

Atmosferik plazma yüzey aktivasyon işlemi ile farklı yüzey tarama hızlarının polipropilen yüzey ıslatma özelliklerine etkisi

Sevim Gökçe Esen^{*1}, Ekrem Altuncu², Fatih Üstel³, Serhat Akpınar⁴

22.03.2016 Geliş/Received, 19.04.2016 Kabul/Accepted

ÖZ

Polipropilen'nin yüksek mekanik ve kimyasal özelliklerine, atmosfer direncine rağmen çeşitli uygulamalarda düşük yüzey enerjisi nedeniyle kullanımı sınırlanmaktadır. Yüzey ıslatma kabiliyetinin geliştirilmesi ile birlikte PP yüzeylerinde plazma aktivasyon işlemlerine olan ilgi otomotiv endüstrisinde son yıllarda önemli ölçüde artış neden olmuştur. Bu çalışmada, atmosferik plazma yüzey aktivasyon işlemi ile farklı tarama hızlarının PP yüzey enerji ve ıslatma kabiliyetine etkilerini incelenmiş ve yüzey enerjisi 28mN/m'den 72mN/m seviyesine çıkarılabilmektedir. Bu sonuçlar yapışma ve boyama özellikleri açısından oldukça önemlidir.

Anahtar Kelimeler: polipropilen (PP), yüzey enerjisi, plazma aktivasyon, yüzey karakterizasyonu

Different plasma scanning velocities effect on surface wettability properties of polypropylene by atmospheric plasma surface activation

ABSTRACT

Although polypropylene (PP) possesses good mechanical and chemical properties and atmospheric resistance, its use has been restricted in various applications owing to its low surface energy. The interest in plasma activation of PP surfaces has increased in the automotive industry for the recent years, since it can improve the wettability. In this study, the effects of different scanning velocities on PP surface by the atmospheric plasma surface activation treatment are studied and surface energy can be increased from 28mN/m to 72mN/m. These results are very important for painting and adhesion properties.

Keywords: polypropylene (PP), surface energy, plasma activation, surface characterization

* Sorumlu Yazar / Corresponding Author

¹ Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği- sgokce.esen@gmail.com

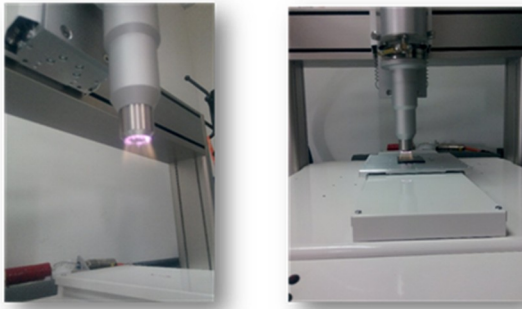
² Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği - altuncu@sakarya.edu.tr

³ Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği - ustel@sakarya.edu.tr

⁴ Assan Hanil Otomotiv San. ve Tic. A.Ş., Türkiye - serhat.akpinar@assanhanil.com.tr

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Özellikle otomotiv ve uçak sanayinde, hafiflik, kolay işlenebilirlik, yüksek termokimyasal dayanıklılık, geri dönüştürülebilirlik ve ekonomiklik gibi özellikleri nedeniyle kullanılmakta olan 13 farklı polimer malzemenin ortalama %35'i Polipropilen (PP) olup, farklı sektörlerde de kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır [1]. Endüstriyel kullanımda sağladığı avantajlara rağmen 95-109° ıslatma açısı ve 28 dyne/cm² yüzey enerjisi nedeniyle kaplama, boyama ve yapıştırma gibi uygulamalarda düşük adhezyon problemleri yaşanmaktadır [1,2]. Uygulanan bazı yüzey modifikasyon işlemleri ile bu problemlerin önüne geçmek mümkün olup, bu amaçla birçok yöntem geliştirilmiştir. Başlıca yüzey işlemleri, mekanik aşındırma, kimyasal aşındırma, flame aktivasyonu, korona aktivasyonu ve yeni bir yöntem olan atmosferik basınç plazma yüzey aktivasyonudur [1,3]. Son yıllarda termodinamik dengede olmayan (soğuk) plazma çeşitlerinden atmosferik basınç plazma, düşük yüzey enerjili polimer malzemelerin, yüzey özelliklerinin geliştirilmesinde, yüzey polarite artışında araştırılıp, geliştirilen bir yöntem olmuştur [3]. Atmosferik basınç plazma yüzey aktivasyon işlemleri ile 28 dyne/cm² yüzey enerjisine sahip olan PP malzemenin yüzey enerjisini 72 dyne/cm²'nin üzerine çıkarmak mümkündür [4]. Aktivasyon işlemi uygulamalarında, plazma kaynağı olarak kullanılacak olan gaz sistem içinde iyonlaştırılarak plazma alevi oluşturur (Şekil 1).



Şekil 1. Atmosferik basınç plazma aktivasyon sistemi (Atmospheric plasma activation system)

Plazma oluşumu için kullanım yeri ve amacına göre hava, azot, argon ve helyum gibi gazlar kullanılabilir. Oluşan plazma içindeki elektron, iyon ve serbest radikaller hedef yüzey ile etkileşime girerek yüzey bağlarında 150 Å mertebesinde değişim yaratır. Bu etkileşim ilk etapta üçüncül dereceden hidrojen atomlarının koparılması, ikinci etapta ikincil derecedeki karbon atomlarına -C-OH-, CO-OH ve -C=O gibi

radikal grupların bağlanması, üçüncü etapta COOH grupları ya da radikallerin üç boyutlu çapraz bağlarla metil gruplarına bağlanmasını içermektedir[5,6]. Uygulanan plazma aktivasyonu sırasında malzemenin mekanik, kimyasal ve bulk özelliklerinde herhangi bir değişimin olmaması, zararlı emisyon gaz çıkışının olmaması, kolay uygulanabilir ve ekonomik bir yöntem olması sistemin başlıca avantajlarını oluşturmaktadır[7]. Bu çalışmada atmosferik basınç hava plazması kullanılarak aktive edilmiş olan PP malzemenin, ıslatma açısı değişimi, yüzey morfolojisindeki değişimlerin incelenmesi amaçlanmıştır.

2. BÖLÜM DENEYSEL (EXPERIMENTAL)

2.1. Malzeme ve Yöntem (Material and Method)

Deneysel çalışmalarda Assan Hanil Otomotiv San. Ve Tic. A.Ş firmasında Polipropilen (PP) malzemeden üretilmiş araç tamponlarından 160 mm x 50 mm x 2,5 mm ebatlarında kesilen test numuneleri kullanılmıştır. Test numunelerin deneysel çalışma öncesinde IPA (izopropil alkol) emdirilmiş bezlerle silinerek, yüzey enjeksiyon ve çevresel kirliliklerden elimine edilmiştir. Yüzey hazırlıkları tamamlanmış olan parçaların yüzey ıslatma özellikleri Krüss DSA 30S ıslatma açısı ölçüm cihazı kullanılarak 5 µL sıvı hacmine sahip distile su kullanılarak Laplace-Young ölçüm metodu ile, herhangi bir işlem uygulanmadan önceki ve plazma işlemi sonrası yüzey ıslatma özellikleri kaydedilmiştir. Plasma Treat marka plazma sisteminde 300 V çıkışı gerilimi, 18,2 A akım ve 21,0 kHz frekanta hava plazma plazması ile sabit 5 mm mesafeden farklı sistem hızlarında aktivasyon işlemi uygulanmıştır. Plazma aktivasyon işleminde hız değişkeni deneysel planı Tablo 1'de verilmektedir. Plazma ile yüzey etkileşimlerinin analiz edilebilmesi amacıyla düşük hızlardan yüksek hızlara kadar farklı hız gruplarında denemeler gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. Sabit 5 mm mesafeden farklı plazma uygulama hızlarında gerçekleştirilen aktivasyon işlemi deneysel planı (Experimental design for different plasma torch velocities of plasma activation, constant distance as 5mm)

Tarama hızı aralığı	Düşük hız aralığı	Orta hız aralığı	Yüksek hız aralığı
Hız (mm/s)	10-50	60-100	100-150

Not: Sistemin tarama hızı maksimum 400mm/s, Proses için gerekli hız 107-mm/s

Plazma aktivasyonu uygulaması ile hazırlanmış olan deneysel numunelere plazmanın yüzey ile etkileşimleri sonucunda yüzey topografisinde meydana gelen











değişimlerin anlaşılabilmesi amacıyla KLA Tencor marka 3D surface profilometer ile 0,0025 Gaussian filtresinde 30 dk ve Jeol (JSM 6060LV) marka taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile düşük basınç altında (5 kV) 500X büyütme ile PP yüzeyleri incelenmiştir. Yüzey kimyasal değişiminin anlaşılabilmesi amacıyla ise ATR-FTIR analiz yapılmıştır.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA (CONCLUSIONS AND DISCUSSION)

3.1. Yüzey ıslatma Açısı ve Yüzey Enerjisi (Surface Contact Angle and Surface Free Energy)

PP malzeme yüzeyine 10 mm/s hızdan 150 mm/s hızlara kadar 3 farklı hız grubu altında 5 mm sabit plazma - yüzey mesafesinden hava plazması ile aktivasyon işlemi uygulanmıştır. 10 mm/s - 50 mm/s hız aralığı olan düşük hız aralığı için yüzey ıslatma açısı ve yüzey enerjisi ölçüm sonuçları Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Sabit 5 mm mesafeden düşük hız aralığında plazma aktivasyon işlemi sonucunda yüzey ıslatma açısı ve yüzey enerjisi değişimi (Contact angle and surface free energy change by low velocity range on the plasma activation at constant distance 5mm)

Numune Kodu	Plazma öncesi		Plazma sonrası			
	Islatma açısı	Yüzey enerjisi γ	Damlacık formu	Islatma açısı(θ)	Yüzey enerjisi (γ)	Damlacık formu
V 10	$\theta=90 \pm 2^\circ$	$\gamma:28 \pm 2$ mN/m		23,9°	$\gamma:70 \pm 2$ mN/m	
V 20				24,4°		
V 30				27,5°		
V 40				29,2°		
V 50				30,1°		

Tarama Hızı (V= mm/s), Islatma açısı (θ), Yüzey enerjisi(γ =mN/m)











Plazma aktivasyonu öncesinde 28 ± 2 mN/m yüzey enerjisine sahip olan (Islatma açısı (θ)= $90 \pm 2^\circ$) PP

numune yüzeyleri plazma aktivasyon işlemi sonrasında yüzey enerjisi(γ)>70 mN/m ($\theta=27 \pm 3^\circ$) üzerinde

değerlere ulaşmıştır. Düşük hız aralığı diye adlandırılan bu grupta, tarama hızında her 10 mm/s hız artışında ortalama $1,5^\circ$ açı değişimi gözlemlenmiştir. Ölçümlerde kullanılan su damlacığı plazma işlemi öncesinde küresel bir forma sahipken plazma işleminden sonra yüzeyi ıslatan eliptik bir forma dönüşmüştür. 60 mm/s - 100 mm/s hız aralığını içeren ortalama hız grubunda yapılan deneysel çalışmalar sonucunda yüzeyin ıslatma özellikleri ve yüzey enerjisi ölçüm sonuçları Tablo 3'de verilmektedir. Ortalama hızları kapsayan bu deney grubunda başlangıçta 28 ± 2 mN/m yüzey enerjisine

sahip olan PP yüzeylere uygulanan plazma aktivasyon işlemi sonucunda yüzey enerjisi minimum 64 mN/m mertebelerine arttırılabildiği görülmüştür. Her 10 mm/s hız artışları ile ıslatma açıları ortalama $2,5^\circ$ lik artışlar gözlemlenmiştir. Plazma işlemi öncesinde hidrofobik karakterin göstergesi olan küresel damlacık formu plazma işlemi sonrasında hidrofilik bir forma dönüşmüştür. ıslatma açıları ve yüzey enerji değişimleri açısından düşük hızlarda uygulanan plazma aktivasyonu grubuna göre aktivasyon etkisinin %8,5 oranında düşüş gösterdiği gözlemlenmiştir.

Tablo 3. Sabit 5 mm mesafeden orta hız aralığında plazma aktivasyon işlemi sonucunda yüzey ıslatma açısı ve yüzey enerjisi değişimi(Contact angle and surface free energy change by medium velocity range on the plasma activation at constant distance 5mm)

Numune	Plazma öncesi			Plazma sonrası		
	Islatma açısı	Yüzey enerjisi	Damlacık formu	Islatma açısı	Yüzey enerjisi	Damlacık formu
V 60	$\theta = 90 \pm 2^\circ$	$\gamma = 28 \pm 2$ mN/m		$33,9^\circ$	$\gamma = 64 \pm 4$ mN/m	
V 70				$36,4^\circ$		
V 80				$38,2^\circ$		
V 90				$40,5^\circ$		
V 100				$42,8^\circ$		
Tarama hızı: mm/s						











110 mm/ -150 mm/s hız aralığını içeren yüksek hız grubunda yapılan deneysel çalışmalar sonucunda yüzeyin ıslatma özellikleri ve yüzey enerjisi ölçüm sonuçları Tablo 4'de verilmektedir. Yüksek hızlarda

yapılan plazma uygulaması grubunda başlangıçta 28 ± 2 mN/m olan yüzey enerjileri 50 mN/m mertebesine kadar arttırılabildiği görülmüştür. Her 10 mm/s hız artışında ıslatma açısı

farklı artış oranlarında olsa da artış göstermeye devam ederek en son 150 mm/s hız için $46,4^\circ$ değerini almıştır.

Islatma açısının artışına bağlı olarak yüzey enerjisinde nispeten düşük bir değişim sergilemiştir.

Tablo 4. Sabit 5 mm mesafeden yüksek hız aralığında plazma aktivasyon işlemi sonucunda yüzey ıslatma açısı ve yüzey enerjisi değişimi(Contact angle and surface free energy change by high velocity range on the plasma activation at constant distance 5mm)

Numune	Plazma öncesi			Plazma sonrası		
	Islatma açısı	Yüzey enerjisi γ_i	Damlacık formu	Islatma açısı	Yüzey enerjisi γ_i	Damlacık formu
V 110	$\theta = 90 \pm 2^\circ$	$\gamma = 28 \pm 2$ mN/m		$43,3^\circ$	$\gamma = 50 \pm 5$ mN/m	
V 120				$44,7^\circ$		
V 130				$44,6^\circ$		
V 140				$45,5^\circ$		
V 150				$46,4^\circ$		

Tarama hızı: mm/s

Yüzey ıslatma açısı ve yüzey enerjisi özelliklerinin aktivasyon işlemi hızına bağlı olarak incelendiği 3 farklı deney grubundan elde edilmiş olan genel sonuçlar Tablo 5'de verilmektedir. Plazma uygulama hızının artışıyla plazma-yüzey arası etkileşim süresinin kısılması sebebiyle aktivasyon etkisinin azaldığı gözlemlenmiştir. Plazma uygulama hızı ile orantılı olarak değişkenlik göstermesine rağmen PP yüzey enerjisinin 150 mm/s hızlarda dahi başlangıç yüzey enerjisinden %78 daha yüksek değerlere ulaştığı görülmüştür. Klasik bir boyama, kaplama ve ya yapıştırma prosesinde genel olarak hedeflenen yüzey enerjisi değerinin minimum 38

mN/m olduğu göz önünde bulundurulduğunda yüksek hız aralıklarındaki uygulamalarda bile hidrofilitik özelliğin kazandırıldığı anlaşılmaktadır.

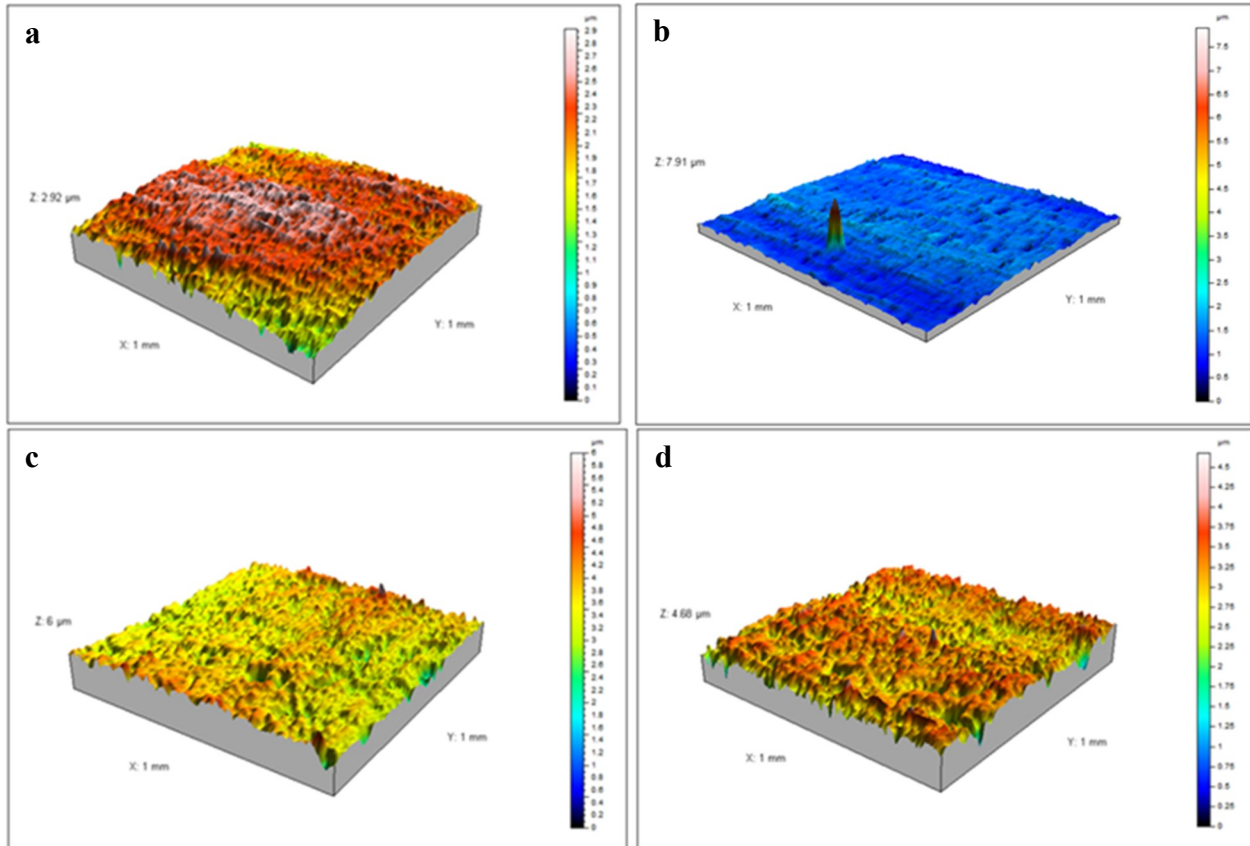
Tablo 5. Sabit mesafeden farklı hızlarda uygulanan plazma aktivasyon işlemi sonucunda elde edilen yüzey enerjileri (Surface energy change by different plasma torch velocities at 5mm distance)

Faktör	Düşük hızlar	Orta hızlar	Yüksek hızlar
Tarama Hızı V; mm/s	10-50 mm/s	60-100 mm/s	110-150 mm/s
Süre, s	4-0,8	0,65-0,4	0,35-0,25
Yüzey Enerjisi γ ; mN/m	70±2 mN/m	64±4 mN/m	50±5 mN/m
Değişim $\Delta\gamma=100(X-28)/28$ PP:28mN/m	+%150	+%128	+%75

3.2. Yüzey Topografik İncelemeleri (Surface Topographical Investigations)

Sabit mesafeden farklı aralıklarında plazma aktivasyon işlemi uygulanmış olan deneysel numunelerin üst yüzeyleri üzerinden alınmış olan 3D surface profilometer görüntüleri Şekil 2'de görülmektedir. Herhangi bir aktivasyon işlemi uygulanmamış olan PP yüzeyi (Şekil 2a) yüzey pürüzlülük Rz: 0,00993 μm , Ra: 0,00054 μm şeklinde ölçülmüş olup yüzey genel olarak pürüzsüz ve homojen bir yüzey morfolojisi sergilemektedir. Şekil 2b'de düşük hız aralığında plazma aktivasyonu uygulanmış olan PP yüzeyinde ise pürüzlülük değerleri Rz: 0,0138 μm ve Ra: 0,00144 μm olarak ölçülmüştür.

Şekil 2c'de ortalama hızlarda uygulanan plazma aktivasyonu işlemi sonucunda yüzey topografisinde ise elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri Rz: 0,0123 μm ve Ra: 0,000871 μm şeklindedir. Şekil 2d'de ise yüksek hız aralıklarında plazma işlemi uygulanmış PP yüzeyden alınan 3D yüzey profili verilmiştir. Bu deney grubuna ait yüzey pürüzlülük değerleri Rz: 0,0134 μm ve Ra: 0,000965 μm şeklinde kaydedilmiştir. İşlem uygulanmamış olan PP yüzeye göre %30±5 oranında artış olmuştur. Deney gruplarında işlem görmemiş olan PP yüzeyine kıyasla genel olarak nispeten küçük bir pürüzlülük artışı olup plazma aktivasyonu ile nano seviyelerde yüzeye pürüzlülük elde edildiği ve kısmen yüzey topoğrafyasını değiştirdiği söylenebilir.



Şekil 2. a) Herhangi bir aktivasyon işlemi uygulanmamış olan PP yüzey b) Düşük hız aralığında plazma aktivasyonu c) Orta hız aralığında plazma aktivasyonu d) Yüksek hız aralığında plazma aktivasyonu uygulanmış PP yüzeyler üzerinden alınan 3D yüzey profili. (3D surface profiles: a) Untreated PP surface, b) Low velocity plasma activated surface, c) Medium velocity plasma activated surface, d) High velocity plasma activated surface

3D yüzey profilometre ile farklı deney grupları için yapılan analizler sonucunda elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri Tablo 6'da verilmektedir. Elde edilen sonuçlar plazma aktivasyon işleminin PP yüzeyini nano seviyede bir pürüzlülüğe neden olduğu gözlemlenmektedir.

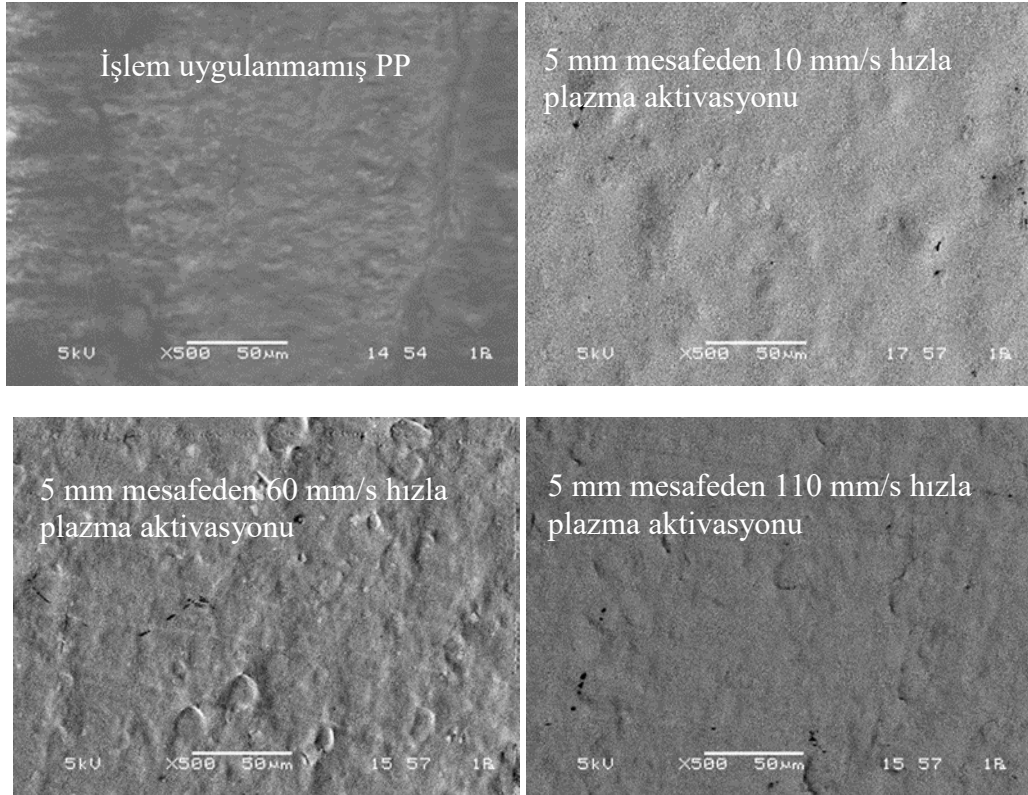
Tablo 6. Sabit 5 mm mesafeden hız değişkenine bağlı yüzey pürüzlülük değerleri (Surface roughness values by different plasma activation rate at 5mm)

İşlem	İşlem görmemiş PP	Düşük hızlar	Orta hızlar	Yüksek hızlar
Hız	-	10-50 mm/s	60-100 mm/s	110-150 mm/s
Rz (µm)	0,00993	0,0138	0,0123	0,0134
Ra (µm)	0,00054	0,00144	0,000871	0,000965

Sabit 5 mm uygulama mesafesinden düşük, orta ve yüksek hız gruplarında plazma aktivasyonu uygulanmış

olan PP yüzeyleri üzerinden alınmış SEM görüntüleri Şekil 3'de sergilenmektedir. Görüntülerde işlem görmemiş haliyle yüzeyde polimer enjeksiyonuyla üretimden kaynaklı olarak yüzey morfolojisinde enjeksiyon izleri dalgalı bir formda gözlemlenmektedir.

Düşük hız aralığında plazma aktivasyon işlemi uygulanmış olan numunelerin yüzey görüntüleri orta ve yüksek hız aralığında hazırlanmış olan numunelere göre kısmen pürüzlü ve homojen olmayan bir yüzey dokusu görünmektedir. Orta ve yüksek hız aralığında hazırlanmış olan plazma numunesinin yüzeyinin daha az pürüzlü bir yüzey formu olduğu görülmüştür.



Şekil 3. a) Herhangi bir aktivasyon işlemi uygulanmamış PP yüzey b) Düşük hız aralığında plazma aktivasyonu c) Orta hız aralığında plazma aktivasyonu d) Yüksek hız aralığında plazma aktivasyonu uygulanmış olan PP yüzeyleri üzerinden alınan SEM görüntüleri (SEM surface micrographs: a) Untreated PP surface, b) Low velocity plasma activated surface, c) Medium velocity plasma activated surface, d) High velocity plasma activated surface)

3.3. Yüzey Kimyasal Değişim İncelemeleri (Surface Chemical Change Analysis)

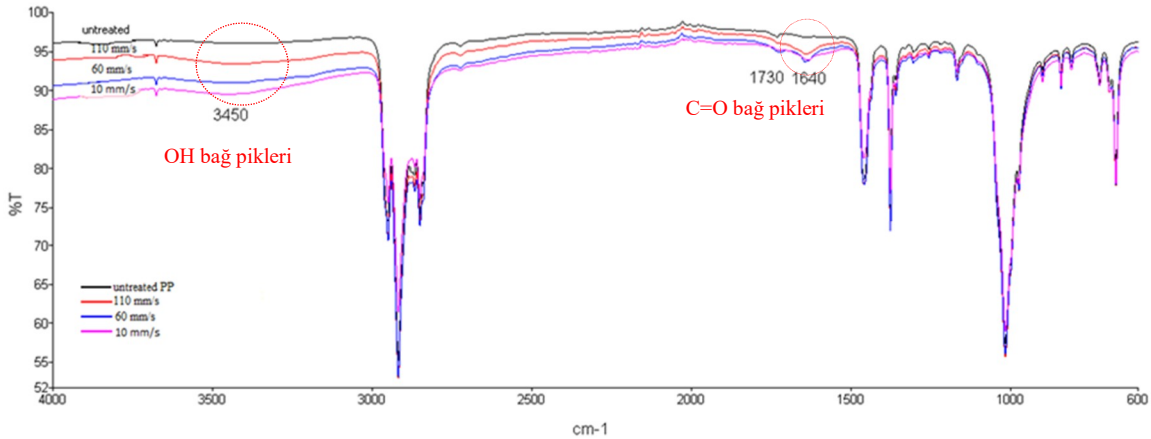
Sabit 5 mm mesafeden düşük hız, orta hız ve yüksek hız gruplarında plazma aktivasyonu uygulamalarının etkisini incelemek amacıyla yapılmış olan FTIR analizi sonuçları

Şekil 4'de verilmiştir. FTIR sonuçları 3000-2800 cm⁻¹ ve 2955-2845 cm⁻¹ aralıklarında bulunan pikler CH₃ asimetrik ve simetrik piklerine aittir. 2922-2843 cm⁻¹ aralığında yer alan pikler CH₂ asimetrik ve simetrik esneme pikleridir. 1460 cm⁻¹ noktasında CH₃ asimetrik deformasyon titreşimi ya da CH₂ kesme titreşimi

bulunabilir ve 1378 cm⁻¹ noktasında ise CH₃ simetrik deformasyon titreşimi bulunmaktadır. 1167 cm⁻¹

noktasında işlem görmemiş PP malzemeden farklı olarak C-C asimetrik germe titreşimi bulunmaktadır. 974 cm⁻¹ noktasında CH₃ asimetrik titreşimi ve C-C asimetrik germe titreşiminden kaynaklanan pikler bulunmaktadır. İşlem uygulanmamış olan PP malzemeden farklı olarak

3650-3300 cm⁻¹ bölgesinde yer alan pikler aktivasyon sonucu oluşan OH bağlarından meydana gelen OH germe titreşimine aittir. 1830-1580 cm⁻¹ bölgesi içinde 1738 cm⁻¹ noktasında geniş C=O bağlarına ait pikler oluşmuştur. Bu piklerin plazma yüzey aktivasyon nedeniyle oluştuğu gözlenmiştir. Oksijen konsantrasyonu artışına bağlı olarak yüzey aktivasyonu kabiliyeti artmıştır.



Şekil 4. Sabit 5 mm mesafeden farklı hız aralıklarında plazma yüzey aktivasyon işlemleri için FTIR analizi sonuçları (FTIR analysis results)

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Janome plc kontrol (3 eksenli) ünitesine bağlı Plazma yüzey aktivasyon tabancasının hızı yani plazmanın yüzeyde etki süresinin yüzey ıslatma ve yüzey enerjisine özelliklerine etkisini incelemek amacıyla sabit 5 mm mesafeden farklı hız aralıklarında (düşük-orta ve yüksek) aktivasyon işlemleri gerçekleştirilmiştir. 10-50 mm/s hız denemeleri düşük hız, 60-100 mm/s hız denemeleri orta hız, 110-150 mm/s hız denemeleri yüksek hız grupları olarak tanımlanmıştır. Her bir hız denemesi için plazma aktivasyon işlemi öncesi ve işlem sonrası yüzey ıslatma açısı ve yüzey enerjisi ölçümleri yapılmıştır. Plazma aktivasyon uygulama süresi artışına (hız azalması) bağlı olarak yüzey ıslatma özelliklerinin (ıslatma açısı) artışına dair bir ilişki olduğu tespit edilmiştir.

Düşük hızlarda (10 mm/s gibi) plazma aktivasyon işlem süresinin uzamasına bağlı olarak ıslatma açısının başlangıçta 94,9°'den 23,9±2° seviyesine düştüğü, orta hızlarda ise, 38±3° seviyesine düştüğü, yüksek hızlarda ise, 44±2° seviyesinde düştüğü gözlemlenmiştir. Dolayısıyla yüzeyi tarama hız artışına bağlı olarak yüzeyde etkime süresinin kısalması nedeniyle yüzey ıslatma açısının düşüşü azalmaktadır. Yüzey enerjisindeki değişimler ise ıslatma açısıyla ters orantılı olarak değişmektedir. Yüzeyde plazma etki süresinin artışı yüzey enerjisinin 28±2mN/m'den 70±2mN/m seviyelerine artışına neden olmuştur. Elde edilen yüzey

enerjisi kaplama, boyama ve yapışma özellikleri açısından oldukça iyi bir sonuç vermiştir.

Yüzeyde plazma aktivasyonu uygulama süresine bağlı olarak yüzey pürüzlülüğü ve morfolojisi arasında bir ilişki tespit edilmiştir. İşlem uygulanmadan önce PP yüzeyinden elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri, Rz: 0,0099 µm iken, plazma aktivasyonu ile bu değer ortalama Rz: 0,0130±0,0008 µm mertebesine yükselmiştir.

Elektron mikroskobu (SEM) görüntülerine göre plazma aktivasyonu uygulaması ile yüzey morfolojisinde nano mertebelerde değişimler gözlenmekle birlikte, aktivasyonun yüzeyi pürüzlendirdiğini söylemek mümkündür.

Yüzeyin kimyasal yapısı FTIR analiz sonuçları ile incelendiğinde plazma aktivasyonu uygulanmış olan numuneler üzerinden alınan verilere göre 3650-3300 cm⁻¹ bölgesinde OH moleküler yapının artışı, 1830-1580 cm⁻¹ bölgesi aralığında 1738 cm⁻¹ noktasında geniş C=O piklerine rastlanmıştır. İnceleme sonucunda, OH ve C=O bağ oluşumlarının plazma yüzey aktivasyonu sonucunda PP yüzeyinde oksijen oranı artışına bağlı olarak yapışma özelliklerini artırdığı tespit edilmiştir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışmada yazarlar; 0642 STZ 2014, Santez projesi ve BAPK 2014-01-08-005 kodlu proje kapsamında finansal olarak desteklerinden dolayı Sakarya Üniversitesi Rektörlüğü'ne teşekkürü borç bilmektedirler. Assan Hanıl Otomotiv Sanayi Tic. Aş. Firmasıyla işbirliği kapsamında yürütülen projede deneysel çalışmalarda katkılarından dolayı Evren Karayel'e, Furkan Topsakal'a ve Gülşah Karagöz'e teşekkür etmektedirler.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] S. Moritomi, T. Watanabe ve S. Kanzaki, "Polypropilene Compounds for Automobile Applications", Sumitomo Kagaku, cilt 2010-I.
- [2] F. Awaja, M. Gibert, G. Kelly ve B. Fox, "Pigram P.J., Adhesion of polymers", Progress in Polymer Science, cilt 34, pp. 948-968, 2009.
- [3] S. Ebnesajjad ve C. Ebnesajjad, "Surface Treatment of Materials for Adhesive Bonding", (Second Edition), Elsevier Inc., USA, 2014.
- [4] L. Bardos ve H. Barankova, "Cold Atmospheric Plasma: Sources, Processes and Applications", Thin Solid Films, cilt 518, pp. 6705-6713, 2010.
- [5] N. Encinas, J. Abenojar, M .A. Martinez, "Development of Improved Polypropylene Adhesive Bonding by Abrasion and Atmospheric Plasma Surface Modification", International Journal of Adhesion and Adhesives, cilt 33, pp. 1-6, 2012.
- [6] Morent R., Geyter N., Leys C., Gengembre L., Payen E., Comparison Between XPS and FTIR Analysis of Plasma-treated Polypropylene Film Surfaces, Surface and Interface Analysis (40), 597-600, 2008
- [7] L. Carrino, G. Moroni ve W. Polini, "Cold Plasma Treatment of Polypropylene Surface: a Study on Wettability and Adhesion", Journal of Materials Processing Technology cilt 121, pp. 373-382, 2002.
- [8] C. Tendero, C. Tixier, P. Tristant, J. Desmaison, P. Leprince, "Atmospheric Pressure Plasmas: A Review", Spectrochimica Acta Part B, cilt 61, pp. 2-30, 2006.