



**PLASTİK PARÇALARDA BOYA ÖNCESİ
YÜZEY HAZIRLIK PROSESİNİN
GELİŞTİRİLMESİ**

Serkan SONCU



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PLASTİK PARÇALARDA BOYA ÖNCESİ YÜZEY HAZIRLIK
PROSESİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

Serkan SONCU

Orcid: 0000-0002-7464-3768

Doç. Dr. Kadir ÇAVDAR

Orcid: 0000-0001-9126-0315

(Danışman)

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ

BURSA-2019

Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Serkan SONCU tarafından hazırlanan “PLASTİK PARÇALARDA BOYA ÖNCESİ YÜZEY HAZIRLIK PROSESİNİN GELİŞTİRİLMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Kadir ÇAVDAR

Başkan : Doç. Dr. Kadir ÇAVDAR

Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye :Doç. Dr. Ali DURMUŞ

Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Celalettin YÜCE

Bursa Teknik Üniversitesi, Doğa Bil. Müh. Fakültesi,

Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

İmza

İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN

Enstitü Müdürü

.././....

B.U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı beyan ederim.

06/09/2019

İmza

Serkan SONCU

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

PLASTİK PARÇALARDA BOYA ÖNCESİ YÜZEY HAZIRLIK PROSESİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Serkan SONCU

Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Kadir ÇAVDAR

Bu çalışmada, otomotiv plastiklerine uygulanan boyama işlemi öncesi yüzey hazırlama işlemlerinin ve plastik enjeksiyon yönteminde kullanılan parametrelerin plastik parçaların yüzey enerjisine olan etkisi incelenmiştir. İlk olarak dört farklı enjeksiyon parametresi belirlenmiştir. Belirlenen enjeksiyon parametreleri enjeksiyon basıncı, enjeksiyon hızı, soğuma zamanı ve ütüleme zamanıdır. Her parametre için üç seviye belirlenmiş ve Taguchi Deney Tasarımı yöntemi kullanılarak deney planı oluşturulmuştur. İkinci olarak boya öncesi uygulanan yöntemlerden olan fırınlama, alkol ile silme ve kuru buz ile temizleme işlemlerinin etkisi incelenmiştir. Bu amaçla nominal proses parametreleri ile üretilen parçalar kullanılmıştır. Belirlenen deney planı doğrultusunda üretilen deney parçalarının yüzey enerjileri ölçülmüştür. Son olarak yüzey enerjisini arttırmak için kullanılan atmosferik basınçta plazma ve flamaj yöntemlerinin etkisinin belirlenebilmesi için farklı tarama mesafesi ve hızında deneyler yapılmıştır. Ölçüm için yüzey enerjisi ölçüm test mürekkepleri kullanılmıştır. Deneysel verilerde en uygun sonuçları parametre değerlerinde düşük enjeksiyon basıncı ve enjeksiyon hızı, boya öncesi uygulanan yöntemlerde ise kuru buz ile temizleme yöntemi vermiştir.

Anahtar Kelimeler: Plastiklerin Yüzey Enerjisi, Plastiklerin Boyanması, Otomotiv Plastikleri, Taguchi Deney Tasarımı, Kuru Buz ile Temizlik, Plazma, Flamaj

2019, xi+65 sayfa

ABSTRACT

MSc Thesis

DEVELOPMENT OF SURFACE PREPARATION PROCESS BEFORE PAINTING IN PLASTIC PARTS

Serkan SONCU

Bursa Uludağ University Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Kadir ÇAVDAR

In this study, the effect of surface preparation processes and the parameters used in plastic injection method on the surface energy of plastic parts were investigated. First, four different injection parameters were determined. The designated parameters are injection pressure, injection speed, cooling time and ironing time. Three levels were determined in these parameters and experimental plan was established by using Taguchi Design of Experiment method. Secondly, the effect of baking, alcohol wiping and dry ice cleaning processes before painting were investigated. For this purpose, the parts produced with nominal process parameters are used. The surface energies of the test pieces produced in accordance with the determined experimental plan were measured. Finally, experiments were carried out at different scanning distances and velocities to determine the effect of plasma and flaming methods in atmospheric pressure used to increase surface energy. Surface energy measurement test inks were used for measurement. In experimental data, low injection pressure and injection speed were found in parameter values and dry ice cleaning method was used in pre-painting methods.

Key Words: Surface Energy of Plastics, Painting of Plastics, Automotive Plastics, Taguchi Design of Experiment, Cleaning With Dry Ice, Plasma, Flame

2019, xi+65 pages

TEŐEKKÖR

Bu tez çalıőmasında bilgi ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Kadir ÇAVDAR 'a ve FCB Ar-Ge Genel MÖdÖrÖ F. Yıldız ÇAVDAR 'a sonsuz teőekkÖrlerimi sunarım. Çalıőmanın geliştirilmesinde yardımlarını esirgemeyen Safe Demo Plastik Ar-Ge Merkezi çalıőanlarına ayrıca teőekkÖr ederim.

Son olarak beni bu gÖnlere getiren ve hep yanımda olan aileme de sonsuz teőekkÖrler.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	v
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM	6
3.1. Plastikler Hakkında Genel Bilgiler	6
3.2. Plastiklerin Sınıflandırılması	6
3.2.1. Termoplastikler	8
3.2.2. Termosetler	8
3.2.3. Elastomerler	9
3.3. Plastiklerin Özellikleri	9
3.3.1. Plastiklerin Görünüşü	10
3.3.2. Plastiklerin Yüzey Sertliği	10
3.3.3. Plastiklerin Yoğunluğu	11
3.3.4. Plastiklerin Mekanik Özellikleri	11
3.3.5. Termal Özellikler	14
3.3.6. Elektriksel Özellikler	14
3.3.7. Kimyasal Özellikler	14
3.4. Polimerlerin Uygulama Alanları	15
3.4.1. Yüzey Örtü Maddesi, Yüzey Koruyucu Kaplama Ve Film Şeklinde	15
3.4.2. Kalıplama Ve Döküm Tipi Malzeme Üretiminde	15
3.4.3. Standart Şekillerdeki Malzeme Yapımında	15
3.4.4. Yapıştırıcı Sanayinde	15
3.4.5. Elyaf (Fiber) Ve Lif (Filement) Üretiminde	16
3.5. Plastik Enjeksiyon Prosesi	16
3.5.1. Plastik Enjeksiyon Makinesi	16
3.5.2. Plastik Enjeksiyon Proses Parametreleri	19
3.6. Kuru Buz ile Temizleme	21

3.6.1. Termodinamik Özellikler	22
3.6.2. Temizlik Mekanizması.....	23
3.6.3. Temizlik Ekipmanları	24
3.7. Boyama Öncesi Alkol ile Silme.....	26
3.8. Boyama Öncesi Fırınlama.....	26
3.9. Deney Tasarımı ve Taguchi Metodu.....	26
3.10. Katılarda Yüzey Enerjisi ve Ölçüm Yöntemleri	30
3.11. Yüzey Enerjisi Arttırma Yöntemleri.....	36
3.11.1. Mekanik Aşındırma	37
3.11.2. Kimyasal Aşındırma	37
3.11.3. Alev ile Dağlama	38
3.11.4. Korona Yöntemi.....	38
3.11.5. Plazma Yöntemi.....	39
4. BULGULAR.....	43
4.1. Enjeksiyon Proses Parametrelerinin Yüzey Enerjisine Etkisi	43
4.2. Temizlik ve Fırınlama Yöntemlerinin Yüzey Enerjisine Etkisi	46
4.3. Plazma Proses Parametrelerinin Yüzey Enerjisine Etkisi.....	49
4.4. Alev ile Dağlama Proses Parametrelerinin Yüzey Enerjisine Etkisi	53
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	58
KAYNAKLAR	61
ÖZGEÇMİŞ	64

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
CO ₂	Karbondioksit
Å	Angstrom
-C-OH	Karboksilik asit
CO-	Karbon mono oksit
-C=O	Karbonil
COOH	Karboksil
gr/cm ³	Yoğunluk
mN/m	Yüzey enerjisi
P	Basınç
°C	Santigrat
m/dk	Metre/dakika
θ	Temas açısı
γ_{sl}	Katı-sıvı ara yüzey gerilimi
γ_{lv}	Sıvı-gaz ara yüzey gerilimi
γ_{sv}	Katı-gaz ara yüzey gerilimi
γ_s	Katı yüzey gerilmesi
γ_l	Sıvı yüzey gerilmesi
γ_c	Kritik yüzey gerilmesi
ϕ	Katı-sıvı etkileşim parametresi

Kısaltmalar	Açıklama
SFE	Yüzey serbest enerjisi
DoE	Deney tasarımı
PP	Polipropilen
PE	Polietilen
POM	Polioksümetilen
PA	Poliamid
PC	Polikarbonat

PMMA	Polimetilmetakrilat
PS	Polistiren
PVC	Polivinilklorür
PVA	Polivinilalkol
ABS	Akrilonitrilbütadienstiren
PET	Polietilen tereftalat
PPO	Polietilen oksit
PBT	PolibütilenTereftalat
PPS	Polifenilen Sülfid
PO	Polioefin
PC/ABS	Polikarbonat/ Akrlonitrilbütadienstiren
S/N	Sinyal-gürültü oranı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1. Plastiklerin çeşitli kriterlere göre sınıflandırılması.....	6
Şekil 3.2. Plastiklerin zincir yapılarına göre sınıflandırılması.....	7
Şekil 3.3. Termoplastikler için çekme uzama eğrisi	12
Şekil 3.4. Farklı malzeme yapıları için çekme uzama eğrisi	13
Şekil 3.5. Plastik enjeksiyon makinesi üniteleri	16
Şekil 3.6. Karbondioksit faz diyagramı	22
Şekil 3.7. CO ₂ ile temizlik mekanizması	23
Şekil 3.8. Kurubuz püskürtme makinesi	25
Şekil 3.9. Pellet ve kalıp halindeki kurubuz	25
Şekil 3.10. Bir sistem ve sürecin genel gösterimi	27
Şekil 3.11. (a)Yüzey gerilimi ölçüm test mürekkepleri, (b)İyi yüzey ıslanması	33
(c) Kötü yüzey ıslanması	33
Şekil 3.12. Sıvı katı ara yüzeyinde temas açısının oluşumu	33
Şekil 3.13. PE yüzey için çizilen sıvı yüzey geriliminin Zisman grafiği.....	35
Şekil 3.14. Alev ile dağlama yüzey aktivasyon işlemi	38
Şekil 3.15. Korona cihazı ve çalışma yöntemi.....	39
Şekil 3.16. Atmosferik basınç plazma aktivasyon sistemi.....	40
Şekil 3.17. Doğru akım deşarjı	41
Şekil 4.1. Parça üzerinde yapılan yüzey enerjisi ölçümleri	43
Şekil 4.2. Ütüleme zamanının yüzey enerjisine etkisi	45
Şekil 4.3. Soğuma zamanının yüzey enerjisine etkisi.....	45
Şekil 4.4. Enjeksiyon hızının yüzey enerjisine etkisi	45
Şekil 4.5. Enjeksiyon basıncının yüzey enerjisine etkisi	46
Şekil 4.6. Alkol ile silme sonrası yüzey enerjisi ölçümü.....	47
Şekil 4.7.Kurubuz ile temizleme sonrası yüzey enerjisi ölçümü	48
Şekil 4.8. Fırınlama sonrası yüzey enerjisi ölçümü	48
Şekil 4.9. Boyama öncesi temizlik yöntemlerinin etkisi.....	48
Şekil 4.10. Plazma yönteminin uygulanması.....	51
Şekil 4.11. Test mürekkebi ile yüzey enerjisi ölçümü	51
Şekil 4.12. Plazma ile aktive edilmiş (b) ve edilmemiş (a) yüzeyler.....	52
Şekil 4.13. Plazma prosesinde yüzey enerjisinin mesafeye göre değişimi	52
Şekil 4.14. Plazma prosesinde yüzey enerjisinin tarama hızına göre değişimi	53
Şekil 4.15. Alev ile dağlama yönteminin uygulanması	55

Şekil 4.16. Test mürekkebi ile yüzey enerjisi ölçümü	55
Şekil 4.17. Alev ile dağlama prosesinde yüzey enerjisinin mesafeye göre değişimi	55
Şekil 4.18. Alev ile dağlama prosesinde yüzey enerjisinin hıza göre değişimi	56
Şekil 4.19. Plazma işleminde hız ve mesafenin yüzey enerjisine etkisi	56
Şekil 4.20. Flamaj işleminde hız ve mesafenin yüzey enerjisine etkisi.....	57



ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1. Taguchi ortogonal dizi seçim tablosu	29
Çizelge 3.2. Bazı polimerlerin yüzey enerjileri	31
Çizelge 4.1. Enjeksiyon prosesi girdi parametreleri	43
Çizelge 4.2. Deney matrisi.....	44
Çizelge 4.3. Enjeksiyon sonrası ölçülen yüzey gerilim değerleri	44
Çizelge 4.4. Alkol ile silme sonrası yüzey enerjisi ölçüm sonuçları	46
Çizelge 4.5. Kurubuz ile temizleme sonrası yüzey enerjisi ölçüm sonuçları	47
Çizelge 4.6. Fırınlama sonrası yüzey enerjisi ölçüm sonuçları	47
Çizelge 4.7. Plazma prosesi girdi parametreleri	49
Çizelge 4.8. Plazma deney matrisi	50
Çizelge 4.9. Plazma deney sonuçları	50
Çizelge 4.10. Alev ile dağlama prosesi girdi parametreleri.....	53
Çizelge 4.11. Alev ile dağlama prosesi deney matrisi	54
Çizelge 4.12. Alev ile dağlama deney sonuçları.....	54

1. GİRİŞ

Günümüzde boyalı plastik parçaların boya kalitesinin ve yüzeyin boya tutmasında yüzey temizliği ve plastik parça yüzey enerjisinin etkisi bilinmektedir.

Boyanın yüzeye tutunabilmesi için plastik parça yüzey enerjisinin boyanın yüzey geriliminden yüksek olması gerekir. Yüzey enerjisi ile boya yüzey gerilimi arasındaki fark arttıkça birim alanı boyamak için gerekli olan boya miktarını azaltıp, boyama kalitesini yükseltir, ayrıca yüzey enerjisi kaynaklı boya prosesi hataları da azalır.

Başta PP (polipropilen) olmak üzere plastikler düşük yüzey enerjisine sahip olduğundan boyanmasından farklı problemler ile karşılaşmaktadır. Plastik malzemeleri boyayabilmek ve istenilen yapışma mukavemetini elde edebilmek için boyama işlemi öncesi farklı yüzey işlemleri uygulanmaktadır. Uygulanan bu işlemler ile birlikte yüzeyin enerji artışı sağlanırken boyanın yapışmasının ve kalitesinin de artışı sağlanmaktadır. Plastik malzemelerin yüzeylerine uygulanan işlemler plazma, alev ile dağlama, mekanik dağlama, kimyasal ile dağlama ve koronadır.

Boyanın yüzeye yapışmasına yüzey enerjisinin olduğu kadar yüzey temizliğinin de etkisi vardır. Yüzeyde bulunan yağ, parmak izi, enjeksiyon prosesinde kullanılan silikon bazlı kalıp ayırıcılar ve toz gibi etkenler boyanın yüzeye yapışmasını etkilemektedir ve parçalar üzerinde kusurlara neden olarak ıskartaya ayrılmasına sebebiyet vermektedir. Temizlik prosesi için başlıca uygulanan yöntemler alkol ile temizleme, kuru buz ile temizleme ve sıvı CO₂ ile temizlemedir. Plastik malzemelerin yüzeylerine anti statik hava uygulanarak malzemeler üzerindeki tozların giderilmesi ve statik yükün nötralize edilmesi sağlanmaktadır.

Bu çalışmada plastik parçaların boyama öncesi yüzey hazırlık yöntemlerinin incelenmesi amacıyla enjeksiyon proses parametreleri ve uygulanan temizlik yöntemlerinin yüzey enerjisine etkisi incelenmiştir. Ayrıca plazma ve alev ile dağlama yöntemleri birbiriyle karşılaştırılmıştır. Bu amaçla dört enjeksiyon parametresi (enjeksiyon basıncı, enjeksiyon hızı, ütüleme zamanı ve soğuma zamanı) belirlenmiş ve Taguchi Deney Tasarımı Metodu kullanılarak deney matrisi oluşturulmuştur. Ön

işlemlerin etkisinin incelenmesi için ise nominal proses parametreleri kullanılarak enjeksiyon yöntemi kullanılarak elde edilen parçalara kuru buz ile temizlik, alkol ile silme ve fırınlama yöntemleri uygulanmıştır. Ardından bu parçalarda yüzey enerjisi ölçüm test mürekkepleri kullanılarak yüzey enerjisi ölçümleri yapılmıştır.

Plazma yöntemi kullanılarak yapılan denemelerde 3 farklı tarama mesafesi (5 mm, 10 mm, 15 mm) ve 4 farklı tarama hızı (2,5 m/dk, 5 m/dk, 8 m/dk, 10 m/dk) kullanılarak alev ile dağlama için ise 3 farklı tarama mesafesi (150 mm, 160 mm, 170 mm) ve 3 farklı tarama hızı (2 m/dk, 2,5 m/dk, 3 m/dk) belirlenerek tam faktöriyel deney matrisi oluşturulmuş ve denemeler yapılmıştır. Yüzey enerjilerinin belirlenmesi için test mürekkepleri kullanılarak yüzey enerjisi ölçümleri yapılmıştır.

Yöntemlerden boyama sürecine en uygun olanları belirlenmiş ve seri imalat koşullarında kullanılması için çalışmalar yapılmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

Plastiklerin boyanması için başlıca nedenler vardır. Bazı plastikler görünüşü için boyanırken bazıları da işlevsel amaçları için boyanmaktadır. Bir plastik parçanın boyanmasındaki başlıca neden pürüzsüz ve otomotivde "A sınıfı" olarak adlandırılan yüzeyi elde etmektir. Plastiklerin kalıplandıktan sonraki boyanmamış hali genellikle bu şartları sağlamamaktadır. Aynı zamanda parçaların boyanmasıyla üzerlerindeki kusurlar da kapatılabilmektedir. Ayrıca metalik yüzeyler, dokular ve farklı işlenmiş parçaların renk eşleşmesi boya ile elde edilebilmektedir.

Robert Sherman (2010), üreticilerin ve araştırmacıların öğelerin zarar görmeden, etkili, hızlı ve ekonomik bir şekilde nasıl temizleneceğini ve aynı zamanda çevresel ve güvenlik risklerini aza indirecek bir yöntem geliştirmesi gerektiğini belirtmiştir. Bu bağlamda CO₂ ile temizleme yönteminin diğer temizlik yöntemlerine yeni bir alternatif oluşturduğunu belirtmiştir.

Temizlik teknolojisi, üretim teknolojisi ve geri dönüşüm alanlarında önemli bir faktördür. Katı karbon dioksit ile temizleme (kuru buz püskürtme - dib) genellikle esnek fakat enerji tüketen bir yöntem olan basınçlı havaya dayanır. Mekanik ve termal ana temizleme mekanizmaları ayrı ayrı araştırılmıştır. Geliştirilen yöntemlere dayanarak, her iki mekanizma, hedef tipten bağımsız olarak karakterize edilebilir. Yayında sunulan sonuçlar, mekanik kaldırma mekanizmasının etki kuvvetinin büyüklüğünü belirlemek için umut verici bir yaklaşım göstermektedir. Esas olarak, ana etki süreci faktörlerinden biri olan patlatma basıncına bağlıdır (Uhlman ve Hollan 2015).

Karbondioksit bazlı sprey teknolojileri, yoğunlaşmayan bir sprey içinde benzersiz ve uyarlanabilir parçacıkları ve organik kalıntı giderme yetenekleri nedeniyle çok çeşitli hassas temizleme ve yüzey hazırlama uygulamalarını karşılamak için etkili bir şekilde kullanılmıştır (Sorbo N. W. 2015).

Plastik parçaların yüzey temizliklerinde son yıllarda çevre dostu bir yöntem olan kuru buz ile temizlik kullanımı yaygınlaşmaktadır. Bu yöntem esnektir, solvent veya herhangi bir kimyasal olmadığından kullanımı da çevre dostudur. Plastik malzemenin

enjeksiyondan çıkmasının ardından uygulanan yöntem sonrasında boyaya hazır temiz bir yüzey elde edilmektedir (Callari 2017, Dillingham 2018).

Şekercioğlu ve Kaner (2014), yaptığı çalışmada boyama, yapıştırma vb. işlemlerde plastiklerin düşük yüzey enerjisine sahip olmasından dolayı yaşanan zorluklar ve yüzey enerjisi artışının sağladığı yapışma dayanımı ve kalitesinden bahsetmiştir. Korona, plazma, mekanik aşındırma, kimyasal aşındırma, alev ile dağlama yöntemlerinden korona ve plazma yöntemlerinin öne çıktığını belirtmiştir.

Mazzola ve ark. (2010), alev ile yüzey aktivasyonu ile yaptığı çalışmada, polimerik malzemeler üzerindeki alev muameleleri yüzey serbest enerjisini (SFE) ve dolayısıyla kaplamaların, metalleşmelerin, verniklerin ve yapışkanların ıslanabilirliğini ve yapışkanlığını arttırdığını belirtmiştir ve DoE tekniğine dayanan istatistiksel bir metodolojik yaklaşım ve alev işleme prosesi parametrelerinin çok değişkenli analizini kullanarak, SFE'nin matematiksel bir modelini ve ıslanabilirliğini elde etmiştir. Islanabilirliğin ve SFE'nin gelişimini ölçmek için temas açısı deney yöntemi uygulanmıştır.

Yüzey enerjisinin artırılması için Esen ve ark. (2016), plazma yöntemini kullanarak yaptığı çalışmada, yüzeye uygulanan plazma içindeki serbest radikal guruplar, iyonlar ve elektronlar enerjisi arttırılmak istenen yüzey ile etkileşime girerek yüzeydeki bağlarda 150 Å değişim yarattığını bildirmişlerdir. Bu etkileşim ilk aşamada üçüncül dereceden hidrojen atomlarının koparılması, ikinci aşamada ikincil derecedeki karbon atomlarına -C-OH-, CO-OH ve -C=O gibi radikal grupların bağlanması, üçüncü aşamada ise COOH grupları ya da radikallerin üç boyutlu çapraz bağlarla metil gruplarına bağlanmasından kaynaklı olduğunu belirtmiştir.

Carrino ve ark. (2002), soğuk plazma ile yaptığı denemelerde özellikle, AC elektrik boşalması soğuk plazma parametrelerinin ıslanabilirlik ve polimerik yüzeylerin yapışması üzerindeki etkisini incelemiştir. Ayrıca ıslanabilirlik ve yapışma arasındaki ilişkinin niteliği araştırılmıştır. Plazma-iş parçası etkileşiminin karmaşıklığı nedeniyle deneysel bir yaklaşım izlenmiş, bir dizi işlem değişkeni (voltaj, zaman ve hava akım

hızı) tanımlanmış ve deney tekniklerinin tasarımı temelinde bazı deneysel testleri yapmak için kullanılmış. Deneysel sonuçlar, önerilen plazma işleminin polipropilen ıslanabilirliği ve yapışma özelliklerini önemli ölçüde artırabileceğini göstermektedir.

Carrino ve ark. (2004), yaptığı çalışmada polipropilen yüzeye uygulanan soğuk plazma işleminin yaşlanma süresini proses parametrelerinin bir fonksiyonu olarak değerlendirmiştir. Yaşlanma süresinin değerlendirilmesi, plazma işleminin tampon üretimi endüstriyel sistemine yerleştirilmesini planlamak için temel bir adımı temsil eder. yaşlanma süresi belirlendikten sonra, soğuk plazma işlemiyle elde edilen bir tamponun yüzey aktivasyonu ile boya işlemi arasında ne kadar zaman geçmesi gerektiğini belirlemek mümkündür. Bir dizi işlem değişkeni (voltaj, zaman ve hava akım hızı) tanımlanmış ve deney tekniklerinin tasarımı temelinde bazı deneysel testleri yapmak için kullanılmıştır. Soğuk plazma işleminin tüm işlem koşullarında uzun yaşlanma süresi sağladığı kanıtlanmıştır.

Mandolino ve ark. (2017), çeşitli soğuk plazma işlem parametrelerinin iki poliamid substratın yapışma özellikleri üzerindeki etkilerinin sistematik bir araştırmasını sunmuşlardır. Poliamid 6 ve poliamid 6.6 numuneleri, farklı işlem süresi, güç girişleri ve çalışma gazı (hava, argon ve oksijen) kullanılarak düşük basınçlı bir radyo frekansı deşarj plazma ile muamele edilmiş. Yüzey pürüzlülüğü değerlendirmesi ve X-ışını Fotoelektron Spektroskopisi (XPS) analizi ile birlikte yüzey ıslanabilirliğinin tahmini için yüzey sapma tekniği ile temas açısı ölçümleri yapılmıştır. Daha sonra, muamele edilmemiş numuneler ve soğuk plazma ile muamele edilmiş numuneler birbirine yapıştırılarak birleştirilmiş. Farklı yüzey işlemlerinin yapışma mukavemeti üzerindeki etkisinin araştırılması için bu yapışkan bağlı derzlerin tek kepeçli kayma gerilme testi yapılmıştır. Deneysel sonuçlar, optimize edilmiş plazma işleminin, poliamid yüzeyinin ıslanabilirlik özelliklerini ve bağlanan eklemlerin kayma mukavemetini önemli ölçüde arttırabileceğini göstermektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

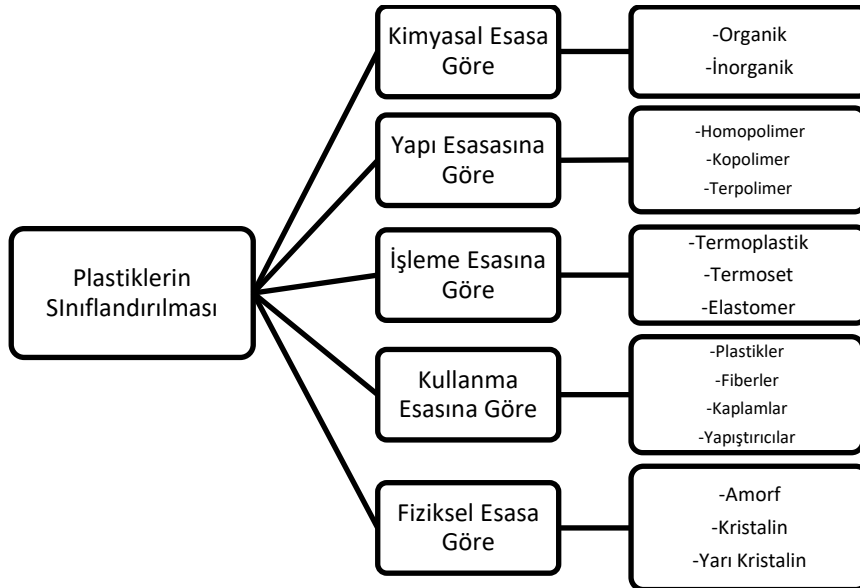
3.1. Plastikler Hakkında Genel Bilgiler

Plastik malzemeler grubundan karbon, oksijen ,azot, hidrojen ve diğer organik ve inorganik elementlerin bileşiminden meydana gelmektedir. Genellikle katı olmalarına rağmen bazı durumlarda sıvı olarak da elde edilebilirler. Plastikler sıcaklık ve basıncın etkisiyle şekil değiştirebilirler. Uygulamada bazen yalnız sıcaklık veya basınç bazen de her ikisi etkili olur (M. Emin Yurci 1993).

Plastikler polimerlerden meydana gelmektedir ve polimerlerin farklı kimyasal yapıya sahip olmasından dolayı fiziksel özelliklerinde farklılıklar meydana gelmektedir. Fiziksel özelliklerinde oluşan farklılıklardan dolayı sınıflandırılmaya tabi tutulurlar. Isı ve basınç altında şekillendirilme ve şekillendirildikten sonra plastiğin gösterdiği özellik plastik maddeyi tanımada kolaylıklar sağlamaktadır (Buldu 2007).

3.2. Plastiklerin Sınıflandırılması

Plastiklerin sınıflandırılmasında en çok kullanılan yöntem işleme şekillerine göre sınıflandırma olup çeşitli kriterlere göre sınıflandırılması Şekil 3.1 de verilmiştir.



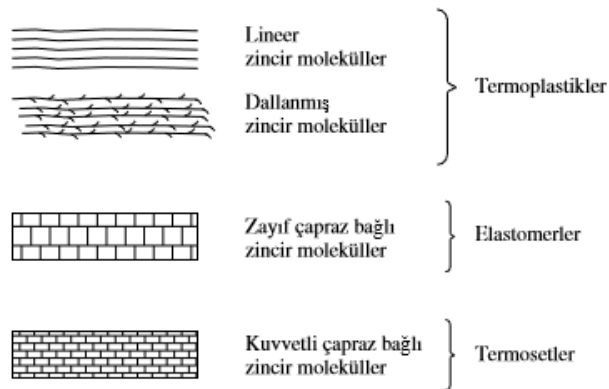
Şekil 3.1. Plastiklerin çeşitli kriterlere göre sınıflandırılması (Soy 2001)

Polimerler, kompleks organik molekül zincirlerinden oluşur ve molekül ağırlıkları yüksektir. Polimerler, doğal polimerler ve yapay polimerler olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Yapay polimerler genellikle, çok sayıda monomerin tekrarlanmasıyla elde edilirler. Bunların adlandırılmasında çok sayıda anlamına gelen “poli” sözcüğü ile “mer” sözlüğü birleştirilir.

Polimerler yapılarına göre homopolimer ve kopolimer olarak sınıflandırılabilirler. Tek bir monomerin tekrarlanmasıyla homopolimerler elde edilirken, iki farklı monomerin polimerizasyonu ile kopolimerler elde edilir. Üç farklı monomerden oluşanlara ise terpolimer denir. Polimerler kimyasal bileşenlerine göre, inorganik ve organik polimerler olmak üzere ikiye ayrılmaktadırlar. Organik polimerlerde başta karbon olmak üzere azot, oksijen, hidrojen ve halojen atomları bulunur. Bir atomun polimer zinciri üzerinde bulunabilmesi için en az iki değerlikli olması şarttır. Bu nedenle hidrojen ve halojenler ana zinciri üzerinde bulunmazlar. İkinci şart ise ana zincir üzerinde bulunan atomlar arasında bağ enerjisinin yeterli olmasıdır.

Kullanım alanlarına göre polimerler; fiberler, plastikler, yapıştırıcılar ve kaplamalar olmak üzere dört gruba ayrılabilirler. Bunun yanısıra plastikler; plastik (saf) ve kuvvetlendirilmiş (dolgu malzemeli) plastikler gibi gruplara sınıflandırılabilir. Ayrıca polimerler fiziksel durumlarına göre; amorf, kristalin ve kısmi kristalin olarak da ayrılabilirler.

Termoplastikler lineer zincir moleküllerinden oluşurken, termosetler ve elastomerler ise çapraz bağlı zincir moleküllerinden meydana gelmektedirler (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Plastiklerin zincir yapılarına göre sınıflandırılması (Buldu 2007)

3.2.1. Termoplastikler

Termoplastikler ısı ve basınç altında yumuşayarak deformasyona uğrayabilen, akıcı bir hal aldığı anda ise şekillendirilebilen ve soğutulduğunda ise sertleşerek şeklini koruyan malzemelerdir. Termoplastikler lineer zincir yapılarına sahip olup geri dönüştürülerek tekrar kullanılabilir özelliğine sahiptir. Şekillendirilmeleri esnasında fiziksel değişime uğrayıp kimyasal bir değişime uğramazlar. Termoplastikler, bir çok kez erime ve katılaşma işlemi uygulanarak kalıplanabilir. Bunun için termoplastiği meydana getiren moleküllerin atomları birbiriyle bağ kurarak zincirler meydana getirirler. Isıtıldığında, bu maddenin akıcılığını sağlar. Soğutulduğunda katılaştıran atom zincirleri yeniden ısıtıldığında birbiri üzerinden kayan zincir şeritleri meydana getirirler.

Termoplastiklerin yapısında bulunan lineer zincir yapıları arasında kuvvetli kovalent bağlar bulunmaktadır. Moleküller arasında ise molekülleri bir arada tutan zayıf elektrostatik çekme kuvvetleri bulunup fiziksel bir bağ yoktur. Moleküller arasında bulunan bu kuvvet ısıya karşı duyarlı olup zincirlerin birbirine göre hareketini engeller. Termoplastikler ısıtıldığında moleküller arasında bulunan kuvvetler zayıflayarak molekül zincirlerinin birbirlerine göre sıvılara benzer bir şekilde hareket etmesini sağlar ve malzeme kalıp içerisinde kolaylıkla şekillendirilir. Eriyik malzeme soğutulduğunda moleküller arasındaki bağ kuvveti artar ve plastiğe verilen şeklin korunmasını sağlar. Ancak fazla ısı verilmesi durumunda ise molekül zincirleri koparak malzemenin mekanik özelliklerinin düşmesine neden olur.

Termoplastiklerin kullanılma süreleri, malzemenin yorgunluğuna bağlıdır ve kendi ağırlıkları altında 54°C ile 120°C arasında, bazen de yapılarına bağlı olarak 260 - 270°C'ye varan sıcaklıklarda bozunurlar. Bu nedenle termoplastiğin işlenmesi sırasında sıcaklık iyi kontrol edilmelidir (Özbek 2013).

3.2.2. Termosetler

Termosetler yüksek oranda çapraz bağ yapısına sahip olan, ısıtıldıktan sonra tekrar şekillendirilemeyen kırılğan ve sert bir plastik türüdür. Yapımlarında özel sentetik reçineler kullanılır. Bu maddeler ısıtıldıklarında yumuşayarak ergiyik hale gelir ve

basınç altında akarak kalıplara doldurulur.Bu esnada malzeme içerisinde bazı reaksiyonlar oluşarak sertleşir ve tekrardan ergimez. Bu nedenle termosetler sadece bir kez işlenebilir. Termosetler kendine özgü özelliklerinden dolayı tek başlarına kullanılamazlar (Akyüz 1999).

3.2.3. Elastomerler

Kauçuk özelliği gösteren maddelerdir. Yani bir kuvvet uygulandığında uzayıp genişleyebilirler. Kuvvet tatbiki ortadan kalkınca tekrar eski haline geri dönerler. Bu özellik moleküldeki hafifçe karşıt bağlanmanın mevcudiyetinden ileri gelmektedir. Moleküler kuvvet tatbikinde birbirlerinin üzerinde kayarlar (deformasyon), karşıt bağlanma tamamen akışı önler ve gerilme tatbiki ortadan kalkınca tekrar eski haline dönebilirler. Karşıt bağlanmanın olması demek elastomerlerin ergimesinin mümkün olmaması demektir (Akyüz 1999).

3.3. Plastiklerin Özellikleri

Polimerlerin özellikleri incelenirken tamamen aynı şartlarda ve standartlarda yapılan deneylerin sonucunun karşılaştırılması gerekmektedir. İncelenen tüm değerler aynı laboratuvarda yapılamayacağından, pratikte plastik özellikleri için farklı kaynaklardan alınan değerler incelenirken test metodlarına bakılmalıdır. Özellikle mekanik özellikler (çekme, darbe, basma dayanımı, burulma ve bükülme) farklı deney sonuçlarını karşılaştırırken numune hazırlama koşullarının bilinmesi gereklidir.

Hafif olmaları plastiklerin en önemli avantajlarından birisidir. Başta otomotiv olmak üzere birçok sektörde kullanılmasının temel sebeplerinden biri budur. Plastik malzemelerin hafifliği spesifik ağırlık değerlerine bakılarak değerlendirilir. Spesifik ağırlığın azalmasıyla plastikler hafifleşir. PP en hafif plastik ailesidir.

Polimerlerin özellikleri moleküllerin arasındaki bağa, yapısına, ağırlığına ve fonksiyonel gruplara bağlıdır. Polimerlerin sahip olduğu özellikler aşağıdaki gibidir:

- a) Görünüş
- b) Sertlik
- c) Yoğunluk
- d) Mekanik özellikler
- e) Termal özellikler
- f) Elektriksel özellikler
- g) Kimyasal özellikler

3.3.1. Plastiklerin Görünüşü

Polimerler genelde şeffaf olup çok azda mat görünümlüdürler. Bu nedenle plastiklerin içerisine masterbatch adına verilen boyar madde ilave edilmektedir. Polimer ürünlerinin albenisini arttırmak, ayırt edici özellikler vermek için boyanır. Görünüş; parlak renk, ışıltılı, berrak ve çok fazla parlatılmış yüzey olarak plastik maddelerin dış görünüşü tanımlayan özelliklerdendir. Bazı polimerlerde yüksek oranda şeffaflık beklenmektedir. Polimetilmetakrilat gibi şeffaf ve hafif olan polimerler camın yerine kullanılırlar. Polimetilmetakrilat bu iki özelliğinden dolayı hem optik camın yerine hem de hafifliğin ve şeffaflığın önemli olduğu uçak gibi araçlarda kullanılırlar. İklim şartları, ilk olarak plastiğin görünüşünü etkiler. Rengin solması veya rengin bozulması plastiğin dış etkenlere karşı kullanımını sınırlamaktadır. Bu durum bazı antioksidan ve stabilizatörlerin katkısıyla giderilmektedir (Baldu 2007).

3.3.2. Plastiklerin Yüzey Sertliği

Plastik malzemelerin yüzeylerinin yumuşak ve çizilmeye karşı dirençlerinin düşük olması başlıca dezavantajdır. Plastikler metal, cam ve seramiklere göre daha yumuşak malzemelerdir. Sertlik genellikle termoplastiklerde artan sıcaklıkla azalır, termosetlerde ise biraz daha artma olur. Plastiklerin, özellikle termoplastiklerin sertliği sıcaklığın ve katılan plastikleştiricilerin artmasıyla düşer. Termosetler gerekli ve özel dolgu maddeleriyle sert bir şekil alırlar (Akkurt 1991).

3.3.3. Plastiklerin Yoğunluğu

Genelde bütün plastikler düşük yoğunluklu bileşiklerdir. Kullanıma bağlı olarak yüksek yoğunlukta olmaları istenebilir. Uygun katkı maddeleri ile bu sağlanabilir. Fakat genelde düşük yoğunluklu olmaları tercih edilir. Böylece malzeme hem hafif olur hem de malzeme tasarrufu sağlanmış olur. Eğer plastik malzemenin yoğunluğu düşürülmek istenirse köpürtücü katkı maddesi kullanılabilir. Plastik maddeler için yoğunluk 0,9-2,5 gr/cm³ arasındadır. Bu yüzden ağırlığın birinci planda olduğu yerlerde plastikler düşünülmelidir. Plastiklerin pratikteki tatbikatları genelde hacime göredir (Akkurt 1991).

3.3.4. Plastiklerin Mekanik Özellikleri

Plastiklerin dayanıklılığı mekanik özelliklerine bakılarak değerlendirilir. Plastikler kırılma, yumuşaklık ve sertlik gibi mekanik özellik gösteren maddelerdir. Dış etkenlerden metal ve seramiklere göre daha fazla etkilenirler. Plastiklerin başlıca mekanik özellikleri şunlardır.

a) Kopma yükü: Malzeme kopma dayanımını gösterir. Küçük bir değer farkı bile önemli malzeme farklılıklarını ortaya çıkarır. Özel cihazlarla ölçümü söz konusudur. Bu ölçümden çıkan sonuçlarla germe - gerilme grafiği çıkarılabilir.

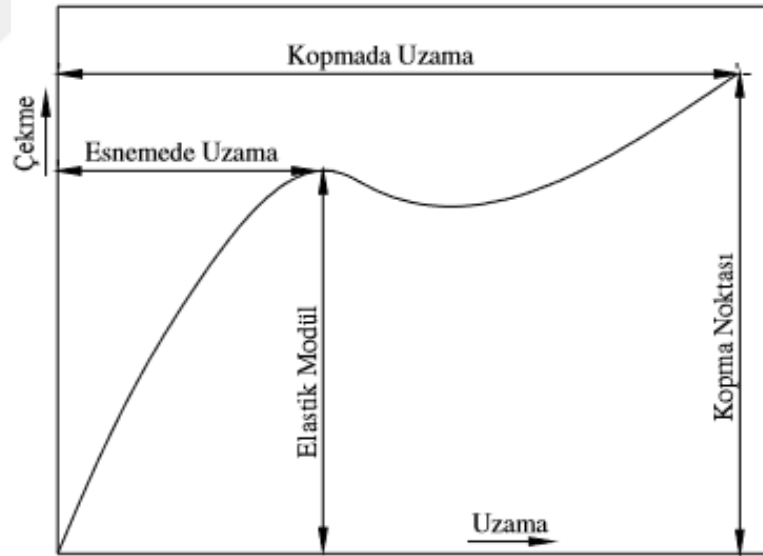
b) Baskıya karşı dayanıklılık: Çeşitli yapıdaki polimerlere birim zamanda kuvvetin artırılarak uygulanmasıdır. Meydana gelen deformasyon incelenir.

c) Bükülmeye karşı dayanıklılık: Çeşitli yapıdaki polimerlerin standartlara uygun olarak bükülme testi uygulaması ile tespit edilir.

d) Darbe ve çizilmeye karşı dayanıklılık: Çizilmeye karşı dayanıklılığın tespiti için sertlik ölçmedeki bazı metotlar kullanılabilir. Darbeye karşı olan dayanıklılığını ise standart cihazlarda standart ağırlık darbesi uygulanarak tespit edilir. Numunede meydana gelen deformasyon göre incelenir.

e) Yorulmaya karşı dayanıklılık: Elastomer yapıdaki polimerler için önemli bir özelliktir. Özellikle kauçuktan yapılmış otomobil lastikleri, ayakkabı tabanları bu testlere (belirli etkiler altında belirli sürelerde hareket testi) tabi tutularak oluşabilecek patlama, yırtılma v.b. değişimler cihazlarla izlenir.

Şekil 3.3’de çekme - uzama eğrisi başlangıçta düzdür ve polistiren gibi çekilebilir olmayan plastikler bu arada yer alırlar. Bu plastikler esneme noktasına gelmeden kırılırlar. Eğrinin ilk dirseğindeki uzama esneme noktası olarak tanımlanır. Bu nokta malzemenin direncini ve kalıcı deformasyon için gösterilen direnci gösterir. Eğrinin sonu, en son çekmeyi göstermektedir. Bu nokta ile esneme noktası arasındaki uzama kopmadan önce plastiğin gösterdiği deformasyonun ölçüsüdür. Eğrinin altında kalan tüm alan dayanıklılığın bir ölçüsüdür. Eğrinin lineer olan kısmındaki çekmenin uzamaya olan oranı elastikiyet modülü ve Young Esneklik Modülü olarak bilinir (Kaya 1983).



Şekil 3.3. Termoplastikler için çekme uzama eğrisi (Buldu 2007)

Genel olarak plastiklerin mekanik özelliklerini Şekil 3.4’de görüldüğü üzere sıralamak mümkündür.

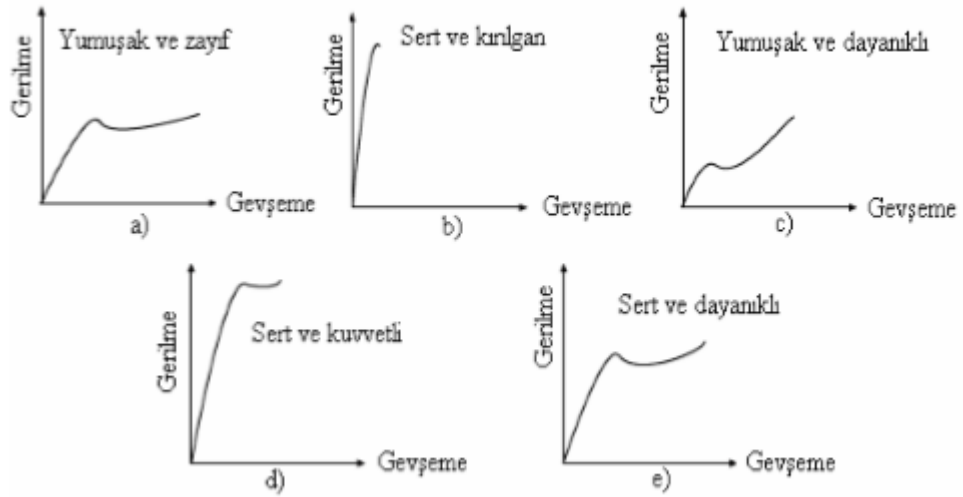
Yumuşak ve zayıf malzemeler düşük elastisite modüllüne, düşük esneme noktasına ve orta derecede kopma uzamasına sahip olan malzemelerdir (Şekil 3.4.a).

Sert ve kırılğan plastikler yüksek elastisite modüllüne, tam olarak belli olmayan esneme noktasına ve düşük kopma uzamasına sahip malzemelerdir (Şekil 3.4.b).

Yumuşak ve dayanıklı plastikler düşük elastisite modüllüne, düşük esneme noktasına ve yüksek kopma uzamasına sahip olan malzemelerdir. Ayrıca kopma noktası esneme noktasından çok daha yüksektir (Şekil 3.4.c).

Sert ve kuvvetli plastikler yüksek elastisite modülü, yüksek esneme noktası, orta kopma uzaması ve yüksek kopma gerilimi olan malzemelerdir (Şekil 3.4.d).

Sert ve dayanıklı olan plastikler yüksek elastisite modülü, yüksek esneme noktası, yüksek kopma uzaması ve yüksek kopma gerilimine sahip olan malzemelerdir (Şekil 3.4.e).



Şekil 3.4. Farklı malzeme yapıları için çekme uzama eğrisi (Baldu 2007)

3.3.5. Termal Özellikler

Plastiklerin genişleme katsayısı, ısı iletkenliği, özgül ısı, ısıyla bozulma sıcaklığı, ısı direnci ve yanıcılığı en önemli termal özellikleridir. Plastiklerin düşük ısı iletkenlikleri plastiklere bazı üstünlükler sağlar. Bu yüzden plastikler ısı yalıtıcı maddeler arasında yer alırlar. Isı iletkenliği düşük olan plastiklerin bir özelliği de, kütle halinde istenen sıcaklığa düzgün bir şekilde çıkarmama güçlüğüdür. Plastiklerin ısıya karşı olan direnci çok düşüktür. Bazı plastikler oda sıcaklığında bile deforme olurlar ve bu tür plastikler kendi ağırlıklarından başka bir gerilimin altında tutulmamalıdır (Akkurt 1991).

3.3.6. Elektriksel Özellikler

Elektriksel özellik bakımından en önemli etken elektriği iletebilme özelliğidir. Malzemelerin elektriği ilebilmesi için yapılarında serbest elektronlar yada serbest halde iyonların bulunması ve bunların yapı içerisinde hareket edebilmesi gereklidir. Plastiklerin elektrik iletme özellikleri zayıf olduğundan önemli bir kullanım alanına sahiptir. Plastikler ve elastomerler özellikle iletken tellerin kaplanarak elektrik izolasyonunun sağlanmasında, termosetler ise sigorta ve bobin gibi elektrik malzemelerinin yapımında tercih edilmektedirler.

3.3.7. Kimyasal Özellikler

Polimerlerin kullanımı açısından önemlidir. Polimerden polimere değişmektedir. Birkaç polimer (teflon gibi) birçok aşındırıcı kimyasallara ve güçlü çözücülere karşı dayanıklıdır. Plastikler metal malzemelere oranla kimyasallardan daha az etkilenirler. Termoplastikler genellikle tuz, alkali ve zayıf asitlerin zayıf sulu çözeltilerinden etkilenmezler. Bu özelliklerinden dolayı asitlerin depolandığı kaplarda plastikler tercih edilir. Böyle polimerler şüphesiz çeşitli kimyasal etkenlerin bulunduğu ortamda son derece geniş kullanım alanına sahiptirler. Diğer taraftan bazı tip polimerler ise su veya çok kuvvetli olmayan çözücülerden bile etkilenirler (Akkurt 1991).

3.4. Polimerlerin Uygulama Alanları

Şimdiye kadar çeşitli genel özellikleri verilen polimer maddelerin, günümüzde uygulama alanları hayli gelişmiştir. Çok çeşitli şekillerde yaygın olarak kullanılan polimerlerin uygulama alanlarını genel olarak 5 sınıfta toplayabiliriz (Uzun 1984).

3.4.1. Yüzey Örtü Maddesi, Yüzey Koruyucu Kaplama Ve Film Şeklinde

Boyalar, vernikler, metallerin kaplanması v.b. uygulama alanlarına birkaç örnektir. Ayrıca yüzeyin bazı özelliklerini değiştirmek içinde kullanılırlar. İnce film halinde ise; deri ve kâğıt sanayisinde su geçirgenliğini azaltmak amacıyla kullanılır (Uzun 1984).

3.4.2. Kalıplama Ve Döküm Tipi Malzeme Üretiminde

Bilhassa polimerlerin, plastik grubundaki bileşikleri kalıplama ve döküm tipi malzeme hazırlanmasında kullanılır. Örneğin; şalter, düğme, televizyon, kabinleri, bakalit malzeme, elektrik izolasyon ürünleri olarak kullanılan malzemelerin hazırlanışı bu uygulama sınıfına girer (Uzun 1984).

3.4.3. Standart Şekillerdeki Malzeme Yapımında

Burada da kalıplama, döküm, dayanıklı levha yapımı, çekme (ekstrüzyon) proseslerinin birkaçının bir arada tatbik edilmesi bazı özel şekillerde uygulanmaktadır. Bunlara örnek verecek olursak levha, tüp, boru, bazı özel profillerin yapımında kullanılır (Uzun 1984).

3.4.4. Yapıştırıcı Sanayinde

Bilindiği gibi çeşitli yapıştırıcılar mevcuttur. Ahşap, metal, çelik, cam, kâğıtv.s. gibi malzemeyi yapıştırabilen ve bunların birbirlerine yapışmasını sağlayabilen çeşitli yapıştırıcılar yapılmaktadır (Uzun 1984).

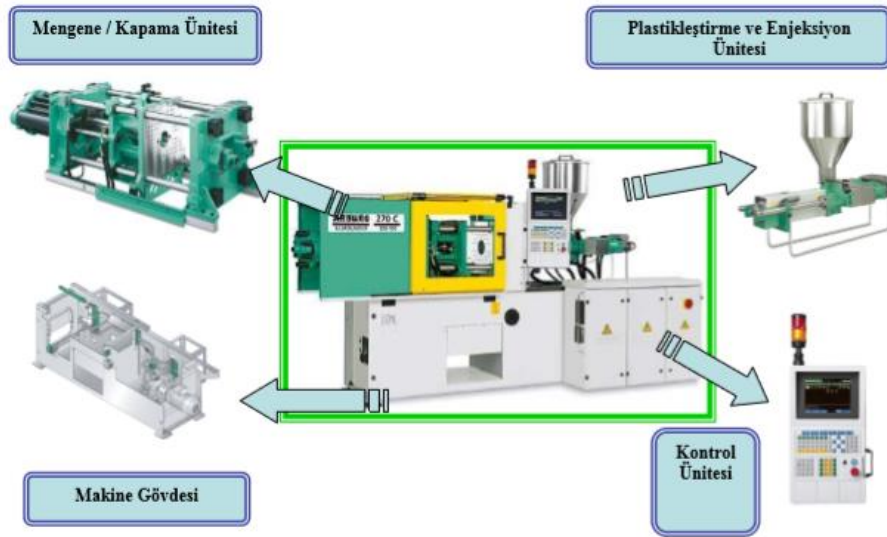
3.4.5. Elyaf (Fiber) Ve Lif (Filement) Üretiminde

Bazı polimerlerde bilindiği gibi çok ince hale getirilebilen, bazıları çekilebilen türde, dayanıklı malzeme haline gelebilir. Bilhassa tekstil sanayinde önemli yer tutmaktadır. Ayrıca çekme işleminin türüne göre de küçük boyutlarda (10–15 mikron) malzeme (lif) oluşturulabilir (Uzun 1984).

3.5. Plastik Enjeksiyon Prosesi

3.5.1. Plastik Enjeksiyon Makinesi

Plastik enjeksiyon makinesi 5 ana bölümden oluşmaktadır. Bu bölümler plastikleştirme ve enjeksiyon ünitesi, mengene kapama ünitesi, makine gövdesi, kalıp ve kontrol ünitesidir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Plastik enjeksiyon makinesi üniteleri (Köse, E. 2006)

Mengene Kapama Ünitesi

Bir enjeksiyon makinesinin mengene ünitesinin başlıca görevleri;

- Kalıbı kapatmak
- Eriyik malzemenin ürüne dönüşmesi için kalıbın kapalı halde kalmasını sağlamak
- Çevrimin tamamlanmasının ardından kalıbı açmak
- Kalıp kapalı konumda iken yüksek basınç altında tutulmasını sağlayarak çapak oluşumunu engellemektir.

Enjeksiyon makinesindeki mengene sistemi yatay halde çalışan bir perese benzer. Bu sistem hareketli plaka, sabit plaka, hareketi sağlayan tahrik sistemi ve destek plakasından oluşur. Hareketi sağlayan tahrik sistemi genelde hidrolik bir sistemdir ve iki şekilde çalışabilir.

1. Tamamen hidrolik güç ile kapatır
2. Hidrolik gücü mekanik kollar aracılığı ile manivela gücüne çevirir

Plastikleştirme ve Enjeksiyon Ünitesi

Plastikleştirme ve enjeksiyon ünitesinin, amacı plastik malzemeyi eritmek ve kalıp içerisine basmaktır. Parça kalitesi ve ağırlığının sürekliliği için kalıba basılan malzeme miktarı her baskıda aynı olmalıdır. Bunun için enjeksiyon grubu sıcaklığı aynı olan homojen malzeme baskısı yapabilmelidir. Plastikleştirme ve enjeksiyon ünitesi şu elemanlardan oluşur;

- Hidrolik motor
- Besleme ünitesi
- Kovan ve vida grubu
- Enjeksiyon grubu hareket ve sabitleme silindiri
- Enjeksiyon ve geri emiş silindiri
- Geri basınç ve merkezleme rulmanları
- Isıtıcılar

Besleme ünitesinden gelen plastik malzemeler ısıtıcılar yardımıyla eritilerek kovan içerisinde bulunan vida gövdesinde toplanır. Hidrolik basınç ile vida dönerek helezonları arasında bulunan eriyik plastiği ileriye doğru iter. Burada vida malzemesi ve helezon açıları büyük önem taşımaktadır. Eriyik ilerlemesi esnasında plastik ve vida arasındaki sürtünme ile helezonların açısından kaynaklı ısınmada göz önünde bulundurulmalıdır. İtilen eriyik haldeki plastik kalıp boşluğuna doldurulur ve soğuma esnasında tutma basıncı uygulanarak eriyiğin geriye kaçması önlenir.

Kontrol Ünitesi

Kontrol ünitesi üzerinde enjeksiyon makinesi ve enjeksiyon prosesinde kullanılacak olan parametrelerin ayarlanması sağlanır.

Enjeksiyon prosesinde 4 ana parametre olup (Sıcaklıklar, Basınçlar, Hızlar ve Zamanlar) doğrudan ya da dolaylı olarak kontrol edildiği 15-30 adet parametre değeri bulunur.

Makine Gövdesi

Yukarıda anlatılan, plastikleştirme ve enjeksiyon ünitesini, mengene ünitesini, kontrol ünitesini ve enjeksiyon kalıbını taşıyan ana iskelettir. Ana gövde, makine çalışırken oluşacak darbe ve titreşimleri ünitelere aktarmayacak şekilde dayanıklı yapılmalıdır.

Kalıp

Enjeksiyon işleminin en önemli elemanlarından biridir. İki yada daha fazla parçadan oluşan kalıplar, üretilen her parça için farklı yapı ve özelliktedir. Bir kalıbın sahip olması gereken özellikler;

- Erimiş haldeki malzeme kalıp boşlukları içerisinde akışını rahatça sağlayabilmeli
- Kalıp içerisinde erimiş malzemeye istenilen son şekil verilebilmeli
- Şeklini almış malzeme soğutulup ürün haline getirilebilmeli

- Ürünü sağlıklı bir şekilde kalıp dışına çıkarabilmelidir

Bir kalıp genelde 4 ana parçadan oluşur;

1. Yolluk sistemi: Eriyik malzemeyi alır ve kalıp boşluğuna dağıtır
2. Kalıp boşluğu: Eriyik malzemeye son şeklini verir
3. Isı sistemi: Eriyik malzemeyi ısıtır ve soğutur
4. İtici sistemi: Ürün haline gelmiş malzemeyi kalıp dışına atar

3.5.2. Plastik Enjeksiyon Proses Parametreleri

Plastik enjeksiyon prosesinde 4 ana değişken vardır.

- Sıcaklık
- Basınç
- Zaman
- Hız

Sıcaklıklar

Enjeksiyon Malzemesinin Sıcaklığı: Eriyik haldeki plastiğin sıcaklığı plastiğin cinsine uygun olmalıdır. Enjeksiyon sırasında malzemelerin teknik özellik sayfalarında verilen değerlere uygun sıcaklıkların kullanılması önemlidir. Aksi takdirde malzemenin yapısında bozulmalar meydana gelerek istenilen mukavemet özelliklerini sağlayamayabilir. Eriyik sıcaklığını öğrenmenin en iyi yolu ise direkt olarak ölçmektir. Bu ölçümü yapmak için iki yöntem vardır. Ölçme yöntemleri;

- Daldırma (çubuk pirometre) (30-30-30 yöntemi)
- Infrared pirometresi

Daldırma (çubuk) pirometreler çekirdek sıcaklığını, infrared pirometreleri ise yüzey sıcaklığını ölçerler.

Kalıp Sıcaklığı: Plastik enjeksiyon işleminde temel olarak eriyik haldeki plastiği kalıp boşluğuna doldurup soğumasını sağlayarak şekil verme amaçlanmaktadır. Kalıp sıcaklığı parça kalitesi ve çevrim süresini doğrudan etkileyen bir parametredir. Kalıbın sıcak olması durumunda plastiğin akışı kolay olmasına karşın soğuma süresini uzatarak çevrim süresini arttırmaktadır. Kalıbın soğuk olması durumunda ise eriyik plastik hızlı bir şekilde soğur ancak kalıp boşluğundaki akışkanlığı azalacaktır. Bu durumda kalıbın tam doldurulamayıp sertleşme riski bulunmaktadır. Bu iki durum arasında optimum koşulların belirlenebilmesi için, parçadan beklenen kalite, kullanılacak olan polimerin tipi ve çeşidi, polimer malzemenin akma uzunluğuna, ürünün et kalınlığına ve geometrisine, kullanılan yolluk çeşidine ve uzunluğuna dikkat edilmelidir.

Basınçlar

Plastik malzeme kalıp boşluğuna belirli bir basınçta enjekte edilir. Bu basınçla plastik malzemenin kalıp boşluğunun şeklini alması sağlanır.

Enjeksiyon Basıncı: Eriyik plastiğin kalıp gözünü doldurması ve parçayı ütülemek (kalıbın en ince detaylarına kadar eksiksiz dolması) için uygulanır.

Tutma Basıncı: Kalıp içerisindeki malzeme soğuyarak çekmeye başlar ve boşluklar oluşur. Oluşan bu boşlukların doldurulması için kalıba eriyik malzeme enjekte edilir.

Geri Basıncı: Vida geri hareketine direnç olarak tanımlanmaktadır ve malzemenin sürtünme ile ısıtılmasına yardımcı olmaktadır.

Zamanlar

Bir çevrimin başından sonuna kadar geçen aralığa çevrim zamanı denir. Malzeme eriyik halinde iken kalıbın içini çok iyi doldurması istenir. Malzeme soğumaya başladığında,

yeteri kadar katı hale gelir ve bundan sonraki parça için enjeksiyon makinesi hazırlanmaya başlar.

Doldurma Süresi: Kalıp boşluğunun tamamen doldurulması için harcanan süredir.

Ütüleme Süresi: Kalıp gözündeki malzemenin sıkıştırılması için geçen süredir.

Tutma Süresi: Çekmeyi azaltmak için parça kalıp içinde basınç (Tutma Basıncı) altında bekletilir. Tutma aşaması yolluk girişinin donmasına kadar devam eder.

Soğutma Süresi: Parçanın kalıp içerisinde yeterli sertliğe ve rijitliğe sahip olması için harcanan süredir.

Hızlar

Kalıp gözünü doldurma hızına enjeksiyon hızı denir. Yüksek enjeksiyon hızı kalıp gözünün düşük viskozite ve iyi eritilmiş malzeme ile doldurulmasını sağlar. Küçük yolluk girişleri, yüksek enjeksiyon hızı ile parça da mekanik ve kozmetik hatalar oluşabilir (Köse 2006).

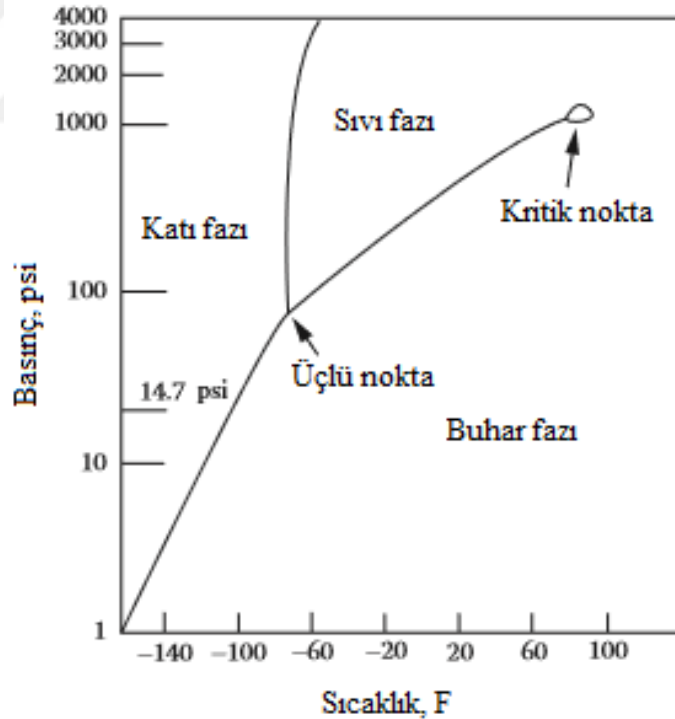
3.6. Kuru Buz ile Temizleme

Üreticiler ve araştırmacılar, öğelerin zarar görmeden, etkili, hızlı ve ekonomik bir şekilde nasıl temizleneceğine ve aynı zamanda çevresel ve güvenlik risklerini en aza indirecek sorulara cevap vermelidir. Bu sorular pek çok temizleme yöntemi olduğundan kolay değildir ve son 25 yılda CO₂ ile temizleme yöntemi yeni bir alternatif olmuştur. Günümüzde daha yeşil bir Dünya için CO₂ ile temizlik yapmak daha iyi bir seçimdir. Kuru buz ile temizlikte, makroskobik kuru buz bir yüzeyi etkiler ve temizlik bir termomekanik şok ile yapılır. CO₂ karı ile temizleme işlemi, daha küçük ve daha az yoğun olan kuru buzlara dayanarak parçacıkların bir çözelti işlemiyle momentum transferi ve organik maddelerden ayrılmasını sağlar.

Ayrıca, tüm CO₂ ile temizleme yöntemleri giderek artan endüstriyel araştırmaları ve çevresel talepleri karşılar ve süreçler hızlı olabilir. Kuru buz toksit olmayan, yanıcı olmayan ve ozon olmayan bir yapıdır, ancak ortamda CO₂ birikmesinin insana bazı etkileri vardır. Bunlar donma (doğrudan cilde uygulandığında) ve ortamdaki oksijen oranının azalmasıdır. Temizleme işlemi kalıntı içermez ve tahribatsızdır. Kirletici maddeler havalandırma ile veya yok edilerek ortamdaki uzaklaştırılır (Robert Sherman 2010).

3.6.1. Termodinamik Özellikler

Şekil 3.6'daki CO₂ faz diyagramını bilen üç faz olan katı, sıvı ve gazı göstermektedir. Pelletler başlangıçta atmosfer basıncı altında katıdır, oda sıcaklığı ve atmosferik basınç altında dengesiz bir durumdadır. Katı haldeki CO₂ oda sıcaklığında ve atmosfer basıncı altında süblimleşerek gaz haline dönüşmektedir.



Şekil 3.6. Karbondioksit faz diyagramı (Sherman 2010)

3.6.2. Temizlik Mekanizması

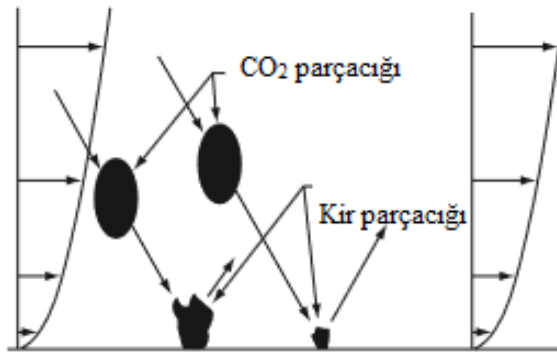
CO₂ ile temizlemenin iki yöntemi vardır;

1. CO₂ kar püskürtme yöntemi
2. Kurubuz tanecikleri püskürtme yöntemi

CO₂ kar püskürtme yönteminde tank içerisinde bulunan sıvı haldeki CO₂ kullanılmaktadır. Kuru buz tanecikleri püskürtme yönteminde ise farklı boyutlarda bulunan kurubuz pelletleri kullanılmaktadır. Her iki yöntemde de basınçlı hava kullanılarak ivmelenme sağlanmakta ve parçacıkların yüzeye hızlı bir şekilde çarparak temizlik gerçekleştirilmektedir.

Genel olarak, CO₂ kar temizleme, fiziksel olarak yüzeylere bağlı parçacıkları ve ayrıca organik artıkları temizler. Fiziksel bir temizleme işlemidir, aşındırıcı değildir. CO₂ kar temizleme, kumlama, asitle dağlama veya diğer herhangi bir kaba temizleme işleminin yerine geçemez.

Parçacık kaldırma momentum transferi ve aerodinamik sürüklenme kuvveti kombinasyonundan kaynaklanır. Aerodinamik sürüklenme, enine kesitiyle orantılı olan bir parçacık üzerinde bir kuvvet uygular. Tek başına gaz akışı, van der Waals kuvvetleri gibi fiziksel yollarla bağlanan mikron ve mikron altı parçacıkları çıkarmak için yeterli kuvvet üretmez (Robert Sherman 2010). CO₂ ile temizlik mekanizması Şekil 3.7'de görülmektedir.



Şekil 3.7. CO₂ ile temizlik mekanizması (Sherman 2010)

Temizlik mekanizması 4 aşamadan oluşmaktadır.

1. Gevrekleşme: Organik malzemeler soğuma altında sertleşir ve gevrekleşir. Bu onların elastikiyetini ve yapışkanlığını azaltır, bu da çıkarmayı kolaylaştırır.

2. Termosok: Ani lokal soğutma nedeniyle, büzülme oranındaki farklılıklar sınır bölgesinde yoğun termal gerilimler oluşturur ve kirlenme tabakası ile substrat arasındaki bileşiği gevşetir.

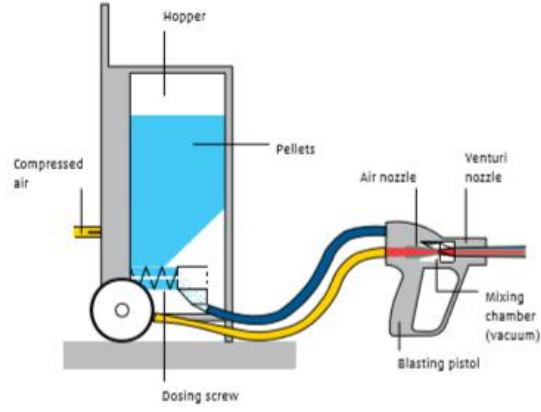
3. Etki: Darbe üzerine - kuru buz topaklarının hızı ve kütlesi tarafından üretilen kinetik enerji yoğun bir temizleme gücüne dönüştürülür.

4. Süblimasyon: Çok soğuk pelletler ile temizlenecek olan nispeten sıcak yüzeyde ısı transferi katı halde bulunan CO₂ in hızlı bir şekilde gaz fazına dönüşmesine neden olur. Bu sürece yaklaşık 500 faktörü olan bir hacim artışı eşlik eder. Bu CO₂ patlaması gevşetilmiş olan kirlenmeyi basınçlı havanın akışında taşıyarak uzaklaştırır. Kuru buz ile temizlemeyle elde edilen sonuçlar aşağıdakilere bağlıdır;

- Patlama basıncı
- Nozzle (farklı şekillerde kullanılabilir)
- Çıkarılacak kirin özellikleri
- Yüzeyin malzemesi, sıcaklığı ve yüzey pürüzlülüğü

3.6.3. Temizlik Ekipmanları

CO₂ ile temizlik, bir CO₂ kaynağı, bir hortum ve nozuldan oluşan basit bir basınçlandırma sistemi ile gerçekleştirilmektedir. Bu sistem sayesinde kuru buz tanecikleri yüzeye basınçlı bir şekilde püskürtülmektedir.



Şekil 3.8. Kurubuz püskürtme makinesi(Anonim 2019e)

Sıkıştırılmış hava akımı, püskürtme tabancasında kısmi bir vakum üretir. Kuru buz topakları, basit bir dozajlama vidası vasıtasıyla ünitenin haznesinden emilen havaya beslenir. Bu topaklar, püskürtme hortumundaki hava akımı tarafından tutulur ve Venturi püskürtme memesine verilir, burada temizleme hedefine doğru hızlandırılırlar.

Temizlikte kullanılan kurubuzlar farklı çaplarda pelet şeklinde (3 mm, 9 mm, 16 mm) veya kalıp halinde olabilir. Kullanılan makineye uygun kuru buz seçilmelidir.



Şekil 3.9. Pellet ve kalıp halindeki kurubuz (Anonim 2019b)

3.7. Boyama Öncesi Alkol ile Silme

Günümüzde sanayide plastik parçaların boyama öncesi temizlenmesi için oldukça sık kullanılan bir yöntemdir. Çalışmaların yapıldığı Demo Plastik firmasında mevcutta plastik parçaların boya öncesi temizliğinde bu yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemde malzemelerin boyanacak yüzeyleri izopropil alkol ile silinerek yağ, parmak izi, kalp ayırıcı gibi boya hatalarına neden olacak etkilerden arındırılır.

3.8. Boyama Öncesi Fırınlama

Yapılan araştırmalarda parçaların fırınlanmasının yüzey gerilimine ve boyama prosesine etkisi hakkında yapılan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu etkinin belirlenebilmesi için Demo Plastik firmasının boyahanesinde bulunan boyama hattındaki fırınlar kullanılmıştır.

3.9. Deney Tasarımı ve Taguchi Metodu

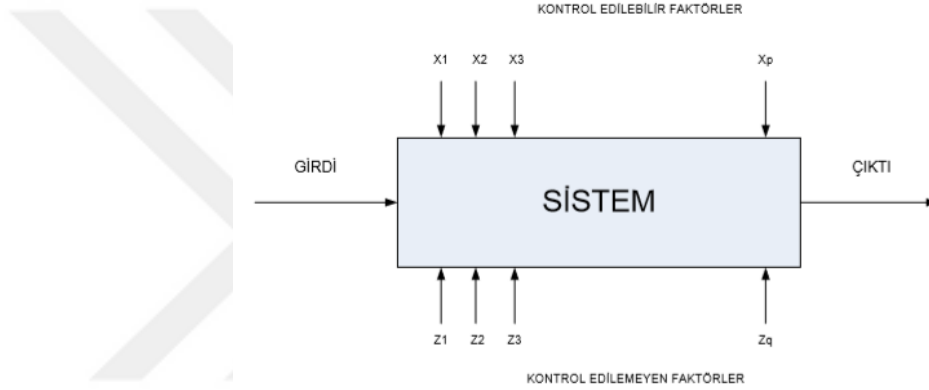
Deney tasarımı İngiliz istatistikçi Ronald Fisher tarafından 1920 yılında tarımda üretim veriminin artırılması için araştırmalar yaptığı sırada bulunmuş ve geliştirilmiştir. Daha sonra yöntem tarım sektörünün Amerika'da gelişmesi için uygulanmış ve ülkenin tarım sektöründe lider konuma gelmesinde önemli bir pay sahibidir. Tarım sektöründe bu yöntem iklim koşulları, sulama yüzeyleri, gübre ve dozlarının ürünlere olan etkisinin belirlenmesi için uygulanmıştır (Şirvancı 1997).

Deney tasarımı üç aşamadan meydana gelmektedir. Bunlar deney, düzen ve çözümlemedir. Genel olarak deney tasarımının adımları kısaca aşağıda verilmektedir:

1. Etkileri arasındaki farkların belirlenmesi amaçlanan faktör ve seviyeleri belirlenir
2. Deneylerde belirlenen faktörler için yapılacak tekrar sayısına karar verilir.
3. Verilerin analizi için kullanılan teknik belirlenir
4. Yapılan deney tasarımıyla elde edilen sonuçların yorumlanması

Deney tasarımı, bir süreçteki girdi değişkenleri üzerinde istenilen değişikliklerin gerçekleştirilmesiyle cevap değişkeni üzerindeki değişkenliğin gözlenmesi, elde edilmesi ve yorumlanması olarak tanımlanabilir (Besterfeld ve ark. 1995).

Deney tasarımı süreç eniyilemesinde, süreç değişkenlerinin tanımlanmasında ve süreçteki değişkenliğin azaltılmasında önemli bir yöntemdir. Bir sürecin ya da sistemin genel modeli Şekil 3.10'de gösterilmektedir. Süreç değişkenlerinden X_1, X_2, \dots, X_p kontrol edilebilir değişkenler iken Z_1, Z_2, \dots, Z_q kontrol edilemeyen değişkenler olarak adlandırılabilir (Lunani ve ark. 1997).



Şekil 3.10. Bir sistem ve sürecin genel gösterimi (Lunani ve ark. 1997)

Deney tasarımı teknikleri, yeni bir süreç geliştirmede ve iyileştirme amacıyla mevcut süreci düzeltmede çok önemli bir rol oynamaktadır. Burada amaç, sağlam (robust tasarım: çeşitli koşullarda uygun işlev gören ürün tasarımı) bir süreç geliştirmektir. Değişkenliğin kaynağı olan, kontrol edilemeyen değişkenlerin (Z_1, Z_2, \dots, Z_q) etkisinin en az olduğu bir süreç ile en iyi koşullar sağlanmaktadır (Montgomery 1991).

Deney tasarımı çalışmalarında faktöryel tasarım, cevap yüzeyi metodu ve Taguchi yöntemi günümüzde yaygın bir kullanıma sahiptir. Bu yöntemler içinde Taguchi yöntemi, diğer yöntemlere göre daha az deney sayısı ve daha az maliyetle hızlı bir şekilde sonuca ulaşmayı sağlaması bakımından literatürde yaygın kullanılan yöntem olarak görülmektedir.

Taguchi Metodu

Taguchi Metodu, Dr. Genichi Taguchi tarafından 1950'lerde süreç eniyileme tekniği olarak geliştirilmiştir. “Taguchi'nin kalite alanına getirmiş olduğu en dikkat çekici katkı, kalite sistemini üretim öncesi (off-line) ve üretim süreci (on-line) olarak ikiye ayırarak bir ürünün kalitesini ve müşteri memnuniyetini, üretim öncesindeki aşamada tasarım ve geliştirmenin mükemmelliği ile yakından ilgili olduğunu gösteriyor olmasıdır” (Ranjit 1990).

Taguchi deney tasarımı yöntemi farklı girdi parametrelerinin farklı seviyeleri arasındaki en iyi kombinasyonun belirlenebilmesi için kullanışlı bir yöntemdir. Taguchi yöntemi, Her parametre ve sviyeleri arasındaki tüm kombinasyonların yapılması için gerekli olan deneysel çalışma sayısının arttığı durumlarda Çizelge 3.1'deki ortogonal dizi tablosu kullanılarak deneysel çalışma sayısı azaltılarak sonuca ulaşmayı sağlamaktadır (Güral 2003).

Kalite mühendisliğinde tasarım kalitesi (robust design) 3 temel sürece dayanmaktadır. Bunlar ;

- Dikey dizilim
- Sinyal-gürültü oranı
- Kayıp fonksiyonudur.

Taguchi tasarımında bir ürünün kalite sağlama seviyesi hem ürün tasarımı hem de süreç tasarımını kapsayan 3 tasarım üzerine kurulmuştur. Bunlar;

- Sistem tasarımı: kavramın oluşturulduğu aşamadır
- Parametre tasarımı: ürün ve süreç için hedeflerin oluşturulması aşamasıdır
- Tolerans tasarımı: istenilen hedefe ulaşamadığında yapılacak olan çalışmalardır.

Sistem tasarımı: Deney tasarımının bu aşamasında elde edilen materyaller değerlendirilir, mevcut teknolojiler yenilikler araştırılır ve bunların kullanılabilirliği için fizibilite çalışmaları yapılır. Bu adımda amaç en az maliyetle en iyi ürün tasarımı ve maksimum müşteri memnuniyetidir (Gökçe ve Taşgetiren 2009).

Çizelge 3.1. Taguchi ortogonal dizi seçim tablosu (Gökçe ve Taşgetiren 2009)

		SEVİYE SAYISI												
		2		3		4		5						
PARAMETRE SAYISI	P=2	S=2	L4	P=2	S=3	L9	P=2	S=4	L'16	P=2	S=5	L25		
	P=3	S=2		P=3	S=3		P=3	S=4		P=3	S=5			
	P=4	S=2		P=4	S=3		P=4	S=4		P=4	S=5			
	P=5	S=2	L8	P=5	S=3	L18	P=5	S=4	L'32	P=5	S=5	L50		
	P=6	S=2		P=6	S=3		P=6	S=4		P=6	S=5			
	P=7	S=2		P=7	S=3		P=7	S=4		P=7	S=5			
	P=8	S=2	L11	P=8	S=3	L27	P=8	S=4	L'32	P=8	S=5	L50		
	P=9	S=2		P=9	S=3		P=9	S=4		P=9	S=5			
	P=10	S=2		P=10	S=3		P=10	S=4		P=10	S=5			
	P=11	S=2	L16	P=11	S=3	L36				P=11	S=5	L50		
	P=12	S=2		P=12	S=3					P=12	S=5			
	P=13	S=2		P=13	S=3					P=13	S=5			
	P=14	S=2	L32	P=14	S=3					P=14	S=5	L50		
	P=15	S=2		P=15	S=3					P=15	S=5			
	P=16	S=2		P=16	S=3					P=16	S=5			
	P=17	S=2		P=17	S=3					P=17	S=5	L50		
	P=18	S=2		P=18	S=3					P=18	S=5			
	P=19	S=2		P=19	S=3					P=19	S=5			
	P=20	S=2		P=20	S=3					P=20	S=5	L50		
	P=21	S=2		P=21	S=3					P=21	S=5			
	P=22	S=2		P=22	S=3					P=22	S=5			
	P=23	S=2		P=23	S=3					P=23	S=5	L50		
	P=24	S=2		P=24	S=3					P=24	S=5			
	P=25	S=2		P=25	S=3					P=25	S=5			
	P=26	S=2								P=26	S=5	L50		
	P=27	S=2								P=27	S=3		P=27	S=5
	P=28	S=2								P=28	S=3		P=28	S=5
	P=29	S=2								P=29	S=5	L50		
	P=30	S=2								P=30	S=3		P=30	S=5
	P=31	S=2								P=31	S=3		P=31	S=5

Parametre Tasarımı: Süreç iyileştirme ve geliştirmenin en önemli adımı parametre tasarımıdır. Bu adımda üretilen ya da geliştirilecek olan ürünün özelliklerinin en iyi seviyeye getirilebilmesi için üretimde kullanılan parametrelerin iyileştirilmesi sağlanır. Parametrelere en iyi seviyeler seçilir. Üretim esnasında ürünün kalitesini olumsuz etkileyecek kontrol edilemeyen etkiler belirlenir ve bunlara kontrol edilemeyen parametre adı verilir. Ardından bu parametrelerin etkileri en küçüklenir. Bu adımda parametreler bloklanırken Taguchi'nin geliştirmiş olduğu ortogonal diziler kullanılır. Aynı zamanda sinyal gürültü oranı (S/N - Signal/Noise ratio) analizi ile de hesaplama yapılabilir. Parametreler belirlendikten sonra Çizelge 3.1'deki Taguchi ortogonal dizisinden bir dizi seçmek gerekmektedir. Bu tabloya göre, bir araştırmacı 5 parametreye sahipse ve her bir parametrenin 3 seviyesi olduğu kabul edilirse L18 dizisi en uygun dizi olarak seçilir. Çizelge 3.1'de L'16 ve L'32 dizileri 4 seviyeli deneyler için kullanılmaktadır. Çizelge 3.1'in dışında kalan parametre ve seviyeler için deney şartları daha zor olduğundan parametre ya da seviye küçültülerek uygun diziye getirilmesi gerekmektedir. Aynı zamanda ortalamalar ve gürültü oranı (S/N) değerleri de hesaplanarak kaydedilir (Gökçe ve Taşgetiren 2009) .

Tolerans Tasarımı: Yapılan parametre belirleme çalışmalarında amaçlanan hedefe ulaşamadığı takdirde ilave olarak tolerans tasarımı çalışmaları yapılmaktadır. Bu aşamada gözlenen değerlerden faydalanılarak ürünün hedef değerden sapma göstermesinin getirdiği kayıplar bulunarak sapmalar azaltılır (Gökçe ve Taşgetiren 2009).

3.10. Katılarda Yüzey Enerjisi ve Ölçüm Yöntemleri

Katılarda yüzey enerjisi yüzeylerin ıslanabilirliği için en önemli faktördür. Islanabilirlik sanayide ve günlük hayatta önemli rolü olan temel yüzey özelliklerinden biridir. Islanabilirliğin önemli olduğu uygulamalar boyama, kaplama, baskı işlemleri, lehimleme ve temizlik şeklinde sıralanabilir. Katıları yüksek yüzey enerjisine sahip olanlar ve düşük yüzey enerjisine sahip olanlar olarak ikiye ayırabiliriz. Metaller, oksitler, nitritler, elmas ve inorganik bileşikler yüksek yüzey enerjisine sahip iken organik bileşikler ve polimerler düşük yüzey enerjisine sahiptir. Polimerlere düşük yüzey enerjisine sahip olduğundan boyama öncesi yapışmanın artırılması için ön

işlemler uygulanmalıdır. Farklı polimer katı yüzeylerinin yüzey enerjileri Çizelge 3.2'de verilmiştir. Ölçülen yüzey enerjisi malzemenin anlık durumudur. Yüzey enerjisi bekleme süresine bağlı olarak düşüş gösterebilir.

Çizelge 3.2. Bazı polimerlerin yüzey enerjileri

Polimer	Yüzey Enerjisi (mN/m)
Polipropilen	29-31
Polietilen	30-31
PVA	33-44
Polistiren	33
ABS	35-42
Poliamid	<36
Epoksi	<36
Poliester	41-44
PET	41-44
Polikarbonat	46
Poliimid	40
Poliasetal	<36
PPO	47
PBT	32
Polysulfon	50
PPS	38
Nylon	33-46
PE kopolimer	20-24
Florlu etilen propilen	18-22
Polivinilflorid	28

Yüzey Enerjisi Ölçüm Yöntemleri

Yüzey serbest enerjisinin herhangi bir katı yüzey için hesaplanması malzeme yüzeyi için ıslanma ve fazlar arasındaki adezyon gibi konularda önemli ve kullanışlı bir bilgiye sahip olunması demektir. Yüzey işlemlerinin olduğu herhangi bir kimyasal ya da fiziksel bir işlemde yüzey serbest enerjisinin hesaplanması prosesin optimizasyonunda

önemli bir yere sahiptir. Yüzey serbest enerjisini ölçmek için kullanılan metotların anlaşılması ve doğru şekilde uygulanması; boya, mürekkep, kaplama vb. gibi sektörlerde kullanılan hammaddelerin efektif ve uygun bir şekilde kullanımına olanak vermektedir.

Katı yüzeylerinde yüzey serbest enerjisinin hesaplanması sıvılarda yapılan tensiyometre ölçümlerinde olduğu gibi direkt olarak yapılmaz. Bunun nedeni katı maddelerin rijit yapıları nedeniyle ölçüm için yeni bir yüzey oluşturulamamasıdır. Bu nedenle farklı ölçüm metotları geliştirilmiştir.

Test Mürekkepleri ile Yüzey Enerjisi Ölçümü

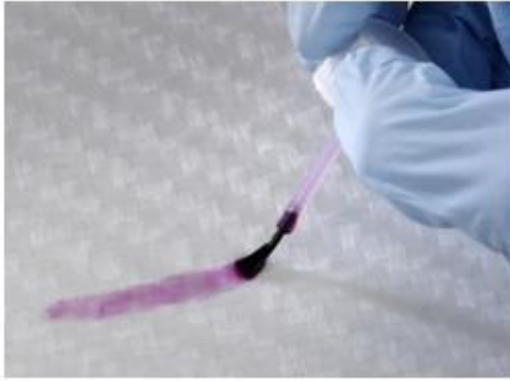
Test mürekkepleri ile yüzey gerilimi ölçüm yönteminde her bir test için öncelikle ortalama bir değer ile ölçüme başlanır (Örn. 34 mN/m). Eğer en az 3-4 saniye mürekkep yüzeyde damlacık haline gelmiyorsa parçanın yüzey gerilimi 34 mN/m ye eşit veya daha yüksektir. Bu durumda daha yüksek gerilim değerine sahip mürekkepler (36, 38...72) uygulanarak damlacık haline dönüştüğü değer bulunarak yüzey gerilim değeri ölçülür.

Eğer uygulanan ilk değerde mürekkep damlacık haline dönüşüyorsa daha düşük gerilime sahip mürekkepler (32, 30...) uygulanarak mürekkebin yüzeyde toplanmadan kaldığı değer bulunur. Bu değer parçanın yüzey gerilimidir. Yüzey geriliminin yüksek olması boyanın yüzeye yapışmasını arttırmaktadır. Yüzey gerilimi tespitine yönelik örnek resimler Şekil 3.9'da verilmektedir.

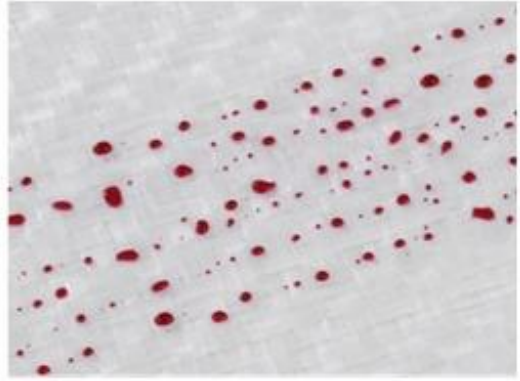
Test mürekkepleri yüzey enerjisi ölçüm metodunda oluşabilecek maksimum hata 2 mN/m'dir. Çoklu ölçüm yapıldığı durumlarda hata toleransı orantılı olarak azalmaktadır. Her ölçüm yönteminde olduğu gibi test mürekkepleri ile yüzey enerjisi ölçüm metodunda da ölçüm değerlerine eleştirel gözle bakılması gerekir. Bu yöntem ile elde edilen ölçüm sonuçları bağıl değerler olup farklı ölçüm metodları ile kıyaslanabilir.



(a)



(b)

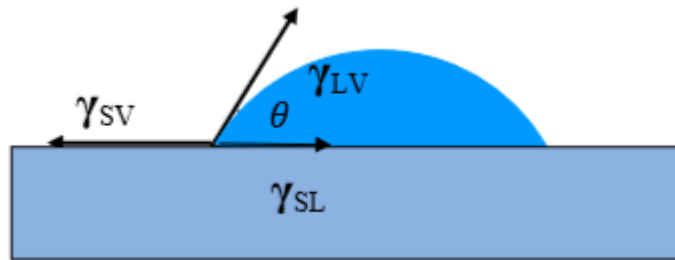


(c)

Şekil 3.11. (a)Yüzey gerilimi ölçüm test mürekkepleri, (b)İyi yüzey ıslanması
(c) Kötü yüzey ıslanması

Temas Açısı Ölçümü ile Yüzey Enerjisinin Belirlenmesi

Temas açısı, üç fazın temas hattındaki iki ara yüzün temas noktası arasındaki açıdır. Katı bir yüzeye dayanan bir sıvının enine kesitsel bir temsili, Şekil 3.10'da gösterilmiştir. Temas açısı, katı-sıvı-buhar fazları arasındaki yüzey gerilimi ilişkisinin bir sonucudur.



Şekil 3.12. Sıvı katı ara yüzeyinde temas açısının oluşumu

Üç arayüzey arasındaki gerginliği hesaplamak için aşağıda belirtilen Young eşitliği kullanılmaktadır.

$$\gamma_{sv} = \gamma_{sl} + \gamma_{lv} \cdot \cos \theta \quad (1)$$

Nem, sıcaklık, yüzey pürüzlülüğü, statik elektrik, yüzeyin hazırlanış şekli ve yüzey kirliliği gibi koşullar temas açısını etkileyen parametrelerdir.

Sıvı ile yüzey arasında oluşan temas açısı 0 ile 180 derece arasındadır. Eğer ölçülen temas açısı 0° ise sıvı ile katı arasındaki yapışmanın çok iyi olduğunu ve katı-sıvı etkileşiminin sıvı-sıvı etkileşiminden çok daha yüksek olduğu anlamına gelmektedir. Temas açısının 0'a yaklaşması sıvının yüzeyde kolay bir şekilde yayılabileceğini gösterir. Açının 0° ile 90° arasında olması sıvının yüzeyi ıslattığı anlamına gelmektedir. Temas açısının 90° den büyük olması durumunda ise sıvının yüzeyi ıslatmadığı ve yüzeyden akmaya eğilimli olduğunu gösterir. Suyun ıslatabildiği yüzeyler hidrofilik ıslatmadığı yüzeyler ise hidrofobik olarak adlandırılmaktadır. Temas açısının 150° den büyük olduğu durum ise süperhidrofobikliği göstermektedir ve sıvı ile yüzey arasında neredeyse hiç temas yoktur.

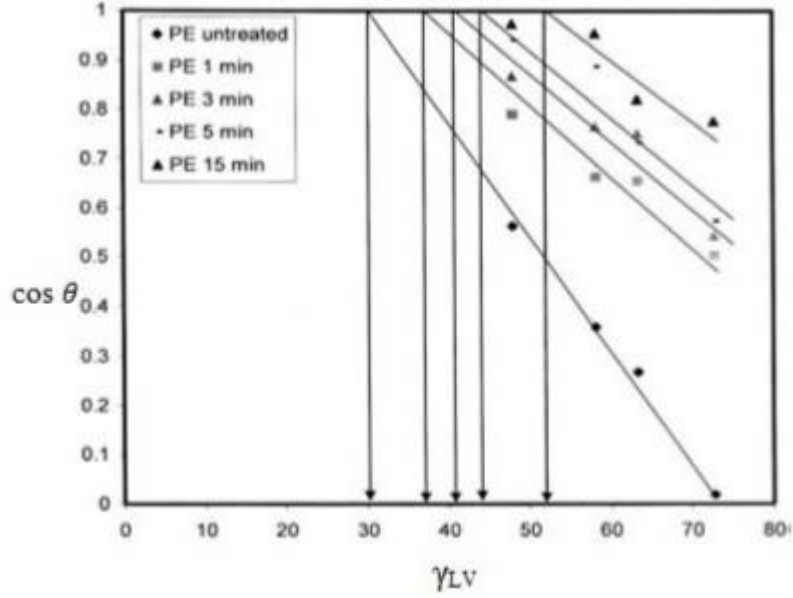
Zisman Metodu

Fox ve Zisman, 1950'lerde temas açıları ve sıvı yüzey gerilimleri arasındaki ampirik ilişki ile "kritik yüzey gerilimi" ni sunan ilk yüzey bilimcileriydi. Bahsedilen bu ilişki, çeşitli sıvıların yüzey gerilimi değerlerine karşılık gelen temas açısının kosinüs değerlerini gösteren y ekseninden ve x ekseninden oluşan bir Zisman grafiği olarak gösterilmiştir (Özgen 2011).

Test sıvısı grafiğin elde edilebilmesi için n-alkanlar gibi homolog bir organik bileşikler dizisinden seçilmelidir. Zisman, katı bir şekilde tamamen yayılabilen ve ıslanabilen bir sıvının yüzey geriliminin maksimum değeri olan kritik bir yüzey gerilimi tanımlamıştır. Zisman bu düşünceden yola çıkarak,

$$\gamma_c = \lim_{\theta \rightarrow 0} \gamma_{lv} \quad (2)$$

Kritik yüzey gerilimi (γ_c) temas açısının 0 olduğu noktada γ_{lv} 'ye eşittir. Şekil 3.11 de plazma işlemlili PE yüzeye ait Zisman grafiği verilmiştir.



Şekil 3.13. PE yüzey için çizilen sıvı yüzey geriliminin Zisman grafiği (Dekmush 2008)

Girifalco ve Good Modeli

Girifalco ve Good aşağıdaki eşitliği formüle etmişlerdir.

$$\gamma_{sl} = \gamma_s + \gamma_l - 2\varphi(\gamma_s\gamma_l)^{1/2} \quad (3)$$

$\varphi = (\rho_1\rho_2)^{1/2}$ katı-sıvı sisteminin etkileşim parametresini tanımlar ve 0.5 ile 1 arasındadır. ρ_1 ve ρ_2 sırasıyla sırasıyla saf malzeme ve sıvı molekülleri arasında London tipi kuvvetlerine atfedilen moleküller arası etkileşimlerin fraksiyonlarını verir. Ayrıca φ katı-sıvı sisteminin özelliğidir ve katı ve sıvı fazların moleküler özellikleri ile belirlenir (Zenkiewicz 2007).

Girifalco-Good denkleminin Young denklemine yerleştirilmesiyle, katı yüzey gerilimi ile temas açısı arasındaki ilişkiyi aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\gamma_s = \gamma_l(1 + \cos \theta)^2/4\phi^2 \quad (4)$$

Sonuç olarak, temas açısını aynı anda ve sadece sıvı için ölçerek katı yüzey gerilimlerine ulaşmanın mümkün olduğu sonucuna varılabilir.

Fowkes Yaklaşımı

Fowkes, SFE'nin dispersiyon bileşenini ortaya çıkarmıştır. London etkileşimlerine bağlı olarak SFE'nin Fowkes dağılım bileşenine göre, maddenin atomları ve molekülleri arasındaki çekimden dolayı elektron dipol dalgalanmalarından kaynaklanmaktadır (Fowkes 1964).

Fowkes yaklaşımı kutupsal olmayan katı ve sıvının dağılım kuvvetleri için geçerlidir. Bu koşullar altında katı-sıvı arayüzeyinin SFE 'sini yazmak mümkündür.

$$\gamma_{sl} = \gamma_s + \gamma_l - 2(\gamma_s^d \gamma_l^d)^{1/2} \quad (5)$$

Fowkes yaklaşımının Young denklemine yerleştirilmesi sonucu aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$\gamma_s^d = \gamma_l(1 + \cos \theta)^2/4 \quad (6)$$

Bu formül ile katı yüzeyin SFE 'si hesaplanabilir.

3.11. Yüzey Enerjisi Arttırma Yöntemleri

Plastik malzemelerin yüzey enerjilerinin arttırılması için mekanik aşındırma, alev ile dağlama, kimyasal aşındırma, plazma ve korona yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemleri detaylı olarak inceleyecek olursak;

3.11.1. Mekanik Aşındırma

Mekanik aşındırmada amaç kararsız ve gevşek yapıdaki polimerlerin temas yüzeylerini arttırmaktır. Temas yüzeylerinin arttırılması için bir tür zımparalama işlemi uygulanarak ve yüzeyin pürüzlendirilmesi sağlanır. Mekanik aşındırma işlemi uygulanmış plastıklere boyama veya kaplama işlemi uygulanarak dekoratif amaçlı kullanılamamaktadır. Yüzeyinde film tabakası yada kaplama olan malzemelerde bu yöntem başarılı sonuç vermemektedir. Mekanik aşındırma genellikle yapıştırma işlemi yapılacak plastıklere uygulanmaktadır. Aşındırma işlemiyle birlikte artan temas yüzeyi yapıştırıcının dağılmasını ve daha geniş bir alana tutunmasını sağlamaktadır. Böylece daha güçlü bir bağ elde edilir.

Yapıştırılmaya uygun yüzeylerin elde edilmesi için malzemenin yapısına ve istenilen yüzey pürüzlülük değerine uygun zımpara seçilmelidir. Aksi takdirde işlem yüzeye zarar verir ve istenilen yapışma mukavemeti sağlanamaz (Şekercioğlu 2014).

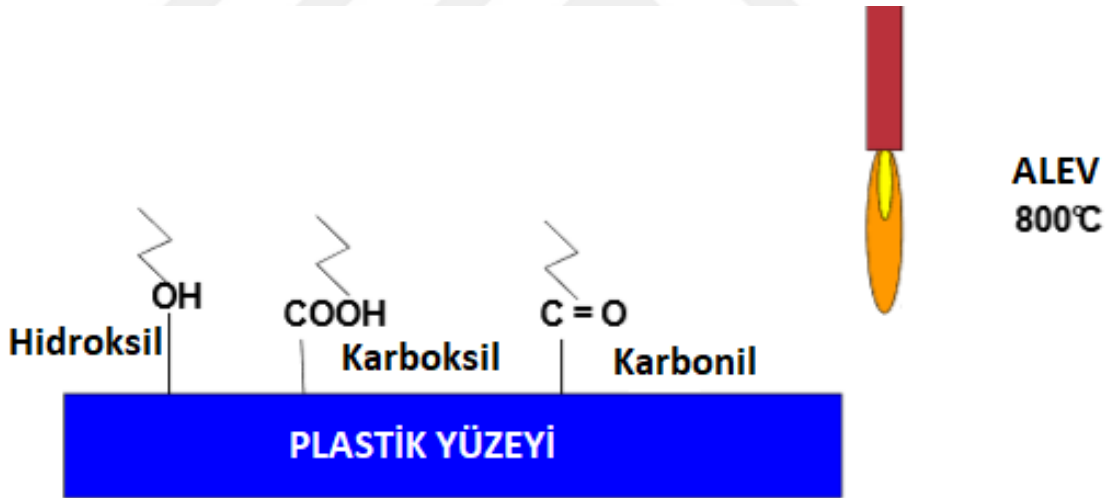
3.11.2. Kimyasal Aşındırma

Kimyasal aşındırma yöntemi plastikler için sıkça kullanılan ve etkin yüzey enerjisi arttırma yöntemlerinden biridir. Bu yöntemde farklı kimyasal karışımları ve her malzemeye uygun farklı aşındırma çözeltileri ve reaktifleri kullanılmaktadır. Hazırlanan çözeltiler içerisinde alkol, glikol, su, gliserin, alkali ve asit gibi kimyasallar bulunmaktadır. İşlem çözeltinin yüzeye dökülerek yada malzemeyi kimyasal içerisine daldırarak uygulanır. Malzemenin yapısında bulunan tane sınırları ve fazlar anot görevi görürken diğer bölgeler katot görevi görür. Katot bölgelerinde aşınma meydana gelmezken anot bölgelerinde aşınmalar meydana gelir. Yüzeyin aşınmasıyla daha dayanıklı yapışma elde edilir. ABS, poliolefin, asetal ve polipenoloksit gibi plastiklerde kromit asit ile aşındırma uygulanmaktadır. Aşındırmanın etkisi parametrelere ve malzemelere göre değişiklik göstermektedir. Aşındırma sıcaklığı ve zamanının artmasıyla PP de aşınma derinliği artarken, PE de derinlik ve oksidasyon derecesi artış göstermektedir. Yapılan bu işlem ile morfoloji ve kimyasal kompozisyon değiştirilerek yüzey enerjisi arttırılır. Kimyasal aşındırma van der Waals, dipol, hidrojen, kovalent ve iyonik bağlı malzemelere uygulanabilir. Aşındırma işlemi sonrası mekanik ve kimyasal

özellikler değiştirilir. İşlem yapılmadan önce yüzeyin temizlenmesi gereklidir. İşlemin tamamlanmasının ardından ise yüzey yıkanıp kurutularak kimyasal yüzeyden uzaklaştırılır (Şekercioğlu 2014).

3.11.3. Alev ile Dağlama

Alev ile dağlama yüzey enerjisi artırma yöntemleri arasında en çok kullanılanlardan biridir. Eğimli ve düzensiz yüzeylere doğru uygulandığı durumda boyama için uygun sonuçlar vermektedir. Başta polipropilen ve polietilen malzemeler olup birçok plastiğin yüzey enerjilerinin artırılmasında kullanılmaktadır. Alev ile dağlamada kullanılan gaz oksijen zengin hidrokarbonlardan oluşmalıdır. Alev yüzeyin enerjisini arttırırken bir miktar oksidasyona neden olmaktadır. Uygulamanın doğru yapılabilmesi için malzemenin bileşenleri, brülör tipi, alev mesafesi, gaz akış hızı, hava oranı, gaz tipi ve alev geçiş hızı önemlidir (Şekercioğlu 2014).



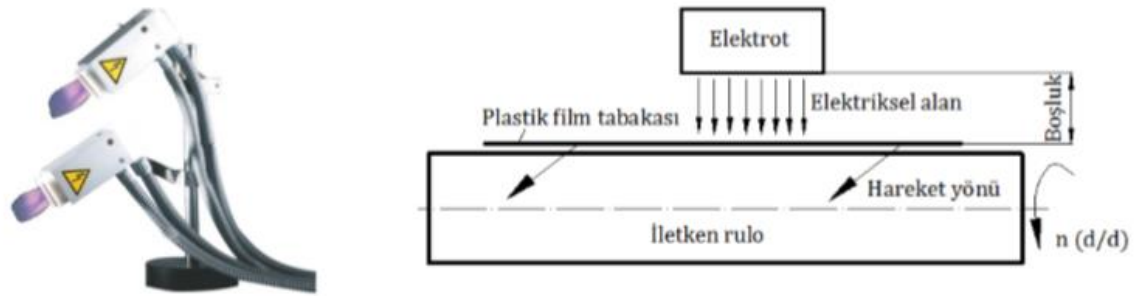
Şekil 3.14. Alev ile dağlama yüzey aktivasyon işlemi

3.11.4. Korona Yöntemi

Korona, bir elektriksel alan içerisinde elektron hızlandırılmış iyon ve yüklü parçacıkların bir akışı şeklinde meydana gelir. Hava veya diğer gazlar ile doldurulmuş bir boşluk içerisinde nötr moleküllerin oluşumu daha fazla iyon üretimi sağlar. ile nötr Yüksek bir gerilim altında hızlı parçacık çarpışmaları ile bir korona oluşturulur. Korona,

atmosferik basınç altında gerçekleştirilir. Genellikle poliolefin (PO) film malzemelerde kullanılır. Bu yöntemde, plastik madde, yüksek frekanslı, yüksek gerilim ile alternatif akım tarafından üretilen bir korona deşarjına maruz kalmaktadır. Korona işleminde iyonize olmuş hava üzerinden yüksek voltaj geçirilerek elektrik enerjisinin yüzeye deşarj olma mantığı kullanılır. Polietilen gibi hem amorf hem de kristalli yapıya sahip malzemelerin sahip oldukları amorf, şekilsiz bölge hedef alınır ve yüzeydeki pürüzlülük miktarı artırılır.

Plastik yüzeylerinde, korona ile sağlanan elektriksel boşalım, yüzeyin yapışma direncini arttırmaktadır. Şekil 3.14'de görüldüğü gibi film şeklindeki plastik tabaka üzerine yapılacak bir kaplama, boya, baskı vb. için bir elektrot, uygulanacak film tabakası, iletken bir rulo ve elektrik akımının oluşmasını sağlayacak bir hava akım boşluğunun olması gerekir. Güçlü bir korona işlemi için, daha aktif olan yüzey, farklı kutup ara yüzleri ile reaksiyona girer. Sistemde elektrot iletken rulo ile etkileşim içerisinde oluşturacağı elektrik kıvılcımı yardımıyla film tabakanın üzerinde istenilen yüzey geometrisi oluşturulur (Şekercioğlu 2014).

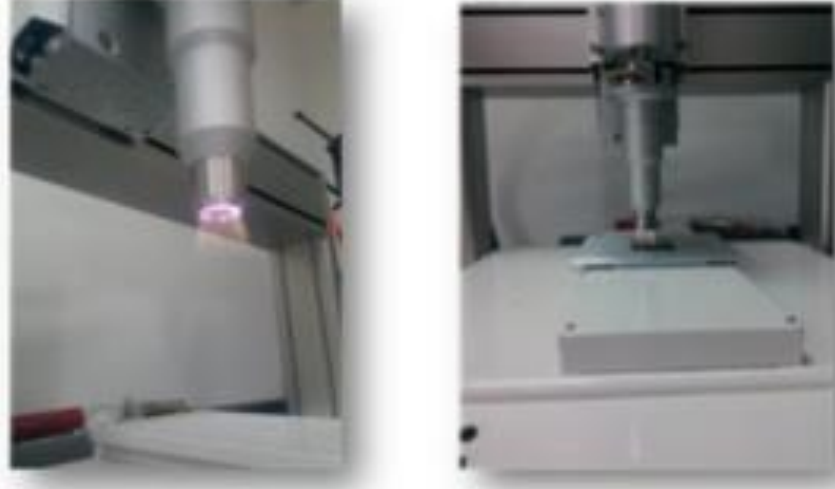


Şekil 3.15. Korona cihazı ve çalışma yöntemi

3.11.5. Plazma Yöntemi

Soğuk plazma çeşitlerinden olan atmosferik basınçta plazma son yıllarda düşük yüzey enerjisine sahip polimerlerin yüzey enerjilerinin artırılması ve yüzey özelliklerinin geliştirilmesinde araştırmalara konu olan bir yöntem olmuştur (S.Ebnesajjad ve C. Ebnesajjad 2014). Bu yöntemin uygulanması sonrası 28 mN/m yüzey enerjisine sahip

olan PP malzemelerin yüzey enerjileri 72 mN/m 'ye çıkarılabilmektedir (Bardos ve Barankova 2010).



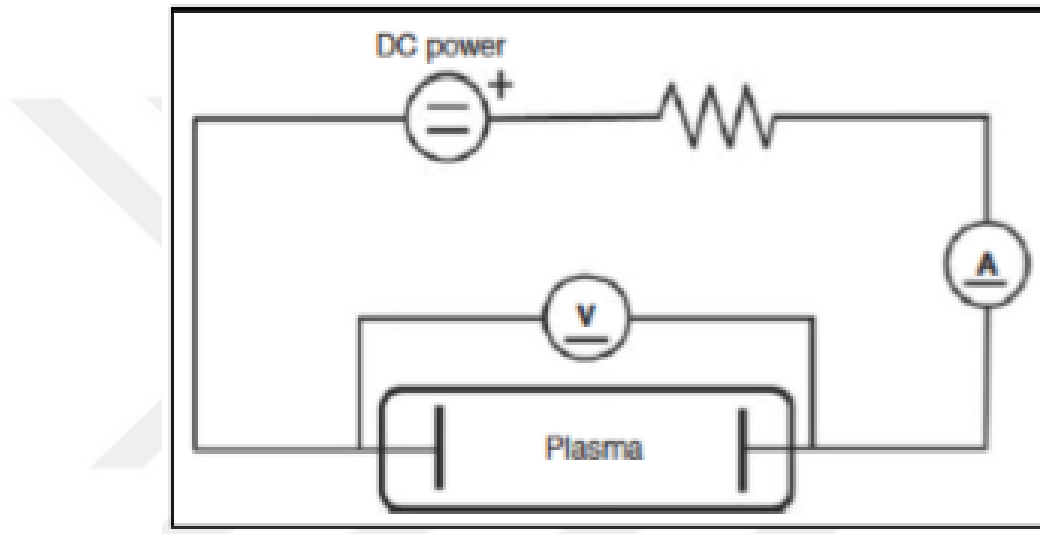
Şekil 3.16. Atmosferik basınç plazma aktivasyon sistemi (Esen ve arkadaşları 2016)

Plazma oluşumu için azot, hava, helyum ve argon gibi gazlar kullanılmakta ve bu gazlar kullanım amacına ve yerine göre seçilmelidir. Oluşan plazma içerisinde bulunan iyon, serbest radikaller ve elektronlar yüzey ile etkileşime girer ve yüzeyde bulunan bağlarda 150 Å değişim yaratır. Oluşan bu etkileşim üç aşamada gerçekleşir. İlk olarak üçüncül dereceden hidrojen atomları koparılır, ikinci aşamada ikincil derecedeki karbon atomlarına -C-OH-, CO-OH ve -C=O gibi radikal gruplar bağlanır, üçüncü ve son aşamada ise COOH grupları yada radikallerin üç boyutlu çapraz bağlarla metil gruplarına bağlanır. Sistemin başlıca avantajları plazma aktivasyonu sırasında malzemenin kimyasal, mekanik ve bulk özelliklerinin değişmemesi, işlem sırasında zararlı gazların oluşmaması, ekonomik ve kolay uygulanabilir olmasıdır (Esen ve arkadaşları 2016).

Plazma Üretimi

Yapay olarak plazma üretilmesinde en sık kullanılan yöntem, gaza elektrik veya elektromanyetik enerji verilmesidir.

İki adet paralel-plakalı elektrot, gaz ile dolu cam tüp içerisinde yüksek gerilimli doğru akım gücüne düşük basınçta bağlanmakta ve bu şekilde doğru akım deşarjı oluşmaktadır (Altuntaş 2018).



Şekil 3.17. Doğru akım deşarjı

Atmosferik Basınçta Çalışan Soğuk Plazma Sistemleri

Plazmanın, atmosferik basınçta ve ortam sıcaklığında üretildiği sistemlerdir. Elektrotlar arasında yüksek potansiyel fark oluşturulmasını takiben, bu elektrotlar arasına atmosferik basınçta gaz gönderilir. Düşük basınç plazma sistemlerinin aksine, burada oluşturulan plazma heterojen yapıdadır. Yine düşük basınç sistemlerinden farklı olarak, herhangi bir vakum haznesi veya ekipmanına gerek duyulmaz ve bu nedenle daha ekonomik sistemlerdir; ancak dış ortamdaki basıncın farklı olması sebebiyle iyonlaşma zor olduğundan, daha yüksek voltaj kullanımı gerekmektedir.

Düşük basınç plazma sistemlerinin çeşitli vakum ekipmanları gerektirmesi ve bu nedenle pahalı olması, kesikli sistemler olduklarından zaman kaybı yaratması gibi dezavantajları, atmosferik basınçta çalışan; ancak düşük basınç plazması özelliklerine sahip farklı plazma kaynaklarının araştırılması gereksinimini ortaya çıkarmıştır. Korona boşalım plazması, dielektrik bariyer boşalım (DBD) plazması, plazma jeti, ısıtılı boşalım plazması, ark boşalım plazması ve radyo frekansı plazmaları, atmosferik basınçta çalışan sistemlerdir. Bu çalışma kapsamında kullanılacak olan sistem ise, DBD plazmasıdır (Altuntaş 2018).



4. BULGULAR

4.1. Enjeksiyon Proses Parametrelerinin Yüze Enerjisine Etkisi

Enjeksiyon proses parametrelerinin yüze enerjisine etkisinin incelenmesi için kullanılan girdi parametreleri Çizelge 4.1 de verilmiştir. Yüze enerjisi ölçümü, bir önceki bölümde anlatıldığı gibi yüze enerjisi ölçüm test mürekkepleri kullanılarak yapılmıştır. Deneylerin yapılması için üretilen parçalar PC/ABS hammadden üretilmiştir. PC/ABS'in yüze enerjisi 34-36 mN/m seviyelerindedir. Parça üzerindeki bölgesel değişimlerin incelenmesi için 4 farklı bölgeden (A, B, C ve D) yüze enerjisi ölçümü yapılmıştır. Bu bölgeler Şekil 4.1 de gösterildiği gibidir.



Şekil 4.1. Parça üzerinde yapılan yüze enerjisi ölçümleri

Çizelge 4.1. Enjeksiyon prosesi girdi parametreleri

Enjeksiyon hızı (mm/s)	Enjeksiyon basıncı (Bar)	Ütöleme zamanı (s)	Soğuma zamanı (s)
60	145	4	23
65	155	6	28
68	165	8	33

Üretilen parçalar dört farklı parametrede (enjeksiyon hızı, enjeksiyon basıncı, ütöleme zamanı, soğuma zamanı) üç farklı seviye belirlenerek her yöntem için üç parça üretilmiştir. Çalışma kapsamında yapılan deneyler için üretilen parçaların parametrelerinin belirlenmesinde Taguchi yöntemi kullanılmış ve elde edilen deney

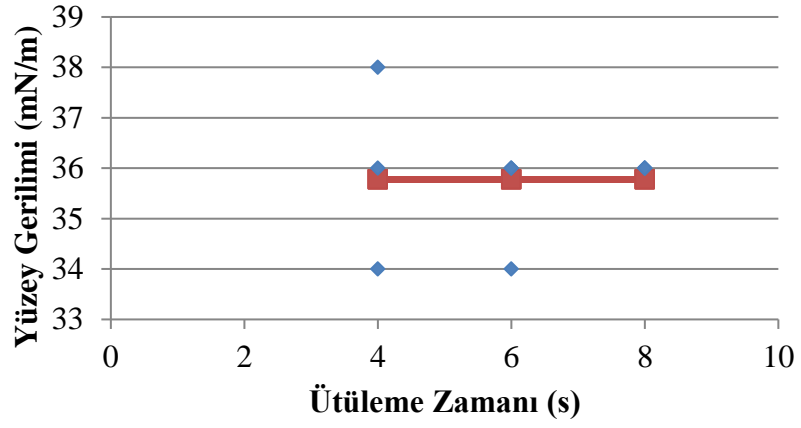
matrisi Çizelge 4.2’de verilmiştir. Farklı enjeksiyon parametresi değerinde üretilen parçalara ait yüzey gerilimi değerleri de Çizelge 4.3’te görülmektedir.

Çizelge 4.2. Deney matrisi

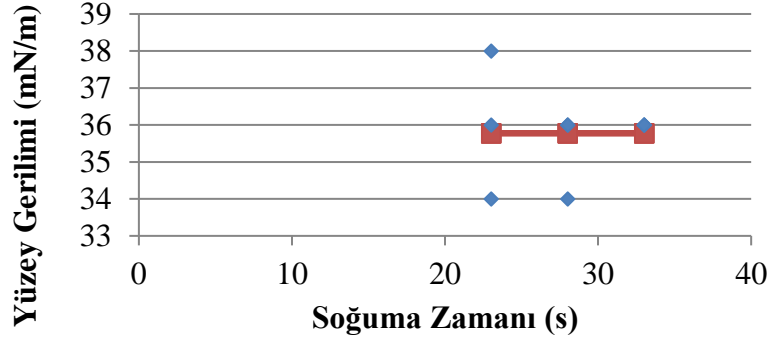
Deney No	Enjeksiyon Hızı (mm/s)	Enjeksiyon Basıncı (Bar)	Ütüleme Zamanı (s)	Soğuma Zamanı (s)
1	60	145	4	23
2	60	155	6	28
3	60	165	8	33
4	65	145	6	33
5	65	155	8	23
6	65	165	4	28
7	68	145	8	28
8	68	155	4	33
9	68	165	6	23

Çizelge 4.3. Enjeksiyon sonrası ölçülen yüzey gerilim değerleri

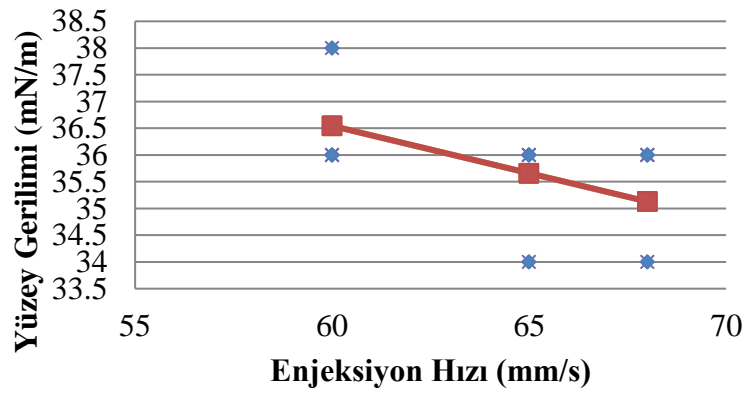
Deney No	ÇIKTILAR/YÜZEY GERİLİMİ (mN/m)											
	1. PARÇA				2. PARÇA				3. PARÇA			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
1	38	36	36	38	38	38	38	36	38	38	38	36
2	36	36	38	38	36	36	36	38	36	36	36	36
3	36	36	38	36	38	38	38	38	36	38	38	38
4	36	38	38	36	34	36	34	36	36	36	34	34
5	36	38	34	36	36	36	36	38	34	34	34	36
6	34	36	38	38	36	36	36	36	36	34	36	34
7	36	36	36	36	34	38	34	34	36	38	36	34
8	36	36	36	36	36	36	36	36	34	34	34	34
9	34	36	34	36	36	36	36	38	34	34	34	34



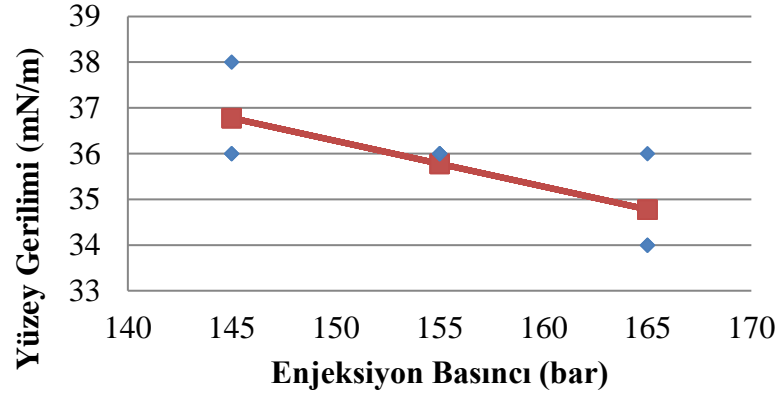
Şekil 4.2. Ütüleme zamanının yüzey enerjisine etkisi



Şekil 4.3. Soğuma zamanının yüzey enerjisine etkisi



Şekil 4.4. Enjeksiyon hızının yüzey enerjisine etkisi



Şekil 4.5. Enjeksiyon basıncının yüzey enerjisine etkisi

4.2. Temizlik ve Fırlama Yöntemlerinin Yüzey Enerjisine Etkisi

Günümüzde kullanılan temizleme yöntemleri olan alkol ile silme ve kurubuz ile temizleme yöntemleri ile fırınlamanın yüzey enerjisine etkisinin incelenmesi için nominal proses parametrelerinde (65 mm/s enjeksiyon hızı, 155 bar enjeksiyon basıncı, 6 s ütüleme zamanı, 28 s soğuma zamanı) PC/ABS hammaddeden üretilen parçalara yüzey enerjisi ölçümü uygulanmıştır. Fırlama işlemi 80 °C sıcaklıkta 30 dakika bekletilerek yapılmıştır.

Çizelge 4.4. Alkol ile silme sonrası yüzey enerjisi ölçüm sonuçları

Parça No	Çıktılar / Yüzey Gerilimi (mN/m)			
	A	B	C	D
1	38	38	40	38
2	38	40	40	40
3	38	38	38	38
4	38	38	38	38
5	38	40	38	40
6	40	42	40	42
7	38	38	38	38
8	36	38	38	36
9	38	40	38	36

Çizelge 4.5. Kurubuz ile temizleme sonrası yüzey enerjisi ölçüm sonuçları

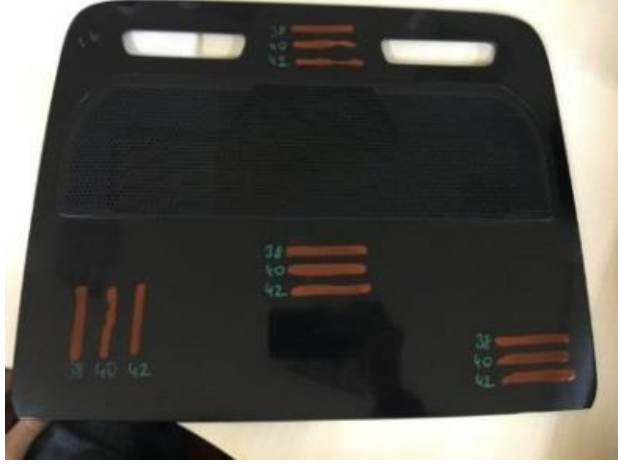
Parça No	Çıktılar / Yüzey Gerilimi (mN/m)			
	A	B	C	D
1	36	36	36	36
2	40	42	42	42
3	40	38	42	40
4	40	40	42	40
5	38	36	40	38
6	40	42	42	42
7	40	42	42	40
8	38	42	42	40
9	40	38	42	38

Çizelge 4.6. Fırınlama sonrası yüzey enerjisi ölçüm sonuçları

Parça No	Çıktılar / Yüzey Gerilimi (mN/m)			
	A	B	C	D
1	38	36	38	36
2	40	36	38	36
3	38	36	38	38
4	38	36	40	36
5	38	36	38	36
6	38	36	38	36
7	38	36	38	36
8	38	38	38	36
9	38	36	36	38



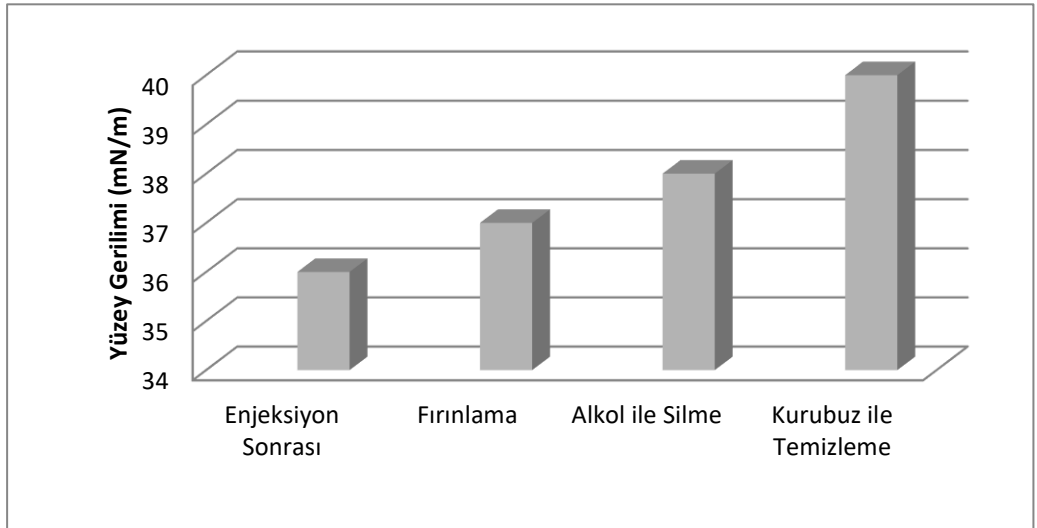
Şekil 4.6. Alkol ile silme sonrası yüzey enerjisi ölçümü



Şekil 4.7. Kurubuz ile temizleme sonrası yüzey enerjisi ölçümü



Şekil 4.8. Fırınlama sonrası yüzey enerjisi ölçümü



Şekil 4.9. Boyama öncesi temizlik yöntemlerinin etkisi

4.3. Plazma Proses Parametrelerinin Yüzey Enerjisine Etkisi

Plazma proses parametrelerinin yüzey enerjisine etkisinin incelenmesi için farklı yüzey tarama hızlarında ve farklı yüzey tarama mesafelerinde atmosferik basınçta plazma ile aktivasyon işlemi uygulanmıştır. Atmosferik basınçta plazma aktivasyonunun proses parametrelerinin yüzey enerjisine etkisinin incelenmesi için kullanılan girdi parametreleri Çizelge 4.7 de verilmiştir. Ölçme yöntemi olarak bir önceki deneylerde kullanıldığı gibi yüzey enerjisi ölçüm test mürekkepleri kullanılarak yapılmıştır. Deneylerin yapılması için üretilen parçalar PP hammadden üretilen test plakaları kullanılmıştır. PP malzemelerin yüzey enerjisi 28 mN/m seviyelerindedir.

Çizelge 4.7. Plazma prosesi girdi parametreleri

P1: Tarama hızı	P2: Tarama mesafesi
2,5m/dk	5 mm
5m/dk	10 mm
8m/dk	15 mm
10 m/dk	-

Atmosferik basınçta plazma aktivasyonu proses parametrelerinin yüzey enerjisine etkisinin incelenmesi için Çizelge 4.7'de verilen parametreler kullanılarak tam faktöriyel deney matrisi oluşturulmuştur. Oluşturulan bu deney matrisi Çizelge 4.8'de verilmiştir.

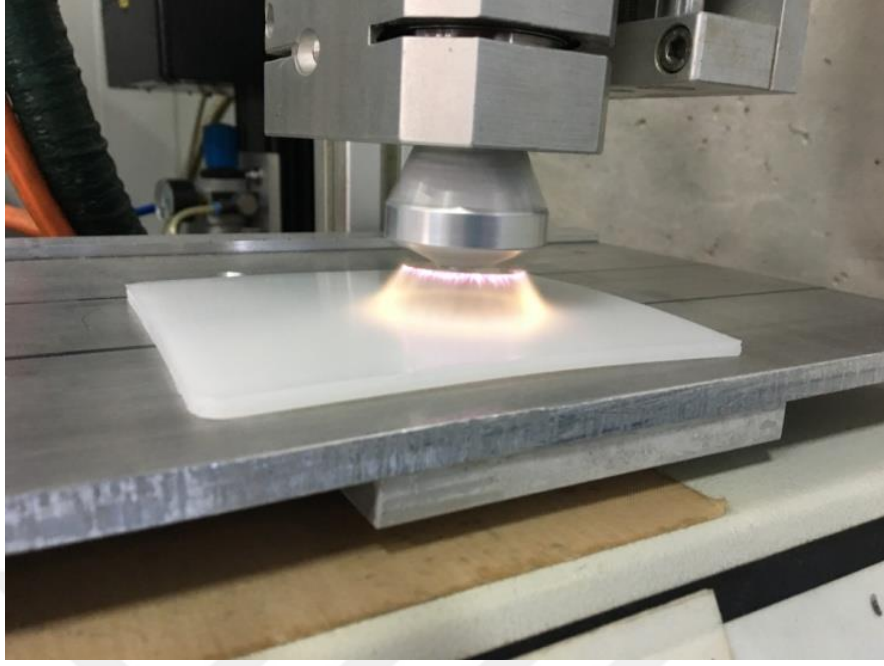
Çizelge 4.8. Plazma deney matrisi

Deney No	Mesafe (mm)	Hız (m/dk)
1	5	2,5
2	5	5
3	5	8
4	5	10
5	10	2,5
6	10	5
7	10	8
8	10	10
9	15	2,5
10	15	5
11	15	8
12	15	10

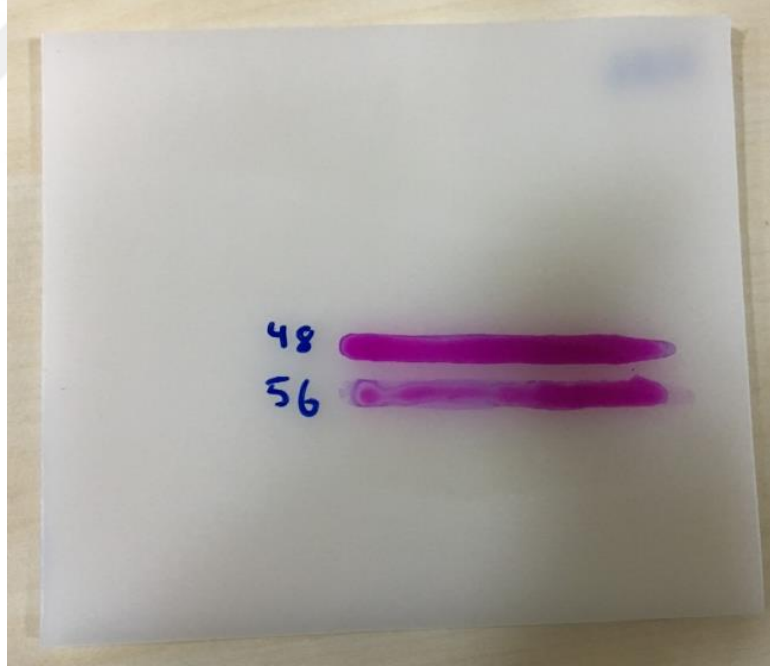
Deneyleer sonrası yapılan yüzey enerjisi ölçümlerine göre elde edilen sonuçlar Çizelge 4.9'da, yöntemin uygulanışı Şekil 4.10'da, yapılan ölçümler Şekil 4.11 ve 4.12'de, elde edilen sonuçlar Şekil 4.13 ve Şekil 4.14'te verilmiştir.

Çizelge 4.9. Plazma deney sonuçları

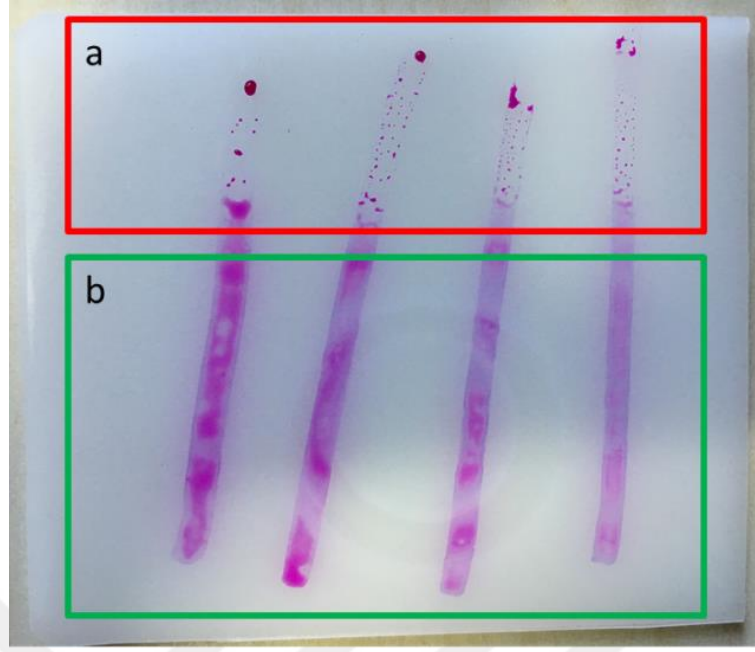
Deney No	Mesafe (mm)	Hız (m/dk)	Yüzey Enerjisi (mN/m)
1	5	2,5	72
2	5	5	72
3	5	8	72
4	5	10	72
5	10	2,5	68
6	10	5	66
7	10	8	56
8	10	10	56
9	15	2,5	48
10	15	5	46
11	15	8	44
12	15	10	44



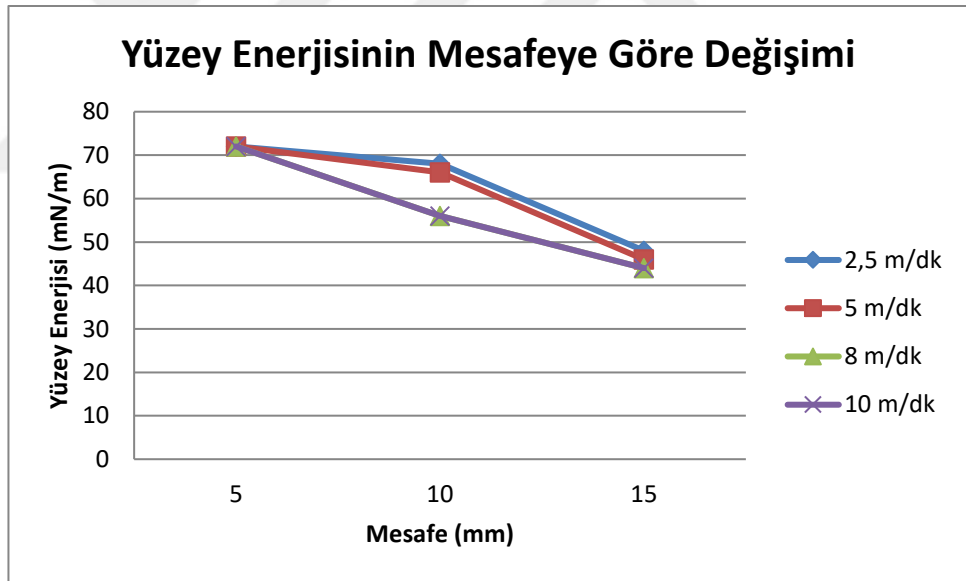
Şekil 4.10. Plazma yönteminin uygulanması



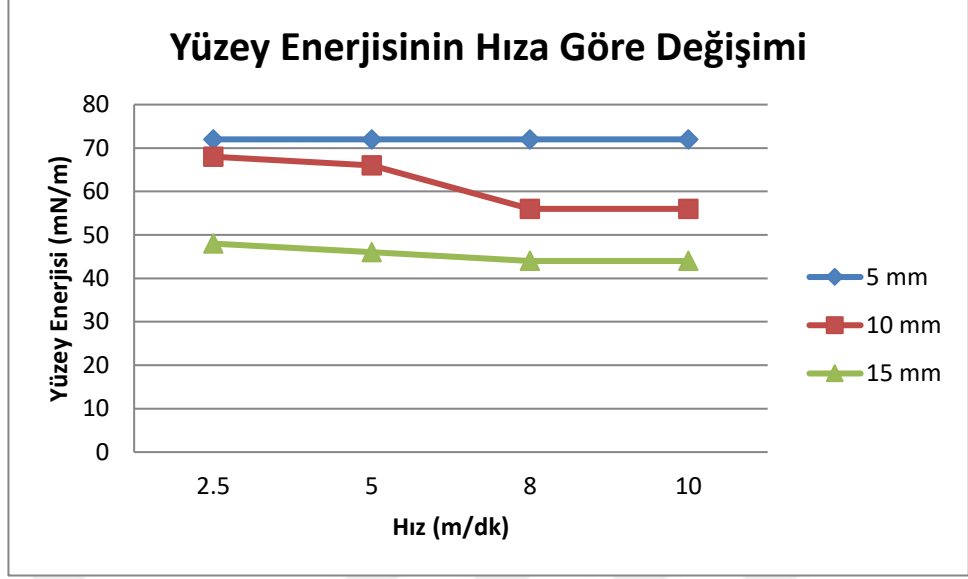
Şekil 4.11. Test mürekkebi ile yüzey enerjisi ölçümü



Şekil 4.12. Plazma ile aktive edilmiş (b) ve edilmemiş (a) yüzeyler



Şekil 4.13. Plazma prosesinde yüzey enerjisinin mesafeye göre değişimi



Şekil 4.14. Plazma prosesinde yüzey enerjisinin tarama hızına göre değişimi

4.4. Alev ile Dağlama Proses Parametrelerinin Yüzey Enerjisine Etkisi

Alev ile dağlama proses parametrelerinin yüzey enerjisine etkisinin incelenmesi için farklı yüzey tarama hızlarında ve farklı yüzey tarama mesafelerinde doğalgaz alevi ile alev ile dağlama işlemi uygulanmıştır. Alev ile dağlama ile yüzey aktivasyonunun proses parametrelerinin yüzey enerjisine etkisinin incelenmesi için kullanılan girdi parametreleri Çizelge 4.10 da verilmiştir. Ölçme yöntemi olarak bir önceki deneylerde kullanıldığı gibi yüzey enerjisi ölçüm test mürekkepleri kullanılarak yapılmıştır. Deneylerin yapılması için üretilen parçalar PP hammadden üretilen test plakaları kullanılmıştır. PP malzemelerin yüzey enerjisi 28 mN/m seviyelerindedir.

Çizelge 4.10. Alev ile dağlama prosesi girdi parametreleri

Tarama hızı (m/dk)	Tarama mesafesi (mm)
2	140
2,5	150
3	160

Alev ile dağlama ile yüzey aktivasyonu proses parametrelerinin yüzey enerjisine etkisinin incelenmesi için Çizelge 4.10'de verilen parametreler kullanılarak tam

faktöriyel deney matrisi oluşturulmuştur. Oluşturulan bu deney matrisi Çizelge 4.11'de verilmiştir.

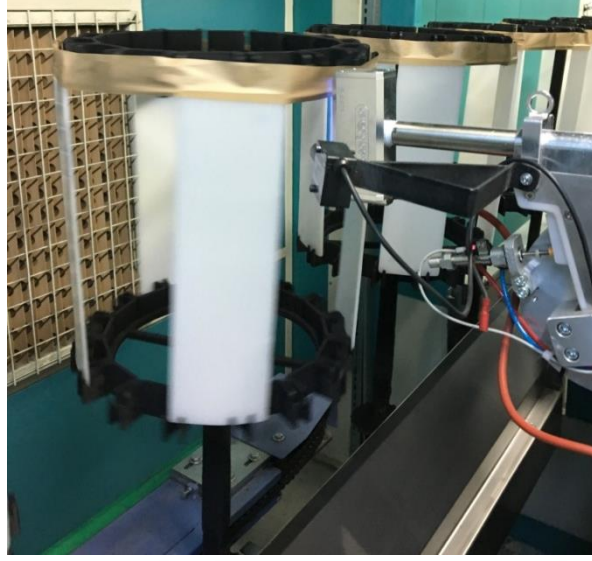
Çizelge 4.11. Alev ile dağlama prosesi deney matrisi

Deney No	Mesafe (mm)	Hız (m/dk)
1	140	2
2	140	2,5
3	140	3
4	150	2
5	150	2,5
6	150	3
7	160	2
8	160	2,5
9	160	3

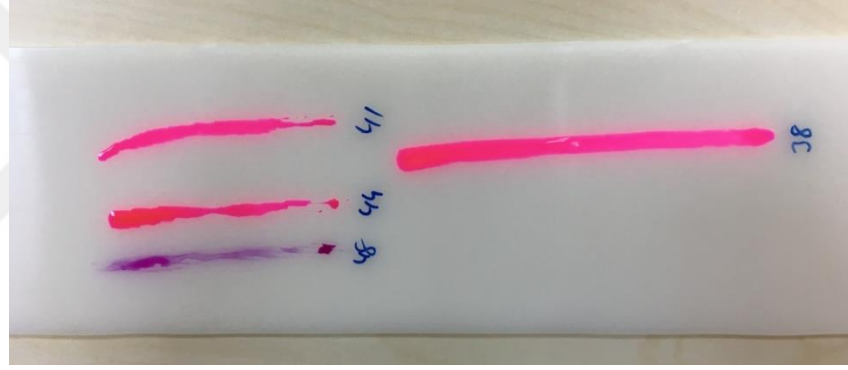
Deneyley sonrası yapılan yüzey enerjisi ölçümlerine göre elde edilen sonuçlar Çizelge 4.12'de, yöntemin uygulanışı Şekil 4.15'te, yapılan ölçümler Şekil 4.16'da, elde edilen sonuçlar Şekil 4.17 ve Şekil 4.18'de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Alev ile dağlama deney sonuçları

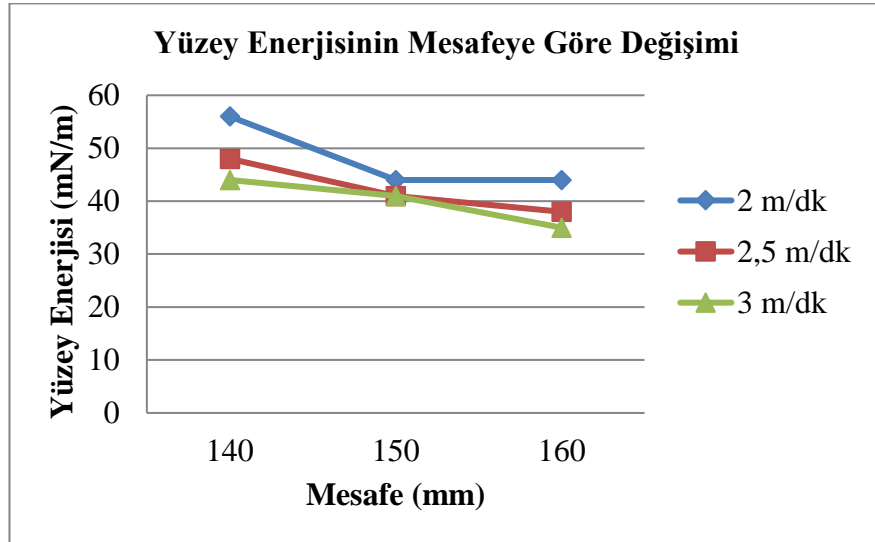
Deney No	Mesafe (mm)	Hız (m/dk)	Yüzey Enerjisi (mN/m)
1	140	2	56
2	140	2,5	48
3	140	3	44
4	150	2	44
5	150	2,5	41
6	150	3	41
7	160	2	44
8	160	2,5	38
9	160	3	35



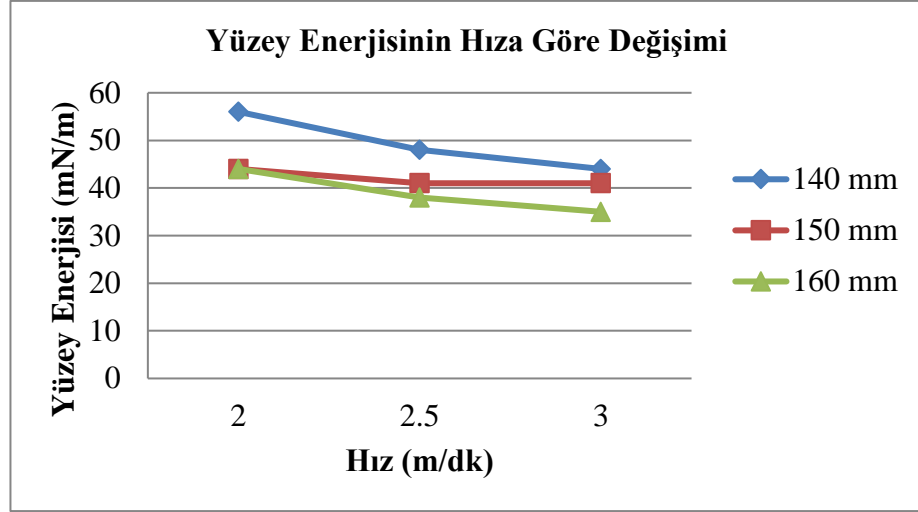
Şekil 4.15. Alev ile dağlama yönteminin uygulanması



Şekil 4.16. Test mürekkebi ile yüzey enerjisi ölçümü

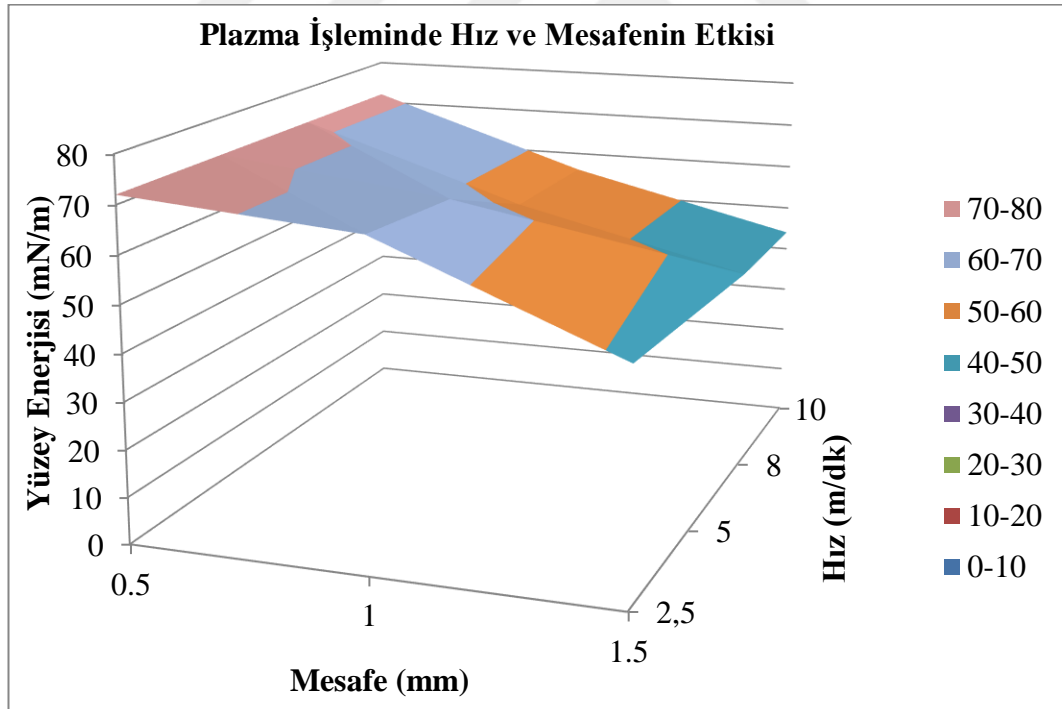


Şekil 4.17. Alev ile dağlama prosesinde yüzey enerjisinin mesafeye göre değişimi

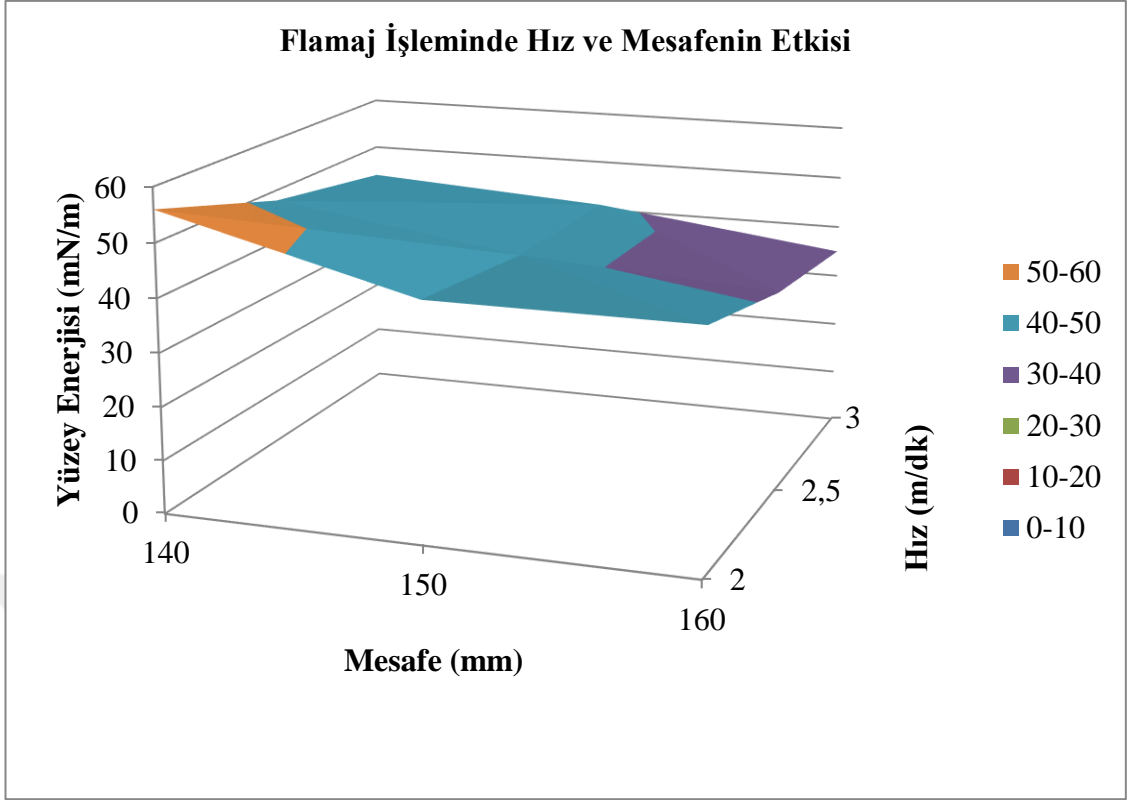


Şekil 4.18. Alev ile dağlama prosesinde yüzey enerjisinin hıza göre değişimi

Plazma ve flamaj işlemlerinde hız ve mesafenin etkisi benzerlik gösterip elde edilen sonuçlar sırasıyla Şekil 4.19 ve Şekil 4.20 de verilmiştir.



Şekil 4.19. Plazma işleminde hız ve mesafenin yüzey enerjisine etkisi



Şekil 4.20. Flamaj işleminde hız ve mesafenin yüzey enerjisine etkisi

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Yapılan bu çalışmada günümüzde kullanımı gittikçe artan plastik parçaların boyanması için geliştirilen boya öncesi hazırlık yöntemleri incelenmiştir. Bu amaçla yapılan deneysel çalışmalarda öncelikle plastik parçaların üretilmesi için kullanılan plastik enjeksiyon yöntemi parametrelerinin yüzey enerjisine etkisi incelenmiştir. Günümüz imalat sanayisinde rutin olarak kullanılan temizlik yöntemlerinden olan alkol ile silme ve kuru buz ile temizlik yöntemlerinin yüzey enerjisine etkisi incelenmiştir. Sıcaklığın etkisinin belirlenmesi için enjeksiyon sonrası parçalar 80°C sıcaklıkta 30 dakika bekletilerek sıcaklığın yüzey enerjisine etkisi incelenmiştir. Günümüzde yaygın olarak kullanılan yüzey enerjisi arttırma yöntemlerinden olan atmosferik basınçta plazma ve flamaj yöntemleri karşılaştırılmıştır.

Enjeksiyon proses parametreleri ile yapılan deneylerde 4 farklı enjeksiyon parametresi incelenmiştir. İncelenen bu parametreler enjeksiyon hızı, enjeksiyon basıncı, ütüleme zamanı ve soğuma zamanıdır. Her parametreden 3 farklı seviye belirlenerek Taguchi metodu kullanılarak oluşturulan deney matrisi doğrultusunda parçalar üretilmiş ve test mürekkepleri kullanılarak yüzey enerjisi ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre ütüleme zamanı ve soğuma zamanındaki değişimin yüzey enerjisine etkisinin olmadığı görülmüştür. Enjeksiyon hızı ve enjeksiyon basıncındaki artış daha düşük yüzey enerjisine neden olmaktadır. Ancak bu parametrelerin azaltılması kalıbın tam doldurulamamasını sağlayıp eksik enjeksiyon hatasına neden olmaktadır.

Fırınlama, alkol ile silme ve kuru buz ile temizlik yöntemlerinin yüzey enerjisine etkisinin incelenmesi için nominal enjeksiyon parametreleri ile üretilen parçalar kullanılmıştır. Enjeksiyon sonrası parçaların yüzey enerjisi 36 mN/m 'dir. Fırınlama işleminde boya fırınında parçalar 80 °C sıcaklıkta 30 dakika bekletilmiştir. Ardından yapılan yüzey enerjisi ölçümlerinde 37 mN/m değerine çıkılabilmektedir. Alkol ile silme sonrası yapılan yüzey enerjisi ölçümlerinde ortalama 38 mN/m değeri elde edilmiştir. Kuru buz ile temizleme sonrası yapılan ölçümlerde ise 40 mN/m değeri elde edilmiş ve yüzey enerjisinin arttırılmasına en iyi etki eden yöntem olarak belirlenmiştir.

Atmosferik basınçta plazma ile yapılan denemelerde mesafenin 5 mm olduğu durumda tarama hızından bağımsız olarak 72 mN/m değerinde yüzey enerjisi elde edilebilmiştir. Mesafenin arttığı durumlarda ise yüzey enerjisi tarama hızına da bağı olarak azalmaktadır. Mesafenin 10 mm olduğu durumda yüzey enerjisi en yavaş tarama hızı olan 2,5 m/dk da 68 mN/m iken en hızlı tarama hızı olan 10 m/dk da 56 mN/m olup boyama için yeterlidir. Mesafenin 15 mm olduğu durumda ise en düşük tarama hızında yüzey enerjisi 48 mN/m olup boyama için yeterliği değildir. Yapılan deneyler ile atmosferik basınçta plazma ile yüzey aktivasyonu uygulamasının 10 mm tarama mesafesinin üzerinde yapılmaması gerektiği görülmüştür.

Alev ile dağlama yöntemi ile yüzey enerjisi artırma işleminde 3 farklı tarama mesafesi ve tarama hızı ile yapılan deneylerde tarama mesafesinin azalmasıyla yüzey enerjisinin arttığı gözlemlenmiştir. Düşük tarama hızlarında da daha yüksek yüzey enerjisi değerleri elde edilmiştir. Alev ile dağlama ve atmosferik basınçta plazma yöntemleri birbirlerine benzerlik göstermektedir. Mevcuttaki boyama hattı göz önünde bulundurulduğunda alev ile dağlama yöntemi daha uzak mesafeden uygulanabilmesi ve eğimli bölgelere kolay ulaşılabilmesi sayesinde tercih edilmiştir.

Başta otomobiller olmak üzere boyanan plastik parçalarda yoğunluğu ve maliyeti daha fazla olmasına rağmen boya işleminin daha kolay yapılabilmesi nedeniyle ABS ve PC/ABS malzemeler tercih edilmektedir. Kullanılacak olan bu yöntemler ile parçalar PP ham maddeden üretilerek ağırlık azaltma çalışmaları yapılabilir ve PP ham maddenin ucuz olmasıyla maliyetler de azaltılabilir. Yüzey enerjisinin artırılmasıyla kullanılan boya ve yapıştırıcı miktarları azaltılabilir.

Bu araştırmanın devamında, yöntemlerin seri imalat koşullarında uygulanmasına yönelik çalışmalar yapılabilir. Firmada bulunan mevcut boyama hattı üzerine adapte edilebilecek olan sistemler ile işlemler tam otomatik hale dönüştürülebilir.

Yüzey enerjisinin artmasıyla iki plastiğin birbirine yapışma mukavemeti de artmaktadır. Yapılacak olan ürün tasarımlarında bu durum göz önünde bulundurularak gereksiz montaj ve kaynak işlemleri kaldırılarak yerine daha kolay uygulanabilecek yapıştırma işlemi uygulanabilir.



KAYNAKLAR

- Akkurt, S. 1991.** Plastik Malzeme Bilgisi, Birsen Yayınevi, İstanbul, 35-55.
- Akyüz, Ö. F. 1999.** Plastikler ve Plastik Enjeksiyon Teknolojisine Giriş, Pagev Yayınları, İstanbul, 45-89.
- Altuntaş, M. 2018.** Soğuk Plazma Uygulamasının Dental Zirkonyanın Yüzey Özelliklerine Ve Rezin Simanla Bağlantısına Etkilerinin Araştırılması, *Uzmanlık Tezi*, İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, İzmir.
- Anonim, 2018a.** Test mürekkebi yöntemi, https://www.plasmatreat.com.tr/yuzey_belirleme/test_murekkebi_yontemi.html, 02.02.2018.
- Anonim, 2018b.** Solve complex adhesion problems in automotive manufacturing <https://www.btglabs.com/blog/industry-applications/polymer-automotive-manufacturing/>, 02.02.2018.
- Anonim, 2019a.** The coolest cleaning method you will ever use. https://www.aga.lv/lv/images/AGA%20Dry%20Ice%20Brochure%20A4%20UK_tcm610-101282.pdf (05.08.2019).
- Anonim, 2019b.** Kurubuz çeşitleri. <https://www.atesdryice.com/urun/02.03.2019>
- Anonim, 2019c.** Surface free energy. <http://www.kruss.de/services/education-theory/glossary/surface-free-energy/16.04.2019>
- Anonim, 2019d.** Kurubuz ve kurubuzun kullanım yerleri. <https://liderbuz.com/kurubuz.html/02.03.2019>
- Anonim, 2019e.** https://www.lindegas.com/en/images/Brochure%20Cryoclean%20DryIce%20Blasting_tcm17-121598.pdf/28.06.2019.
- Anonim, 2019f.** Yüzey serbest enerjisinin temas açısı değerinden hesaplanması. http://www.turkchem.net/yuzey-serbest-enerjisinin-temas-acisi-degerinden_h.html/16.04.2019.
- Bardos, L., Barankova, H. 2010.** Cold Atmospheric Plasma: Sources, Processes and Applications, *Thin Solid Films*, 518:6705-6713.
- Besterfield, D.H., Besterfield, C., Besterfield, G.H., Besterfield, M. 1995.** Total Quality Management, Prentice Hall Inc., New Jersey.
- Buldu, L. 2007.** Enjeksiyon Parametrelerinin Bazı Mühendislik Plastiklerinin Akış Uzunluğuna Etkisinin Araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara.
- Callari, J. 2017.** Dry-Ice Cleaning Pays Off Big For High-Tech Molder, *Plastics Technology*, p. 96.
- Carrino, L., Moroni, G., Polini, W. 2002.** Cold plasma treatment of polypropylene surface: a study on wettability and adhesion, *Journal of Materials Processing Technology*, 121:373-382.
- Carrino, L., Polini, W., Sorrentino, L. 2004.** Ageing time of wettability on polypropylene surfaces processed by cold plasma, *Journal of Materials Processing Technology*, 153-154:519-525.
- Deshmukh, R., Shetty, A. R. 2008,** Yüzey enerjilerinin çeşitli yaklaşımlarla karşılaştırılması ve uygunlukları, *J Appl. Polym. Sci.*, 107: 3708-3717.
- Dillingham, L. 2018.** Automotive Applications Series: Polymer Painting and Bonding in Automotive Manufacturing.
- Ebnesajjad, S. 2008.** Adhesives Technology Handbook, William Andrew Inc., New York, USA, s. 24.

- Ebnesajjad, S., Ebnesajjad, C., 2014.** Surface Treatment of Materials for Adhesive Bonding (Second Edition), Elsevier Inc., USA.
- Encinas, N., Abenojar, J., Martinez, M. A., 2012.** Development of Improved Polypropylene Adhesive Bonding by Abrasion and Atmospheric Plasma Surface Modification, *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 33:1-6.
- Erbil, H. Y., 2006.** Surface Chemistry Of Solid and Liquid Interfaces, s. 5.
- Esen, S. G., Altuncu, E., Üstel, F., Akpınar, S., 2016.** Atmosferik plazma yüzey aktivasyon işlemi ile farklı yüzey tarama hızlarının polipropilen yüzey ıslatma özelliklerine etkisi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 20(2):307-315.
- Fowkes, F. M. 1964,** Arayüzlerde çekici kuvvetler , *Endüstri ve Mühendislik Kimyası*, 56: 40-52.
- Gökçe, G., Taşgetiren, S. 2009.** Kalite için Deney Tasarımı, *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6(1):71-83.
- Güral, G. 2003.** Gaz Kaynağında Proses Parametrelerinin Optimizasyonu. *Yüksek Lisans Tezi*, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir.
- Kaya, F., 1983.** Plastik Katkı Maddeleri ve İşleme Metodları, Zafer Matbaası, İstanbul, 33-47.
- Köse, E. 2006.** Plastik Enjeksiyonda Proses ve Kalıp Kaynakların Sorunların Giderilmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Lunani, M., Nair, V.N., Wasserman, G.S. 1997.** Graphical Methods For Robust Design With Dynamic Characteristics, *Journal of Quality Technology*, 29:327-338.
- Mandolino, C., Lertora, E., Gammora, C. 2017.** Influence of cold plasma treatment parameters on the mechanical properties of polyamide homogeneous bonded joints, *Surface and Coatings Technology*, 313:222-229.
- Mazzola, L., Bemporad, E., Carassiti, F. 2010.** Flame treatment on plastic: A new surface free energy statistical prediction model and characterization of tread surfaces, *Applied Surface Science*, 257:2148-2158.
- Montgomery, D. C. 1991.** Design And Analysis Of Experiment, John Wiley&Sons, New York.
- Morent R., Geyter N., Leys C., Gengembre L., Payen E. 2008.** Comparison Between XPS and FTIR Analysis of Plasma-treated Polypropylene Film Surfaces, *Surface and Interface Analysis*, 40:597-600.
- Özbek, İ., 2013.** Plastik Enjeksiyon Makinesi Seçiminde Aksiyometik Tasarım Yaklaşımı, *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı, İstanbul.
- Ranjit, K. R. 1990.** A Primer on The Taguchi Method: Van Nostrand Reinhold.
- Sherman, R. 2010.** Cleaning with Carbon Dioxide Snow: Handbook for Critical Cleaning: Cleaning Agents and Systems, Editörler: Kanegsberg, B., Kanegsberg, E., CRC Press, s. 27.1-27.13.
- Sorbo, N. W. 2015.** CO₂ Based Spray Cleaning of Automotive Parts. *Parts Cleaning*, 44-47.
- Soy, U. 2001.** Geri Dönüşümün PA'nın Mekanik Özelliklerine Etkisi. <http://content.lms.sabis.sakarya.edu.tr/Uploads/70488/46137/plastikler> (Erişim tarihi: 03.02.2019).
- Şekercioğlu, T., Kaner, S. 2014.** Plastiklerin Yapıştırılmasında Yüzey Hazırlama Yöntemlerinin İncelenmesi. *Mühendis ve Makina*, 55(648):37-43.

- Şirvancı, M.** Kalite için deney tasarımı. Literatür Yayınları, İstanbul, 1997.
- Uzun, İ., 1984,** Hacim kalıpçılığı, Mili Eğitim Bakanlığı Basımevi, İstanbul, 20-80.
- Yıldırım, S. 2011.** Ürün Tasarımı Geliştirilmesi: Taguchi Tasarımı. *Yüksek Lisans Tezi*, Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Yurci, M. E. 1993.** “Meslek İçi Eğitim Programı Plastik Teknolojisi”, TMMOB Seminer Notları, İstanbul, 255–275 (22–24 Aralık 1993).
- Zenkiewicz, M. 2007.** Katılarda yüzey serbest enerjisinin hesaplanma yöntemleri, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 24: 137-145.



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Serkan SONCU
Doğum Yeri ve Tarihi : 08.08.1993 / Bursa
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Tophane Teknik Lisesi Bilişim Teknolojileri
Bölümü Veri Tabanı Programcılığı / 2011

Lisans : Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Makine Mühendisliği Bölümü / 2016

Yüksek Lisans :Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı / 2019

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl :

Demo Plastik Ürünleri Sanayi ve Ticaret A.Ş. (2017-..)

İletişim (e-posta) : serkansoncu@gmail.com

Yayınları :

Çavdar, K., Dallı, B., Vodene, Y., Soncu, S., Güleç, A. 2019. Plastik Enjeksiyonla Üretilmiş Emniyet Kemer Parçasının Dijital Görüntü İşleme Metoduyla Kalite Kontrolünün Yapılması, Makine ve Otomotiv Mühendisliği ve Teknolojisi Sempozyumu Uluslararası Konferansı, 21-23 Haziran 2019, Nevşehir.

Çavdar, K., Soncu, S . 2018. Otomotiv Endüstrisi Plastiklerinde Kullanılan Boyama Öncesi Yüzey Hazırlama Yöntemlerinin Analizi. *Artibilim: Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 1(2):1-12.

Çavdar, K., Soncu S., Dallı, B., Yavuz, E. 2018. Emniyet Kemer Sarma Parçası Kontrol Makinesi Tasarımı. 3. Uluslararası Endüstriyel Tasarım ve Mühendislik Sempozyumu, 22-25 Kasım 2018, Antalya.

Çavdar, K., Soncu S., Dallı, B., Yavuz, E. 2019. Atmosferik Plazma İle Yüzey Enerjisi Arttırma Prosesinde Yüzey Tarama Hızının Ve Tarama Mesafesinin Yüzey Enerjisine Etkisi. Malzeme Bilimi, Makine ve Otomotiv Mühendisliği ve Teknolojisi Sempozyumu Uluslararası Konferansı, 21-23 Haziran 2019, Nevşehir.

Çavdar, K., Soncu, S., Yavuz, E., Çavdar, F. Y. 2018. Lojistik Sektörü İçin Kompozit Malzemedен Yeni Paletin Tasarımı ve Analiz Aşamaları. Malzeme Bilimi, Makine ve Otomotiv Mühendisliği ve Teknolojisi Sempozyumu Uluslararası Konferansı, 10-12 Nisan 2018, İzmir.

Soncu, S., Çavdar, K., Yavuz, E., Oral, A. 2018. Otomobil plastiklerinde boya öncesi yüzey hazırlama sürecinin incelenmesi. 9. Uluslararası Otomotiv Teknolojileri Kongresi, 7-8 Mayıs 2018, Bursa.

