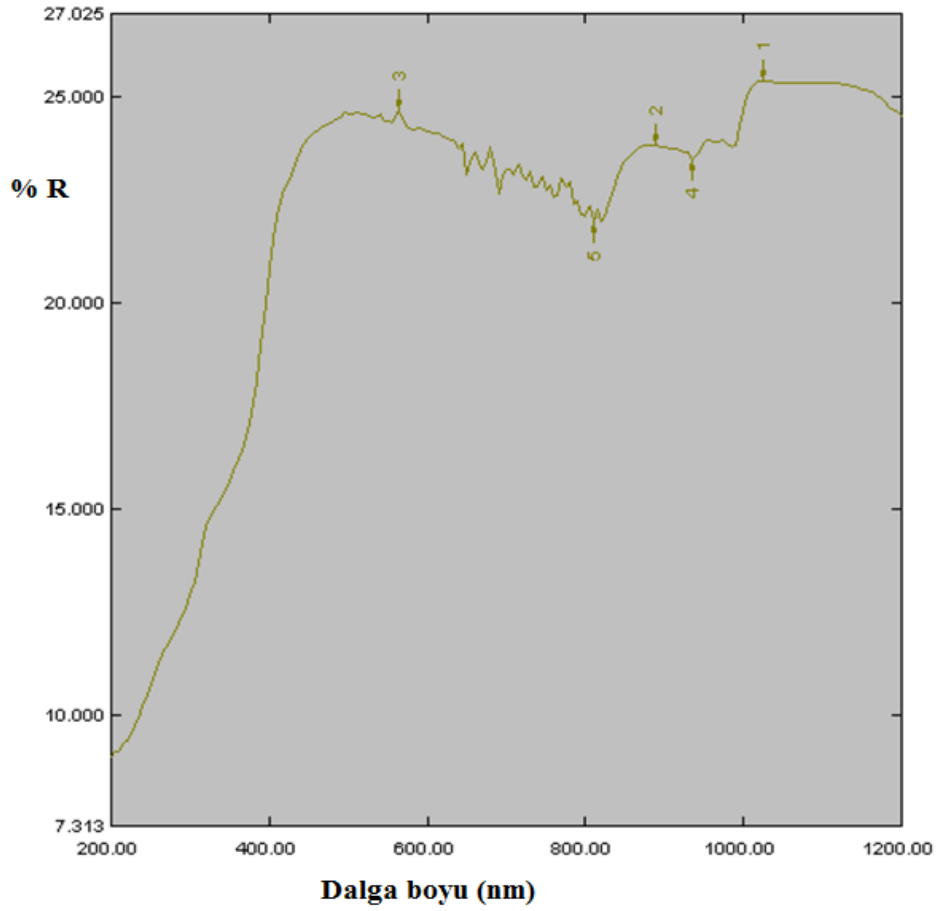
Şekil 5.23. Dördüncü numunenin dalga boyu ile % reflektans değer çizgi grafiği

Beşinci deney numunesindeki maksimum olduğu dalga boyu değeri 400 ile 800 nm arasındaki 3 ve 4 numara ile gösterilen tepelerdir. Beşinci deney numunesindeki maksimum olduğu dalga boyu değeri 1000 nm ile 1200 nm arasındaki 1 ve 2 numara ile gösterilen tepelerdir. Minumum dalga boyu değeri ise 400 ile 800 nm arasında 6 ve 7 gösterilen yerlerdir. Minumum dalga boyu değeri 1000 ile 1200 arasındaki 5 numara ile gösterilen yerdir. Maksimum yansıma değeri 1020.0 nm dalga boyunda % 37.088 reflektans değeridir. En yüksek tepenin olduğu yer en fazla yansımanın olduğu yerdir. Yansıma değeri birinci numuneye yakın değerdedir. Dördüncü numuneye göre mıknatıs sayısı azaldığı için yüzeyde oluşan çizik sayısında azalma oluşacaktır. Dalga boyunun numune üzerinde ışığın yansımasıyla oluşan grafik Şekil 5.24' te gösterilmiştir.



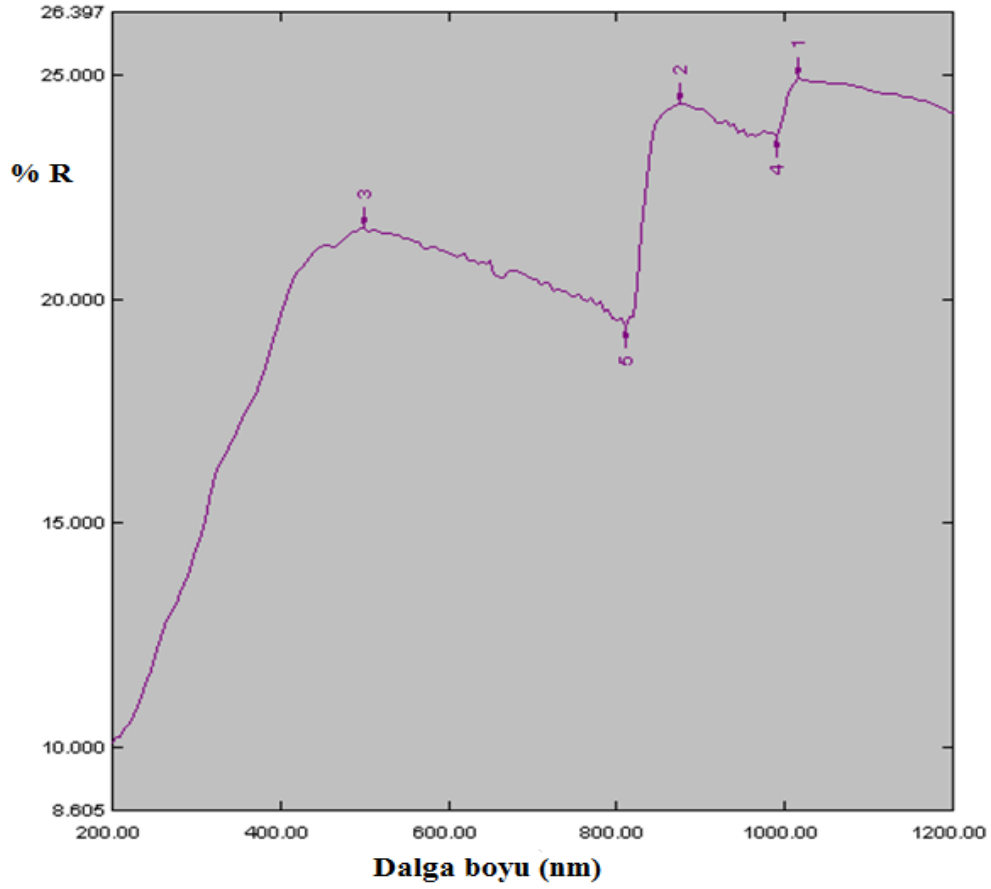
Şekil 5.24. Beşinci numunenin dalga boyu ile % reflektans değer çizgi grafiği

Altıncı deney numunesindeki maksimum olduğu dalga boyu değeri 400 nm ile 800 nm arasındaki 3 numara ile gösterilen tepedir. Altıncı deney numunesindeki maksimum olduğu dalga boyu değeri 800 nm ile 1200 nm arasındaki 1 ve 2 numara ile gösterilen tepelerdir. Minimum dalga boyu değeri ise 800 nm ile 1000 nm arasındaki 4 ve 5 numara ile gösterilen yerlerdir. Maksimum yansıma değeri 1025.0 nm dalga boyunda % 25.382 reflektans değeridir. En yüksek tepenin olduğu yer en fazla yansımanın olduğu yerdir. Altıncı numune yüzey fotoğrafı yapılan toplam dokuz deneyin en yüksek yansıma değere sahip birinci yüzey numune fotoğrafı ile karşılaştırıldığında altıncı numunenin yüzey üzerindeki çizgi sıklığı artmakta ve yüzey üzerindeki çizgi fazla olmaktadır. Böylece yansıma değerleri altıncı numunede azalmaktadır. Dalga boyunun numune üzerinde ışığın yansımasıyla oluşan grafik Şekil 5.25’ te gösterilmiştir.



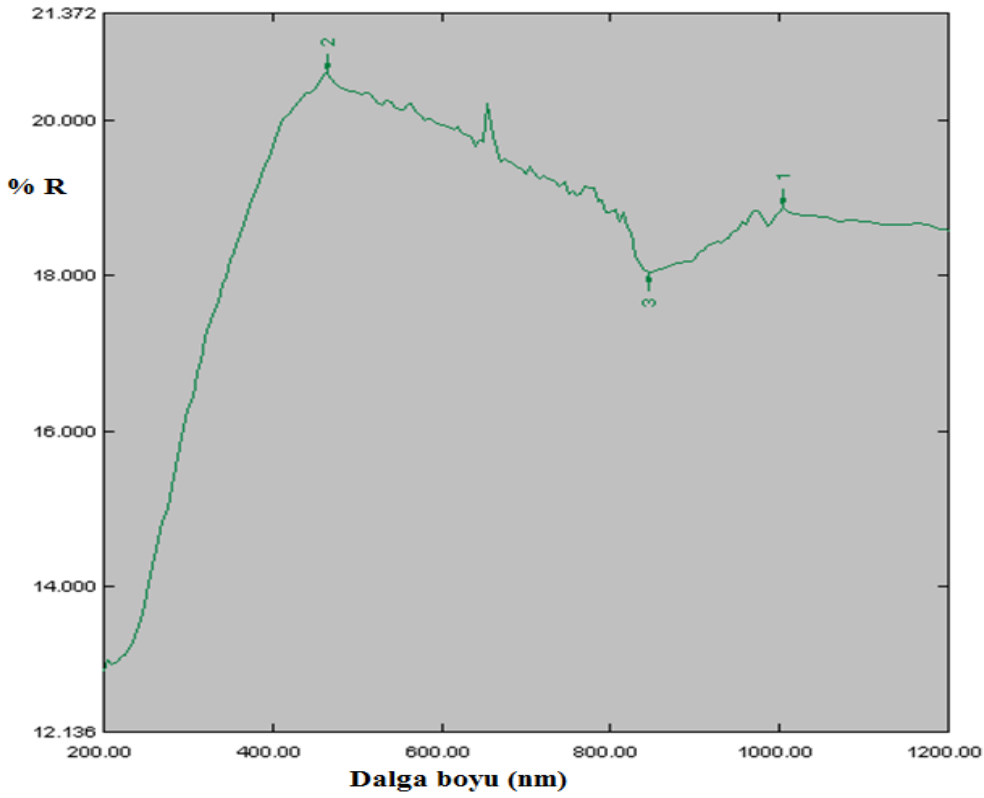
Şekil 5.25. Altıncı numunenin dalga boyu ile % reflektans değer çizgi grafiği

Yedinci deney numunesindeki maksimum olduğu dalga boyu değeri 400 nm ile 600 nm arasındaki 3 numara ile gösterilen tepedir. Yedinci deney numunesindeki maksimum olduğu dalga boyu değeri 800 nm ile 1200 nm arasındaki 1 ve 2 numara ile gösterilen tepelerdir. Minimum dalga boyu değeri ise 800 ile 1000 arasındaki 4 ve 5 numara ile gösterilen yerlerdir. Maksimum yansıma değeri 1015.0 nm dalga boyunda % 24.915 reflektans değeridir. En yüksek tepenin olduğu yer en fazla yansımanın olduğu yerdir. Yedinci numunenin yansıma değeri altıncı numuneye göre daha azdır. Yedi ve altıncı numunede de eşit sayıda mıknatıs kullanılmıştır. Dalga boyunun numune üzerinde ışığın yansımasıyla oluşan grafik Şekil 5.26’ da gösterilmiştir.



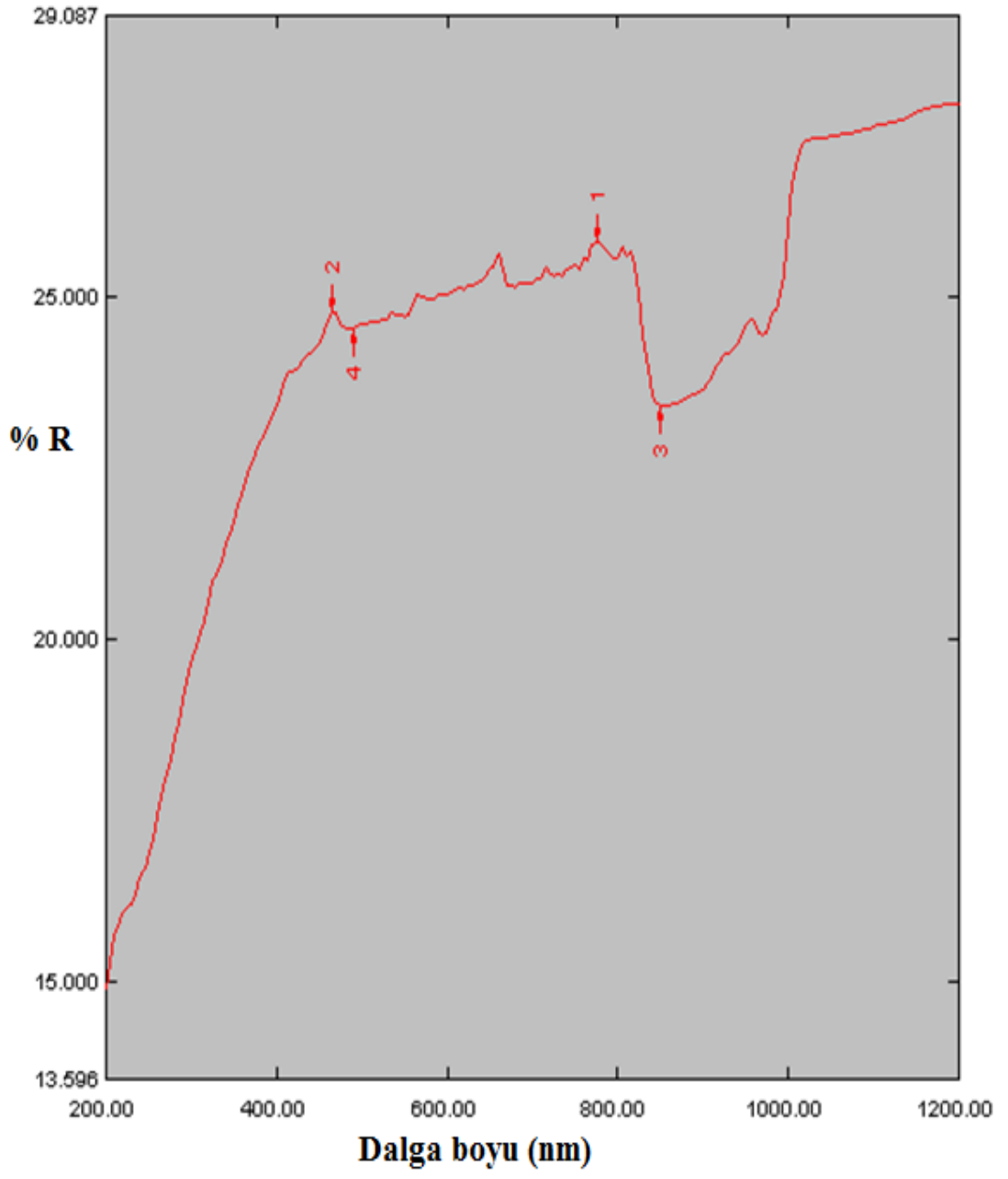
Şekil 5.26. Yedinci numunenin dalga boyu ile % reflektans değer çizgi grafiği

Sekizinci deney numunesindeki maksimum olduğu dalga boyu değeri 400 nm ile 600 nm arasındaki 2 numara ile gösterilen tepedir. Sekizinci deney numunesindeki maksimum olduğu dalga boyu değeri 1000 nm ile 1200 nm arasındaki 2 numara ile gösterilen tepedir. Minumum dalga boyu değeri ise 800 nm ile 1000 nm arasındaki 3 numara ile gösterilen yerdir. Maksimum yansımaya değeri 465.0 nm dalga boyunda % 20.602 reflektans değeridir. En yüksek tepenin olduğu yer en fazla yansımının olduğu yerdir. Sekizinci numunenin yansımaya değeri yedinci numuneye göre daha azdır. Sekizinci numune daha mat olduğu için yansımaya daha az olmuştur. Dalga boyunun numune üzerinde ışığın yansımısıyla oluşan grafik Şekil 5.27’ de gösterilmiştir.



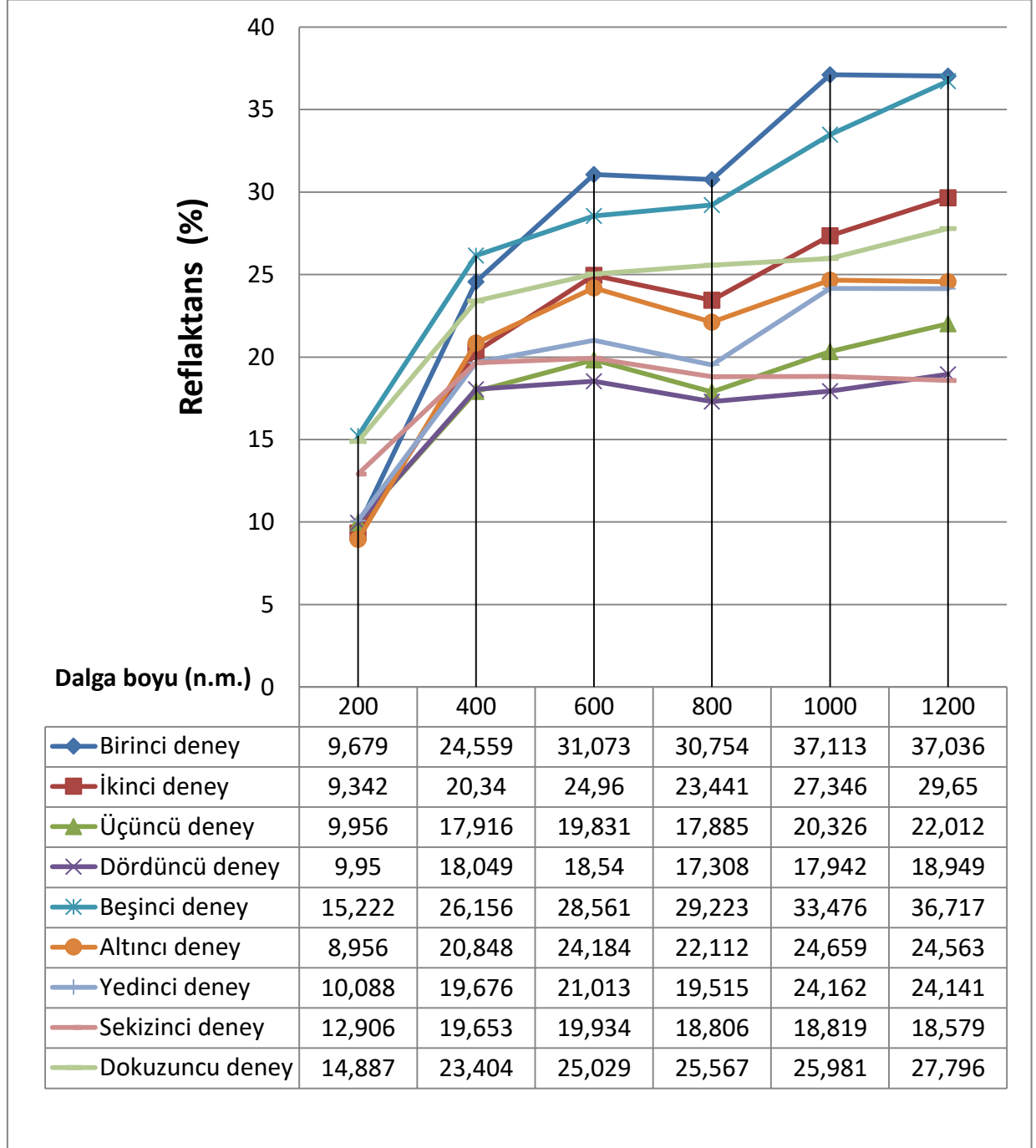
Şekil 5.27. Sekizinci numunenin dalga boyu ile % reflektans değer çizgi grafiği

Dokuzuncu deney numunesindeki maksimum olduğu dalga boyu değeri 400 nm ile 600 nm arasındaki 2 numara ile gösterilen tepedir. Dokuzuncu deney numunesindeki maksimum olduğu dalga boyu değeri 600 nm ile 800 nm arasındaki 1 numara ile gösterilen tepedir. Minimum dalga boyu değeri ise 400 nm ile 600 nm arasındaki 4 numara ile gösterilen yerdir. Minimum dalga boyu değeri ise 800 nm ile 1000 nm arasındaki 3 numara ile gösterilen yerdir. Maksimum yansıma değeri 1200 nm dalga boyunda % 27.796 reflektans değeridir. En yüksek tepenin olduğu yer en fazla yansımanın olduğu yerdir. Dokuzuncu deneyde kullanılan alüminyum oksit tozu boyutu sekizinci deneye göre iki kat arttırılmıştır. Dokuzuncu deneyde demir tozu sekizinci deneye göre sabit kalmıştır. Bu oranlar ile yapılan dokuzuncu deneyde numunenin yüzeyi daha parlak, yüzey üzerinde oluşan çizgiler daha karmaşık bir görünüm almıştır. Dalga boyunun numune üzerinde ışığın yansımasıyla oluşan grafik Şekil 5.28’ de gösterilmiştir.



Şekil 5.28. Dokuzuncu numunenin dalga boyu ile % reflektans değer çizgi grafiği

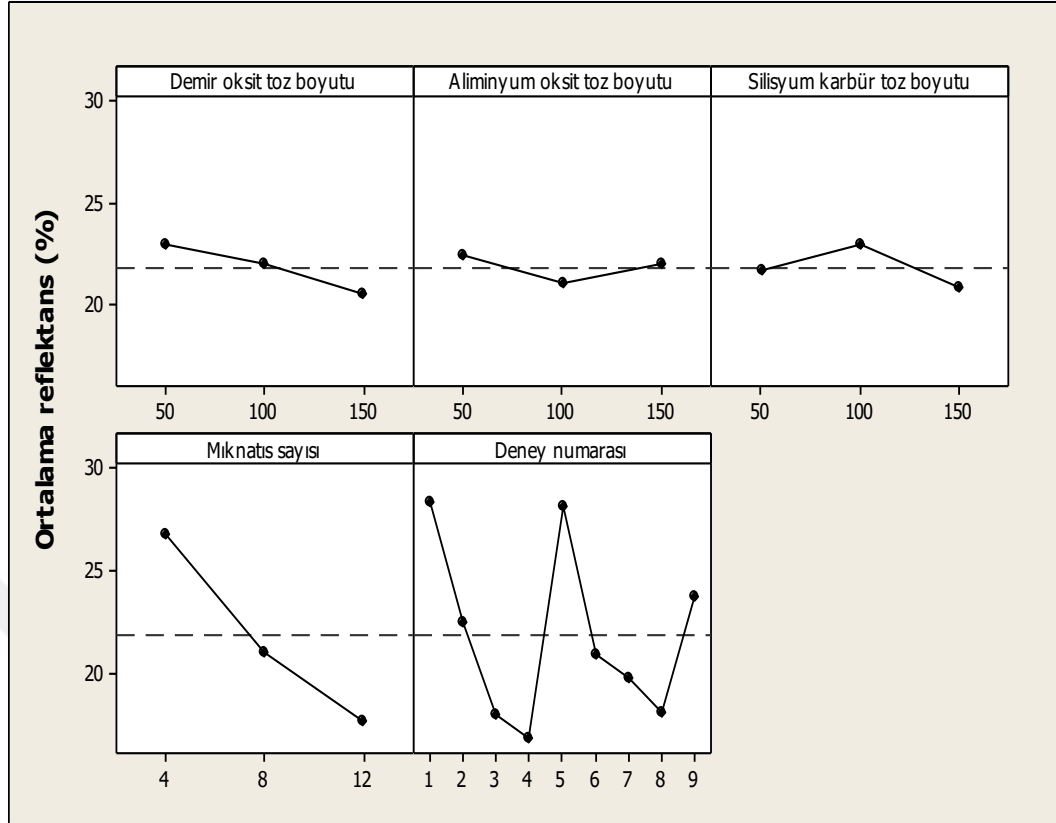
5.5. Dokuz Deney Numunesinin Reflektans İnceleme Sonuçları



Şekil 5.29. Dokuz deney reflektans inceleme sonuç çizgi grafiği

Şekil 5.29' da reflektans inceleme sonuç çizgi grafiğindeki % reflektans değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak en fazla yansıma yapılan deney numunesi bulunur. En fazla yansımayı birinci ve beşinci numunede görülmüştür. En az yansıma da dördüncü ve üçüncü numunede görülmüştür. Birinci numunenin ortalama % reflektans değeri 28.369' dur. İkinci numunenin ortalama % reflektans değeri 22.513' tür. Üçüncü numunenin ortalama % reflektans değeri 17.987' dir. Dördüncü numunenin ortalama % reflektans değeri 16.789' dur. Beşinci numunenin ortalama % reflektans değeri 28.226' dır. Altıncı numunenin ortalama % reflektans değeri 20.887' dir. Yedinci numunenin ortalama % reflektans değeri 19.766' dır. Sekizinci numunenin ortalama % reflektans değeri 18.116'dır. Dokuzuncu numunenin ortalama % reflektans değeri 23.777' dir. Pürüzlü yüzeylerde olan yansıma karmaşıktır. Yüzey pürüzlülüğü arttıkça yansıma açısı artarak yansıma değeri azalacaktır.

Sonuç olarak toz boyutları en düşük seviyede iken demir oksit toz boyutu 50 μm , alüminyum oksit toz boyutu 50 μm , silisyum karbür toz boyutu 50 μm olduğu ve dört mıknatısın kullanıldığı birinci numunede yansımanın en yüksek olduğu görülmüştür. Toz boyutları en büyük seviyede iken demir oksit toz boyutu 100 μm , alüminyum oksit toz boyutu 100 μm , silisyum karbür toz boyutu 50 μm olduğu ve on iki mıknatısın kullanıldığı dördüncü numunede yansımanın en düşük olduğu görülmüştür. Toz boyutu artınca yansıma değerinin azaldığı görülmüştür. Daha kaliteli yüzey elde edebilmek için manyetik etki ile çekilen demir tozu boyutunu büyültüp aşındırıcı tozların boyutunu demir tozuna göre küçük tuttuğumuzda fener milinin dönmesi ile aşındırıcı tozların savrulmasını azaltabiliriz.



Şekil 5.30. MINITAB ile oluşturulan ortalama reflektans etki grafikleri

Şekil 5.30’ da mıknatıs sayısı ile reflektans değişim çizgi grafikleri gösterilmiştir. Mıknatıs sayısı arttığında iş plakası yüzeyinde çizilme miktarı arttığından yansıtma değeri azaldığını grafikten anlaşılır. Toz boyutları arttığında reflektans değerleri azaldığı için yansıtma değerleri de azalmıştır.

6. GENEL SONUÇLAR

- Aşındırıcı tane boyutunun azalması ile yüzeyde oluşan aşınma izlerinin boyutları küçülmekte ve yüzey pürüzlülük değerleri azalmaktadır.
- Mıknatıs sayısının azalması ile ara bölgede meydana gelen manyetik alanın şiddeti azalmakta ve manyetik demir tozları tarafından aşındırıcı tozlara uygulanan kuvvet ve dolayısıyla basınç da azalmaktadır. Sonuç olarak yüzey pürüzlülük değerleri iyileşmektedir.
- Normal kuvvetler çoğu bölgede yoğunlaşıp tozların birbirini çekmesini sağlar ve toz taneleri arasında itme ile gerilme kuvveti oluşarak parlatılma işleminin yapıldığı gözlenmiştir.
- Çevre dostu bir yöntemdir ve kesici takım maliyeti yoktur.
- Devir sayısı 500 dev/dak' da sabit tutulan bir ortamda çekilen tozların miktarı, mıknatısın manyetik alanın şiddeti ile doğru orantılıdır. Mıknatıs sayısı artınca manyetik alan şiddeti de artacağından çekilen tozların miktarı da artar dolayısıyla yüzey pürüzlülüğü kötüleşmektedir.
- MAİ yöntemi ile yüzey kalitesinde yüzey pürüzlük değerlerinde %16 – 28 oranında bir iyileşme sağlanmıştır.
- Mıknatıslar ile iş parçası arasındaki mesafe (işleme boşluğu) küçüldükçe, mıknatıs sayısı arttıkça daha etkin bir parlatma işleminin yapıldığı belirlenmiştir.
- Tasarlanan tutucu aparat boyutları sabit kalınarak karışımda kullanılan toz oranları azaltılıp merkezkaç kuvvetin etkisiyle toz fırlatılması en aza indirgenebilir.

7. ÖNERİLER

- Daha sonraki çalışmalarda, düzlem yüzeyler yerine iç yüzeylerin MAİ yöntemiyle işlenebilirliği araştırılabilir.
- Farklı aşındırıcı çeşitleri kullanılarak etkileri incelenebilir.
- Sabit mıknatıslar yerine elektro mıknatıslar kullanılabilir.
- Karışımlardaki aşındırıcı ve demir tozları oranları değiştirilerek etkileri incelenebilir.
- Daha sonraki çalışmalarda, devir sayısı arttırılırsa merkezkaç kuvveti de artacağından mıknatıs ile çekilen tozların miktarı da azalacaktır. Dolayısıyla yüzey pürüzlülüğünün iyileşmesi sağlanacaktır.

8. KAYNAKLAR

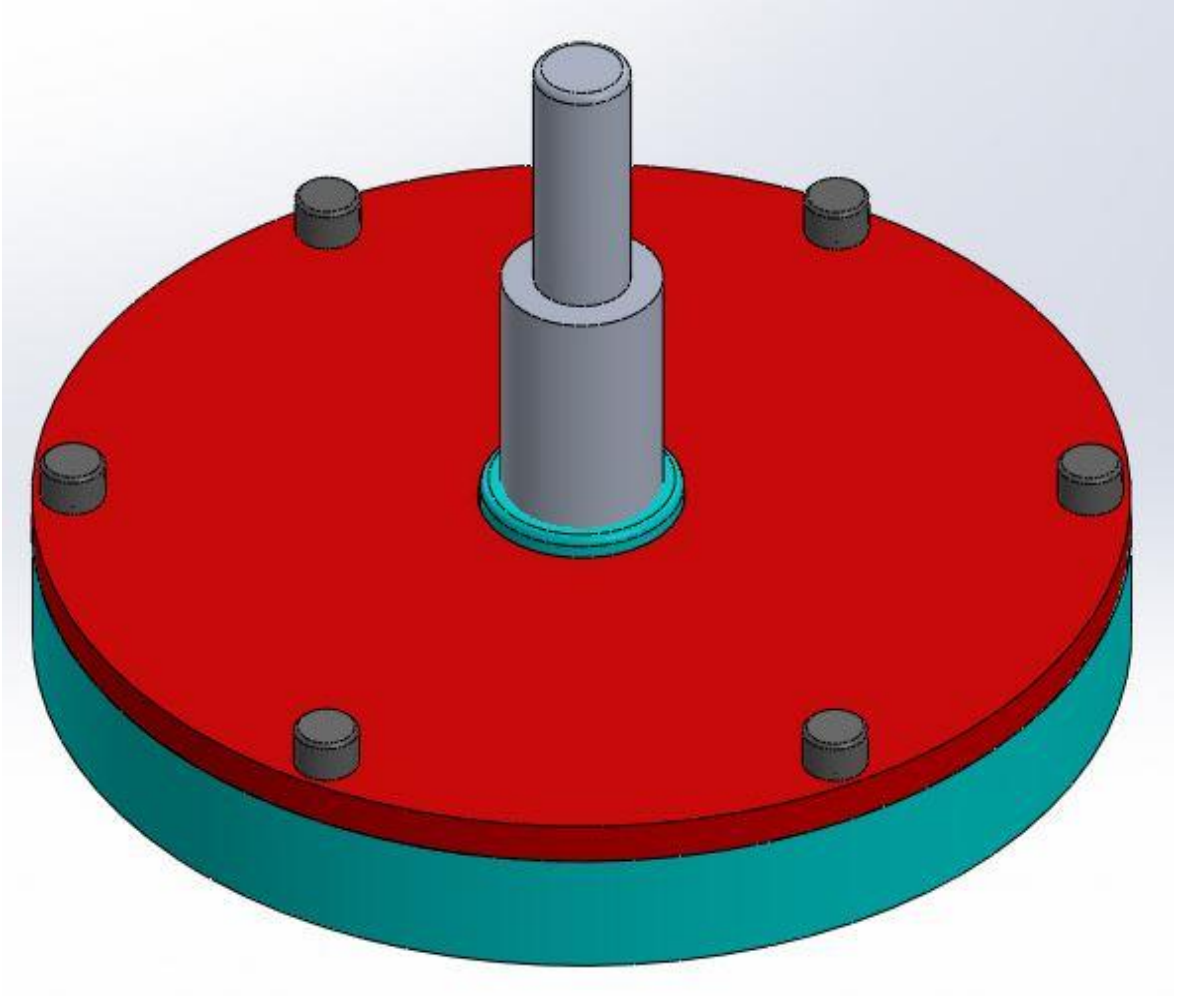
- [1] Erden, A. ve Cerit, M., Üretim ve Tasarım, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Makina mühendisliği el Kitabı, Cilt 2, Sayı 170, 1-55.
- [2] Jain vd., 2001. Effect of working gap and circumferential speed on the performance of magnetic abrasive finishing process, *Wear*, Vol. 250, 384-390.
- [3] Khairy, A.B., 2001. Aspects of surface and edge finish by magnetoabrasive particles, *journal of materials processing technology*, *Wear*, Vol. 116, 77-83.
- [4] Rong-Tzong Hsu vd., 2002. Study on cylindrical magnetic abrasive finishing using unbounded magnetic abrasives, *Intertional Journal Of Machine Tools & Manufacture*, Vol.42, 575-583.
- [5] Singh, D.K., Jain, V.K. and Raghuram, V., 2004. Parametric study of magnetic abrasive finishing process, *Journal of meterials Processing Tecnology*, Vol. 149, 22-29.
- [6] Jayswal, S.C., Jain V.K. and Dixit, P.M., 2005. Modeling and simulation of magnetic abrasive Finishing process , *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol.26, 477-490.
- [7] Singh, D.K., Jain, V.K. and Raghuram, V., 2006. Experimantal investigations into forces acting during a magnetic abrasive finishing process, *Intertional Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 30820069, 652-662.
- [8] Lin, C.T., Yang, L.D. and Chow, H.M. 2007. Study of magnetic abrasive finishing in free-form surface operationsusing the Taguchi Method, *International Journal Of Advanced Manufacturing Technology*,34, 122-130.
- [9] Baron, Yu M., and Park J. L., 2007. Micro deburring for precision parts using magnetic abrasive finishing method, *journal of meterials processing Tecnology*, Vol. 187-188, 19-25.
- [10] Seobkwak, J. and Kwak, T.K., 2001. Paremeter optimization in magnetic abrasive polishing for magnesium plate, *IEEE*, Vol.5, 544-547.
- [11] Raghuram, M.G.V.S. and Joshi Suhas, S., 2008. Modeling of polishing mechanism in magnetic abrasive polishing, *The 12th International Association for computer methods and Advances in Geo mechanichs (IACMAG)*, 1-6 October, Goa, India.
- [12] Jain, V.K., 2009. Magnetic field assisted abrasive based micro/nano finishing, *Journal of Materials Processing Technology* 209, 6022-6038.

- [13] Jain, V.K., Sidpara V., Sankar M.R., Das M., 2011. Nano-finishing techniques: a review, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 226, 327-346.
- [14] Yamaguchi, H., Shinmura, T., Ikeda, R., 2007. Study of Internal Finishing of Austenitic Stainless Steel Capillary Tubes by Magnetic Abrasive Finishing, *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 129, 885-892.
- [15] Girma, B., Joshi, S. S., 2006. An Experimental Analysis of Magnetic Abrasives Finishing of Plane Surfaces, *Machining Science and Technology*, 10, 323–340.
- [16] Yamaguchi, H. and Shinmura, T., 2004. Internal finishing process for alumina ceramic components by a magnetic field assisted finishing process, *Precision Eng.*, 28, 135–142.
- [17] Jha, S. and Jain, V.K., 2006. Nano-Finishing Techniques, *Micromanufacturing and Nanotechnology*, 171-195.
- [18] Salman, Ö., 2014. Manyetik aşındırıcılar ile yüzey işleme, *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, Cilt 11, 1-10.
- [19] Yamaguchi, H., and Shinmura, T., 2005. Uniform Internal Finishing of SUS304 Stainless Steel Bent Tube Using a Magnetic Abrasive Finishing Process, *ASME journal of manufacturing science and engineering*, 127, 605-611.
- [20] Eyercioğlu, Ö., Yılmaz, N.F. and Dereli, T., 2006. Aşındırıcı Akışkanla Yüzey İşleme, *TİMAK Tasarım İmalat Analiz Kongresi*, Balıkesir, 256-263.
- [21] Yamaguchi, H. and Shinmura, T., 1999. Study of the Surface Modification Resulting from an Internal Magnetic Abrasive Finishing Process, *Wear*, 225–229:246–255.
- [22] Kim, J.D., 2003. Polishing of ultra-clean inner surfaces using magnetic force, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 21, 91–97.
- [23] Khairy, A.B., 2001. Aspects of surface and edge finish by magnetoabrasive particles, *Journal of Materials Processing Technology*, 116, 77–83.
- [24] Jain, V.K., Prashant, K., Behra, P.K. and Jayswal, S.C., 2001. Effect of Working Gap and Circumferential Speed on the Performance of Magnetic Abrasive Finishing Process, *Wear*, 250:384–390.
- [25] Mori, T., Hirota, K. and Kawashima, Y., 2003. Clarification of Magnetic Abrasive Finishing Mechanism, *Journal of Materials Processing Technology*, 143–144.

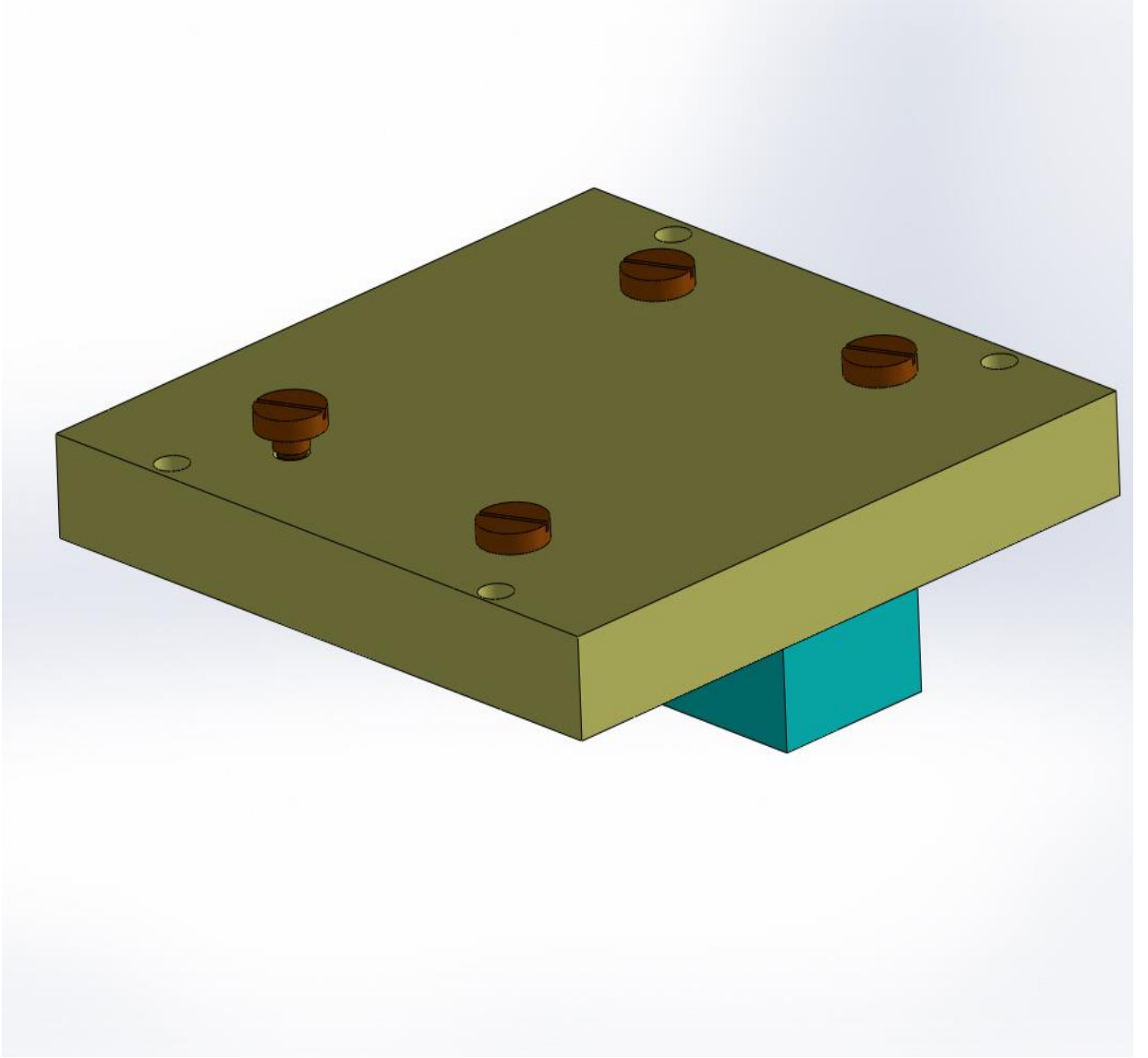
- [26] Yang, L.D. and Chow, H.M., 2007. Study of magnetic abrasive finishing in free-form surface operations using the Taguchi method, *International Journal of Advance Manufacturing Technology*, 34, 122–130.
- [27] Wang, Y. and Hu D., 2005. Study on Inner Surface Finishing of Tubing by Magnetic Abrasive Finishing, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 45, 43–49.
- [28] Chen, Y., Shimamoto, A., Gao X. and Zhang, M.M., 2011. Study of Friction Coefficient and Friction Force on Magnetic Abrasive Finishing, *Materials Science Forum*, 675-677, 663-666.
- [29] Yamaguchi, H. and Shinmura, T., 1999. Study of the surface modification resulting from an internal magnetic abrasive finishing process, *Wear* pp.225–229 , pp. 246–255.
- [30] Sharma, M. and Singh, D.P., 2013. To Study the Effect of Various Parameters on Magnetic Abrasive Finishing, *International Journal of Research in Mechanical Engineering & Technology* Vol. 3, Issue 2, pp. 213-215.
- [31] Kheelan, B.P. and Dr. Patel, K.M., 2014. Magnetic Abrasive Finishing of AISI52100, *International Journal of Trend in Research and Development*, Volume 1, pp. 1-8.
- [32] <http://stmcoatech.com/asindirici-secimi-performans-ve-kalite-hususlari> Aşındırıcı Seçimi, Performans ve Kalite Hususları. 10 Haziran 2017.
- [33] Gökçe, B. ve Taşgetiren, S., 2009. Kalite için deney tasarımı, *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi* Cilt: 6, Sayı no: 1, 71-83.
- [34] <http://www.gozdempaslanmaz.com/paslanmaz-celik.asp?ha=6> 304 Kalite paslanmaz çelik özellikleri. 2 Temmuz 2017.
- [35] <http://bircelik.com/tr/kategori/304-1-4301-> 304 Paslanmaz çeliğin kalite özelliklerinin derecelendirilmesi ve kullanım alanları. 5 Temmuz 2017.
- [36] <https://oceanoptics.com/sampling-accessories-for-reflection/> Modular Spectroscopy Offers Sampling Solutions for Every Application. 11 Temmuz 2017.

9. EKLER

EK-1 DENEY APARATI



EK-2 SAC BAĞLAMA KALIBI



ÖZGEÇMİŞ

19 Ekim 1992 yılı Kütahya’ da doğdum. Elazığ Mezre İlköğretim Okulundan 2006 yılında mezun oldum. Lise öğrenimimi 2010 yılında Elazığ Merkez Anadolu Lisesinde tamamladım. Mühendislik eğitimini 2015 yılında Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği bölümünden mezun olarak tamamladım. 2015 yılında Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Teknolojileri Programı Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalında tezli yüksek lisansa başladım.

Tuba DEMİREL