



**TEKSTİL VE MÜHENDİS**  
**(Journal of Textiles and Engineer)**



<http://www.tekstilvemuhendis.org.tr>

**Eriyik Üfleme Tekniğiyle Üretilmiş, Farklı Tipte Diatomit İçeren Polipropilen Dokusuz Yüzeylerin Yağ Emicilik Özelliklerinin İncelenmesi**

**Investigation of Oil Absorption Properties of Polypropylene Nonwovens Containing Different Types of Diatomite Produced by Meltblown Technique**

İlhan ÖZEN  
Erciyes Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Kayseri, Türkiye

Online Erişime Açıldığı Tarih (Available online):30 Haziran 2018 (30 June 2018)

**Bu makaleye atıf yapmak için (To cite this article):**

İlhan ÖZEN (2018): Eriyik Üfleme Tekniğiyle Üretilmiş, Farklı Tipte Diatomit İçeren Polipropilen Dokusuz Yüzeylerin Yağ Emicilik Özelliklerinin İncelenmesi, Tekstil ve Mühendis, 25: 110, 68-77.

**For online version of the article:** <https://doi.org/10.7216/1300759920182511001>

**Sorumlu Yazara ait Orcid Numarası (Corresponding Author's Orcid Number) :**

<https://orcid.org/0000-0002-0105-6036>



**Arştırma Makalesi / Research Article**

**ERİYİK ÜFLEME TEKNİĞİYLE ÜRETİLMİŞ, FARKLI TİPTE DIATOMİT İÇEREN POLİPROPİLEN DOKUSUZ YÜZEYLERİN YAĞ EMİCİLİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

**İlhan ÖZEN\***

Erciyes Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Kayseri, Türkiye

*Gönderilme Tarihi / Received: 06.12.2017*

*Kabul Tarihi / Accepted: 06.03.2018*

**ÖZET:** Bu çalışmada polipropilen içerisine iki tipte diatomit ilâve edilerek eriyik üfleme tekniğine göre dokusuz yüzeyler üretilmiştir. Hem diatomitler hem de üretilen dokusuz yüzeyler çeşitli kimyasal, mineralojik ve morfolojik analizlerin dışında yağ ve su ile ıslanabilirlik ve yağ emicilik performansları bakımından değerlendirilmiştir. Diatomit içeren dokusuz yüzeylerde diatomit tipine bağlı olarak keten yağı emiciliği % 268-742, hidrolik yağı emiciliği % 409-734 ve dizel yağı emiciliği % 732-1101 gerilerken pas önleyici yağ emiciliği ise % 134 (RDE1 diatomiti) ve % 245 (RDE2 diatomiti) oranlarında iyileşmiştir. Genel olarak diatomit ilâvesi, yüksek viskoziteli yağlarda emiciliği geriletirken, düşük viskoziteli yağlarda iyileştirmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Diatomit, polipropilen, eriyik üfleme, dokusuz yüzey, ıslanabilirlik, yağ emicilik.

**INVESTIGATION OF OIL ABSORPTION PROPERTIES OF POLYPROPYLENE NONWOVENS CONTAINING DIFFERENT TYPES OF DIATOMITE PRODUCED BY MELTBLOWN TECHNIQUE**

**ABSTRACT:** In this study, two types of diatomite were incorporated into polypropylene and nonwoven fabrics were produced by meltblown technique. Apart from the various chemical, mineralogical and morphological analyses, both diatomites and the produced nonwovens were evaluated in terms of water and oil wettability and oil absorption performance. Rust inhibitor oil absorption of the diatomite containing nonwovens was improved by 134% (RDE1 diatomite) and 245% (RDE2 diatomite), while depending on the diatomite type used linseed oil, hydraulic oil, and diesel oil absorption values were deteriorated by 268-742%, 409-734%, and 732-1101%, respectively. Generally, diatomite addition worsened the oil absorption in high viscous oils and improved in low viscous oils.

**Keywords:** Diatomite, polypropylene, meltblown, nonwoven fabric, wettability, oil absorbency

\* **Sorumlu Yazar/ Corresponding Author:** [iozen@erciyes.edu.tr](mailto:iozen@erciyes.edu.tr), <https://orcid.org/0000-0002-0105-6036>

**DOI:** 10.7216/1300759920182511001, [www.tekstilvemuhandis.org.tr](http://www.tekstilvemuhandis.org.tr)

## 1. GİRİŞ

Son yıllarda, yağ döküntüsü nedeni ile meydana gelen su kirliliği, kentleşme ve sanayileşme sürecinin hızlanması ile giderek ciddi bir hâle gelmiştir [1]. Yağlı su; tekstil, çelik, alüminyum, gıda, deri, gaz ve petrol üretimi, petrokimya ve nakliye gibi birçok sektörde ortak bir atık koludur. Amerika Bileşik Devletleri ve Kanada'da kirli alanları temizlemenin maliyeti dökülen yağın tipine ve yerine bağlı olarak litre başına 20 - 200 \$ kadar olabilmektedir [2]. Dolayısıyla yağ döküntülerinin sosyal, ekonomik ve çevresel etkisini azaltmak için ucuz ve efektif yöntemlerin geliştirilmesi gerekmektedir.

Şu ana kadar yağ döküntülerinin temizlenmesi için yağ sıyrıcı, yağ dağıtıcı, yağ jelleştirici ajanlar ve yağ emici malzemeler kullanılmıştır. Yağ emici malzemeler genellikle yağ döküntülerinin toplanması ve temizlenmesi için en efektif yöntem olarak düşünülmektedir. Yağ emici malzemeler doğal organik, doğal inorganik, sentetik organik ve sentetik inorganik olmak üzere dört tipe ayrılabilir. Doğal organik yağ emici malzemeler talaş, pamuk lifi, kapok lifi, ipekotu, kenaf ve saman gibi birçok tarım ürünü, doğal inorganik olanlar perlit, grafit, vermikulit, zeolit, bentonit, silika ve diatomit, sentetik organik olanlar polipropilen, polietilen ve poliakrilat ve sentetik inorganik olanları ise aktif karbon, silika jel ve aktif alüminayı kapsamaktadır [3]. Bu malzemeler arasında diatomit geleneksel yağ emici malzemelere göre düşük maliyet, gözenekli yapı, yüksek emiş kapasitesi, düşük yoğunluk ve zararsız olma gibi bazı avantajlara sahiptir ve dolayısıyla yağ emici malzeme olarak tercih edilebilir.

Diatomit ya da diatome toprak, kimyasal formülü silisyum dioksit ( $\text{SiO}_2$ ) olan ve su yosunları sınıfından tek hücreli mikroskopik alglerin fosilleşmiş silisli kavkularından oluşmuş bir çökeldir. Her biri eşsiz bir morfolojiye sahip olan 100.000 üzerinde farklı türün olduğu bilinmektedir [4]. Diatomitlerin çapları yaklaşık 1  $\mu\text{m}$  ile birkaç mm arasında değişmektedir. Su diatomları öldükleri zaman, "Diatome toprak" olarak bilinen malzemeleri oluşturmak için göl ve okyanus dibine batarak üst üste yığılmaktadır [5]. Bu tortular çıkarılmakta ve yalıtkan malzeme, yapıştırıcı, filtre ve haşere ilacı taşıyıcısı olarak kullanılmaktadır [6,7]. Diatomitlerin yüksek gözenekliliği ve düşük yoğunluğu endüstriyel kullanımlar için onu ideal yapmaktadır; ancak, diatomitin potansiyel kullanımının fark edilenden daha fazla olduğu bilinmektedir. Yüksek su ve yağ emicilik kapasitesine sahip ve doğada bol ve ucuz olan diatomit, yağ döküntüleri ile mücadele için kullanılmaktadır. Fakat suyu seven (hidrofilik) ve yağı seven (oleofilik) yapısı nedeniyle diatomit yüzeyinin önceden modifiye edilmesi gerekmektedir. Organik ve inorganik malzemelerin hidrofobik yüzey modifikasyonu, yağ döküntülerini kaldırmak için absorbanların sentezlenmesinde kullanılan efektif bir yol olarak bilinmektedir [8-11]. İlgili çalışmalara dayanarak [12-18], diatomit yüzeyler süper hidrofobik yapıları oluşturmak amacı ile sol-jel prosesi ve/veya plazma prosesi aracılığı ile florosilanlanmaktadır [19-21]. Fakat bütün bu malzemeler ve modifikasyonlar yüksek maliyet ve kompleks hazırlama işlemlerinden dolayı pratik uygulamalar için yetersiz kalmaktadır.

Diatomit şimdiye kadar sadece takviye edici (güçlendirici) malzeme olarak poliolefin malzemelerin içerisine karıştırılmıştır [22-37]. Söz konusu çalışmalarda sadece plâka formunda üretilen kompozitlerin morfolojik ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Literatürde, diatomitin polipropilen içerisine iâave edilerek dokusuz yüzey şeklinde üretildiği ve diatomitin yağ emicilik özelliğinin incelendiği tek bir çalışma bulunmaktadır [38]. Araştırma grubumuzun gerçekleştirdiği bu çalışmada öğütülmüş ve öğütülmemiş diatomitin yüzeyi önceden stearik asit ve florokarbon kullanılarak modifiye edilmiş ve polipropilenle arasındaki uyumu arttırmak için maleik anhidrit aşılansız polipropilen, uyumlaştırıcı olarak kullanılmıştır. Pahalı (işlenmiş) tip diatomitin kullanıldığı söz konusu çalışmada diatomite öğütme ve yüzey işlemi uygulamaya ve uyumlaştırıcı kullanımına gerek olmadığı, ayrıca diatomit ilâvesinin yağ emicilik değerlerini kötüleştirdiği, kullanılan yağın viskozitesi arttıkça kötüleşmenin ilerlediği tespit edilmiştir. Bu çalışmanın öncekinden farkı; ucuz (işlenmemiş) ve pahalı (işlenmiş) olan diatomit tiplerinin kullanılması ve elde edilen yapıların yağ emicilik performanslarının incelenmesidir. Çalışmanın nihâi amacı ise; yağ emici dokusuz yüzeylerin ucuz yolla üretilmeye çalışılmasıdır.

## 2. MATERYAL VE METOD

### 2.1. Materyal

Polipropilen (PP, homopolimer,  $\text{MFI}_{2.16 \text{ kg}, 230^\circ \text{C}}$ : 1200 g/10 dk) LG Chem'den (Güney Kore) temin edilmiştir. Çalışma kapsamında Aydın Mikronize Madencilik'ten ham tip (0.17 Avro/kg) ve İmerys'ten flaks kalsine tip (Celite 281, 4 avro/kg) diatomit temin edilmiş ve sırasıyla RDE1 ve RDE2 notasyonu ile kodlanmıştır. Polimerik kompozitlerin üretiminde antioksidan olarak kullanılan Irganox®1010, Ciba Speciality Chemicals'tan ve dış kayganlaştırıcı olarak kullanılan Dynamar™ FX9613, 3M'den temin edilmiştir. Temas açısı ve yağ emicilik analizlerinde kullanılan keten yağı (yoğunluk: 0.927 – 0.933 g/cm<sup>3</sup>, asidite indeksi: 0.25-0.50 (oleik asit olarak), iyot indeksi: 160-180, sabunlaşma indeksi: 180-195, kinematik viskozitesi: 35 cSt (40°C) [39]) Garanti Beziryağı San. ve Tic. A.Ş.'den, pas önleyici yağ (Hangs. Rust Coat 10, kinematik viskozite: 3 cSt (40°C)), Hangsterfer's'den, hidrolik yağ (Castrol Hyspin AWH M68, kinematik viskozite: 68 cSt (40°C)), Castrol'den ve dizel yağı (Opet Fulmaster SHPD 15W-40, kinematik viskozite: 115 cSt (40°C)), Opet A.Ş.'den temin edilmiştir.

### 2.2. Polipropilen/Diatomit Kompozit Üretimi

Polimer kompozitlerin üretiminde dolgu malzemesinin maksimum yükleme oranını tespit edebilmek için çeşitli oranlarda dolgu malzemesi ihtiva eden (%3, %5, %10, %20 ve %30) polipropilen/diatomit kompozitler hazırlanmıştır. Yapılan deneyler sonucunda maksimum yükleme oranı %10 olarak tespit edilmiştir. Bu yükleme oranının üzerine çıkıldığında elde edilen polipropilen/diatomit granüllerinin eriyik üfleme tekniği ile dokusuz yüzey üretiminde sorunlara yol açtığı saptanmıştır. Yardımcı malzemelerin kullanım miktarları (150 ppm Irganox®1010, 100 ppm Dynamar™ FX9613) üretici firmaların önerisi doğrultusunda olmuştur.

Kompozit üretimi, 16 mm çaplı, L/D oranı 40 olan Gülnar marka eş yönlü dönen çift vidalı ekstrüder kullanarak gerçekleştirilmiştir. Üretim öncesi polipropilen ve diatomit numuneleri 80°C'de 24 saat süresince kurutulmuş ve ardından karışım, ekstrüdere sıcak bir şekilde beslenmiştir. Uygun sıcaklıklar (sırasıyla 20°C, 120°C, 130°C, 140°C, 140°C, 140°C) ve üretim hızı (1.5 kg/h) ayarlanarak 300 rpm devir 2 Nm tork değerinde kompozit üretimi gerçekleştirilmiş ve makarnalar soğutma banyosundan geçirildikten sonra kesiciden geçirilerek çips şeklinde malzeme elde edilmiştir.

### 2.3. Polipropilen/Diatomit Dokusuz Yüzey Üretimi

Dokusuz yüzeyler eriyik üfleme tekniğiyle üretilmiştir. Diatomit içermeyen ve içeren polipropilen dokusuz yüzeyler, Biax-Fiberfilm Meltblown System cihazında Tablo 1'de verilen şartlarda üretilmiştir. Önceki çalışmamıza istinaden diatomit miktarı %2 olacak şekilde ayarlanmış ve 100 g/m<sup>2</sup> gramajda çalışılmıştır [38].

**Tablo 1.** Dokusuz yüzey üretim parametreleri.

Parametre	Değer
Ekstrüder 1. Bölge Sıcaklığı (°C)	300
Ekstrüder 1. Bölge Sıcaklığı (°C)	350
Ekstrüder 1. Bölge Sıcaklığı (°C)	400
Düze Sıcaklığı (°C)	353
Hava Sıcaklığı (°C)	370
Düze Delik Çapı (inç)	0.015
Düze-Toplayıcı Mesafesi (cm)	50
Hava Basıncı (PSI)	9.5
Ekstrüder Hızı (%)	30
Toplayıcı Davul Hızı (m/min)	54

## 2.4. Karakterizasyon ve Değerlendirme Yöntemleri

### 2.4.1. XRF ve XRD Analizi

Diatomit numunelerinin elementel analizleri Panalytical-Axios Advanced dalga boyu dağılımlı X-ışını floresans spektrometresi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Diatomit numunelerinin kimyasal yapısı Bruker AXS Advance D8 difraktometresi (Cu K $\alpha$  radyasyonu,  $\lambda = 1.5406\text{\AA}$ , jeneratör voltajı = 40 kV, akım = 30  $\mu\text{A}$ ) ile analiz edilmiştir. Numuneler 2 $\theta = 1^\circ - 60^\circ$  aralığında 1 $^\circ/\text{dk}$  oranında taranmıştır.

### 2.4.2. SEM Analizi

Numuneler önceden altın (Au) ile kaplanarak LEO 440 marka saha emisyon elektron mikroskobu kullanılarak 10 keV hızlandırma voltajında yüzeyler incelenmiştir.

### 2.4.3. Tanecik Boyut Analizi

Diatomit numunelerinin tanecik boyut ve tanecik boyut dağılımı analizi ıslak dispersiyonda Mastersizer 2000 lazer difraksiyon tanecik boyut analizörü ile gerçekleştirilmiştir. 200 mg numune ile 2 s aralıklarla 3 defa ölçüm yapılmış ve ortalaması alınmıştır.

### 2.4.4. BET Analizi

Diatomit numunelerinin spesifik yüzey alanı, Micromeritics Gemini VII 2390 cihazında, Brunauer, Emmett ve Teller (BET) gaz adsorbsiyon metodu kullanılarak belirlenmiştir. Ölçüm 5 farklı noktadan yapılmıştır. Numuneler ölçümden önce 150°C'de 24 saat süresince kondisyonlanmış ve ardından 200°C'de 5 saat süresince vakum altında degaze edilmiştir.

### 2.4.5. Temas Açısı Analizi

Yüzeyi modifiye edilmiş diatomitlerin hidrofilik/hidrofobik ve oleofilik/oleofobik karakterini belirlemek için temas açısı ölçümleri Theta Lite Optical Goniometer cihazında gerçekleştirilmiştir. Numuneler ölçümden önce vakumlu etüvde gece boyunca 80°C'de kurutulmuştur. Toz halinde bulunan diatomit numunelerini yüzey haline getirmek için hidrolik pellet presi kullanılmıştır. Temas açıları sırasıyla hidrofobluk ve oleofobikliği değerlendirmek için 3  $\mu\text{l}$  saf su ve keten yağı damlaları ile durağan damla metodu kullanılarak ölçülmüştür.

### 2.4.6. MFI Analizi

Kullanılan polimer matrisin eriyik akış indeksi, malzemenin işlenebilirliği ve diatomit taneciklerinin polimer matris içerisinde homojen dağılımı için önem arz etmektedir. 230 °C'ye ısıtılan MFI cihazının 2 mm çapındaki kaplarına numune konulmuş ve üzerine 2.16 kg ağırlık yerleştirilmiştir [40]. 3 tekrarlı yapılan deneylerde MFI değeri g/10 dk olarak hesaplanmıştır. Bu değer, eriyik akış indeksi olarak geçmektedir. Bu değer yüksek olması malzemenin düşük viskoziteli, düşük olması ise yüksek viskoziteli olduğunu göstermektedir.

### 2.4.7. DSC Analizi

Perkin Elmer PYRIS Diamond™ diferansiyel taramalı kalorimetre termal analiz için kullanılmıştır. Isı taramaları 20 – 200 °C arasındaki sıcaklıkta 10 °C/dk olacak şekilde azot altında ölçülmüştür. Analiz için ilk ısı taramaları kullanılmıştır. Örneklerin kristalinitesi aşağıdaki formül(1) ile belirlenmiştir:

$$\chi_c = (\Delta H_f / \Delta H_f^0) \times 100 \quad (1)$$

Burada  $\chi_c$  kristalinite derecesini,  $\Delta H_f$  erime entalpisini ve  $\Delta H_f^0$  denge erime sıcaklığındaki tamamen kristalin malzemenin erime entalpisini belirtir. PP için  $\Delta H_f^0 = 207 \text{ J/g}$ 'dir [41].

### 2.4.8. Gözenek Boyutu Analizi

Dokusuz yüzeylerin gözenek boyutları CFP-1005AQC kapılar akış porometresi kullanılarak ASTM F316-03'e göre tespit edilmiştir [42]. Sıvı olarak yüzey gerilimi 20.1 din/cm olan Silwick (PMI) kullanılmıştır. Numune, daldırma sıvısına daldırılarak atmosfer basıncının 80 kPa aşağısına indirilmiş ve numunede hiç hava boşluğu kalmayacak şekilde havası alınmıştır. Ölçüm çapı 20 mm olup numuneden kuru hava geçirilmiş ve gaz basıncı kademeli olarak artırılarak her bir noktada gaz akış hızı ölçülmüştür. Ortalama gözenek çapı aşağıdaki formüle (2) göre hesaplanmıştır.

$$d_{50} = C \times r / P_{50} \quad (2)$$

Formülde  $P_{50}$  (PSI) basıncı, sıvı akış hızı % 50 olan basınç;  $d_{50}$ , ortalama akış gözenek boyutu ( $\mu\text{m}$ );  $r$ , deney sıvısının yüzey gerilimi (20.1 din/cm) ve C, 0.451 ( $\mu\text{m}\cdot\text{cm}\cdot\text{PSI}/\text{din}$ ) olup sabittir. Ölçümler 3 tekrarlı yapılmış ve ortalaması alınmıştır. Minimum ( $d_{10}$ ) ve maksimum ( $d_{97}$ ) akış gözenek boyutları aynı formüle göre hesaplanmıştır [43].

#### 2.4.9. Boş Alan Analizi

Dokusuz yüzeylerin boş alanı, Leica DFC450 optik mikroskopla elde edilen 5 büyütme imajların Image Proplus 6.0 programıyla işlenmesi sonucunda elde edilmiştir. Bu yöntem; ışığın numuneye çarptırılması ve boşluklu kısımlarda görülen gölgeler ve bu gölgelerin miktarının hesaplanması esasına dayanmaktadır [44]. Deneylerde 3 ölçüm yapılmış ve ortalaması alınmıştır.

#### 2.4.10. Yağ Emicilik Analizi

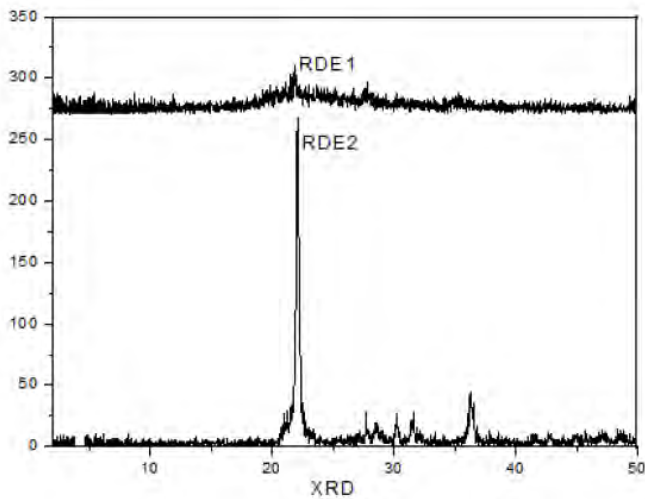
Numuneler ölçümden önce etüvde 24 saat süresince  $80^\circ\text{C}$ 'de kurutulmuştur. Diatomit ve dokusuz yüzeylerin yağ emicilik kapasiteleri sırasıyla ASTM D1483'e göre belirlenmiştir [45]. Dokusuz yüzeylerde ek olarak koruyucu yağ, hidrolik yağ ve dizel yağ kullanılmıştır. Deneylerde 3 ölçümün ortalaması verilmiştir.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1. Diatomit Bulguları

##### 3.1.1. Minerolojik ve Kimyasal Analiz Bulguları

RDE1 (Aydın diatomiti) ve RDE2 (İmerys diatomiti) numunelerinin XRD spektrumları Şekil 1'de verilmiştir. Ucuz olan RDE1 diatomitinin hemen hemen hiç pik vermediği için amorf halde bulunduğu söylenebilir. Pahalı olan RDE2 diatomitinin ise  $2\theta = 21.8^\circ$ 'de keskin bir pik verdiği görülmektedir. Bu durum, söz konusu diatomitin yüksek sıcaklık flaks kalsinasyon işleminden geçtiğine ve amorf haldeki diatomitin kristalolit kristalin formuna dönüştüğüne işaret etmektedir [46,47].



Şekil 1. Diatomitlere ait XRD difraktogramları. (RDE1: Aydın diatomiti, RDE2: İmerys diatomiti).

XRF analiziyle her iki diatomitte bulunan bileşiklerin isimleri ve miktarları Tablo 2'de verilmiştir. Aydın (RDE1) ve İmerys (RDE2) diatomitinde ana bileşenin silisyum dioksit ( $\text{SiO}_2$ ) olduğu ve sırasıyla %84.41 ve %89.70 oranlarında  $\text{SiO}_2$  içerdikleri tespit edilmiştir. Aydın diatomitinde sırasıyla SrO, CaO,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ve MgO miktarı fazla iken İmerys diatomitinde başta CaO olmak üzere  $\text{Na}_2\text{O}$  miktarı yüksek çıkmıştır.

Tablo 2. Diatomitlerin içerdiği bileşikler ve % değerleri (RDE1: Aydın diatomiti, RDE2: İmerys diatomiti).

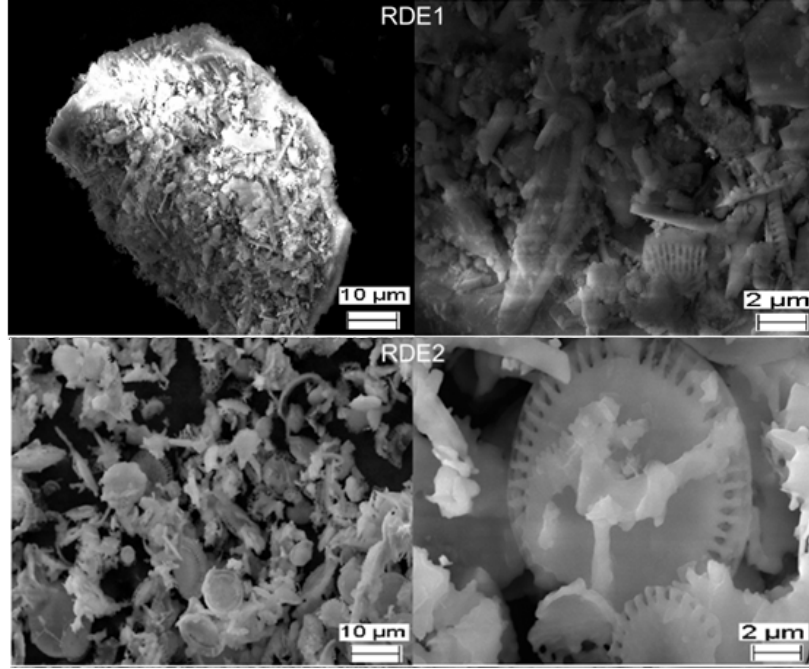
Bileşik Adı	RDE1 (%)	RDE2 (%)
$\text{SiO}_2$	84.41	89.70
SrO	4.6	0.11
CaO	2.19	7.29
$\text{SO}_3$	2.74	0.02
$\text{Al}_2\text{O}_3$	1.92	0.78
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	1.14	0.30
MgO	1.14	0.23
$\text{K}_2\text{O}$	0.35	0.12
$\text{TiO}_2$	0.09	0.058
Cl	0.04	0.024
$\text{Na}_2\text{O}$	0.376	1.01
$\text{P}_2\text{O}_5$	0.02	0.04

##### 3.1.2. Morfoloji, Parçacık Boyutu ve Yüzey Alanı Bulguları

Diatomitlerin yüzey morfolojisini karakterize etmek için SEM analizi yapılmıştır (Şekil 2). SEM imajlarına göre ucuz olan RDE1 numunesinde gözenek gözlenmezken pahalı olan RDE2 numunesinin kendine has gözenekli bir yapıya sahip olduğu görülmüştür.

Diatomit numunelerinin parçacık boyutu, BET yüzey alanı ve gözenek hacmi değerleri Tablo 3'te verilmiştir. Parçacık boyutunda minimum ( $d_{10}$ : parçacıkların ağırlıkça %10'unun boyutu), ortalama ( $d_{50}$ : parçacıkların ağırlıkça %50'sinin boyutu) ve maksimum ( $d_{90}$ : parçacıkların ağırlıkça %90'ının boyutu) parçacık boyutu verileri kullanılmaktadır. Diatomitler karşılaştırıldığında RDE1 numunesinin minimum değeri daha düşük çıkarken, ortalama değeri biraz yüksek ve maksimum değeri ise çok yüksek çıkmıştır.

RDE1 ve RDE2 numunelerinin BET yüzey alanı sırasıyla  $6.48 \text{ m}^2/\text{g}$  ve  $0.22 \text{ m}^2/\text{g}$ , gözenek hacimleri ise  $0.081934 \text{ cm}^3/\text{g}$  ve  $0.003338 \text{ cm}^3/\text{g}$  olarak bulunmuştur. Morfoloji analizi dikkate alındığında pahalı olan RDE2 kodlu numunenin gözenekli yapısı sayesinde daha yüksek bir yüzey alanına ve gözenek hacmine sahip olması beklenmektedir. Ancak literatürde belirtildiği gibi,  $1600^\circ\text{C}$ 'ye kadar yüksek sıcaklıkta gerçekleştirilen kalsinasyon esnasında diatomit kabuklarının yüzeyinde Si-O-Si köprüleri oluşmaktadır. Bu durum ise gözeneklerin kapanmasına yol açmaktadır [47-49]. RDE2 numunesi, diatomitin flaks kalsine çeşidi olduğu için yüzeyi üzerinde tıkanan gözenekler BET  $\text{N}_2$  adsorpsiyon metodu tarafından belirlenememiş ve dolayısıyla çok düşük yüzey alanı ve çok düşük gözenek hacmi değerleri kaydedilmiştir.



Şekil 2. Diatomit numunelerinin SEM görüntüleri (RDE1: Aydın diatomiti, RDE2: İmerys diatomiti)

Tablo 3. Diatomit numunelerinin parçacık boyutu, yüzey alanı ve gözenek hacmi değerleri (RDE1: Aydın diatomiti, RDE2: İmerys diatomiti,  $d_{10}$ ,  $d_{50}$  ve  $d_{90}$  sırasıyla minimum, ortalama ve maksimum parçacık boyutu).

Parametre	RDE1	RDE2
Parçacık Boyutu ( $\mu\text{m}$ )	$d_{10}$	4.60
	$d_{50}$	23.00
	$d_{90}$	87.50
BET Yüzey Alanı ( $\text{m}^2/\text{g}$ )	6.48	0.22
Gözenek Hacmi ( $\text{cm}^3/\text{g}$ )	0.081934	0.003338

### 3.1.3. İslanabilirlik ve Yağ Emicilik Bulguları

İslanabilirlik, temas açısı ölçümleriyle kolayca gösterilebilmektedir. Küçük temas açısı değerleri ( $< 90^\circ$ ) yüksek ıslanabilirlik ile ilişkilirken yüksek temas açısı değerleri ( $> 90^\circ$ ) düşük ıslanabilirlik ile ilişkilidir. Diatomit numunelerinin su ve yağa karşı ilgisini ölçmek için su ve keten yağı damlatılarak ölçümler yapılmıştır. Ham diatomitlerin (RDE1 ve RDE2) üzerine saf su veya keten yağı damlatıldığında hızlı bir şekilde emilimin gerçekleştiği ve temas açısının tespit edilemediği görülmüştür. Buna göre her iki diatomit tipi hem hidrofilitik hem de oleofilitiktir. Diatomit numuneler %  $114 \pm 0$  (RDE1) ve %  $160 \pm 3$  (RDE2) keten yağı emicilik değerleri göstermiştir.

### 3.2. Polipropilen/Diatomit Dokusuz Yüzey Bulguları

Eriyik üfleme tekniğine göre üretilmiş polipropilen/diatomit dokusuz yüzeylerin analizlerine başlamadan önce dokusuz yüzey üretiminde yaşanan bir durumdan bahsetmek yerinde olacaktır. Diatomit tipinden bağımsız olarak diatomit miktarı %2'den fazla olduğunda eriyik üfleme makinesinde yüksek tork değerleri görülmüş ve rijit yapılar elde edilmiştir. Ayrıca, diatomit miktarı artırıldığında diatomit, spinneret düzelerinden kum taneleri şeklinde çıkarak ayrı bir faz şeklinde dokusuz yüzey üzerinde

birikmiştir. Rijit yapının sebebi; diatomitin 5-6 Mohs sertliğine sahip bir malzeme olması ve lifin dış yüzeyinde birikmiş olmasıdır. Bu durumun polipropilenle diatomitin birbiriyle uyumsuz olmasından ve çok ince lifsi yapılar elde etmek için eriyik üfleme tekniğinde yüksek sıcaklıkta hava üflemesinden kaynakladığı düşünülmektedir. Bu nedenlerden ötürü çalışmamızda sadece %2 diatomit içeren yapılar üretilmiştir.

### 3.2.1. Eriyik Akışı ve Termal Analiz Bulguları

Eriyik akış indeksi değeri malzemenin işlenebilirliği açısından önem arz etmektedir. Kullanılan dolgu malzemesinden bağımsız olarak polipropilenin MFI değerinin kısmen düştüğü, yani malzemenin daha kıvamlı bir hâle geldiği görülmektedir. Ancak sözkonusu azalma, proses edilebilirlik açısından sorun teşkil etmemektedir.

Üretilen dokusuz yüzeylerin DSC verileri Tablo 4'te gösterilmiştir. Diatomit ilâvesinin erime ( $T_m$ ), kristallenme ( $T_c$ ) sıcaklıkları ve kristalinite derecesini pek etkilemediği tespit edilmiştir. Diatomit ilâvesinden bağımsız olarak % kristalinite değerlerinin çok düşük çıkmasının sebebi; üretimin sıcak üflemeyle yapılması nedeniyle polipropilenin kristallenmek için uygun ortam bulunmamasıdır.

**Tablo 4.** Polipropilen/diatomit (98/2) dokusuz yüzeylerin MFI ve DSC analizi bulguları. (PP: Polipropilen, RDE1: Aydın diatomiti, RDE2: İmerys diatomiti)

Parametre	PP	PP/RDE1	PP/RDE2
MFI Değeri (g/10 dk)	1198	1052	1121
T <sub>m</sub> (°C)	162.8	161.0	161.5
T <sub>c</sub> (°C)	120.0	119.4	118.4
Kristalinite (%)	5.2	5.3	4.6

### 3.2.2. Morfoloji Bulguları

Polipropilen/diatomit (98/2 w/w) dokusuz yüzeylerin SEM imajları Şekil 3'te gösterilmiştir. Diatomit tipinden bağımsız olarak tanecik boyutlarının birkaç yüz nanometre olduğu gözlenmiştir. Bunun dışında polipropilen içerisine diatomit (RDE1 veya RDE2) ilâvesiyle lif çapının arttığı görülmektedir (saf PP dokusuz yüzey: 1 - 17 µm, diatomit içeren PP dokusuz yüzey: 1 - 25 µm (RDE1), 1- 32 µm (RDE2)). Bu konu gözenek boyutu ve boş alan analizinde tartışılmıştır.

### 3.2.3. Gözenek Boyutu ve Boş Alan Bulguları

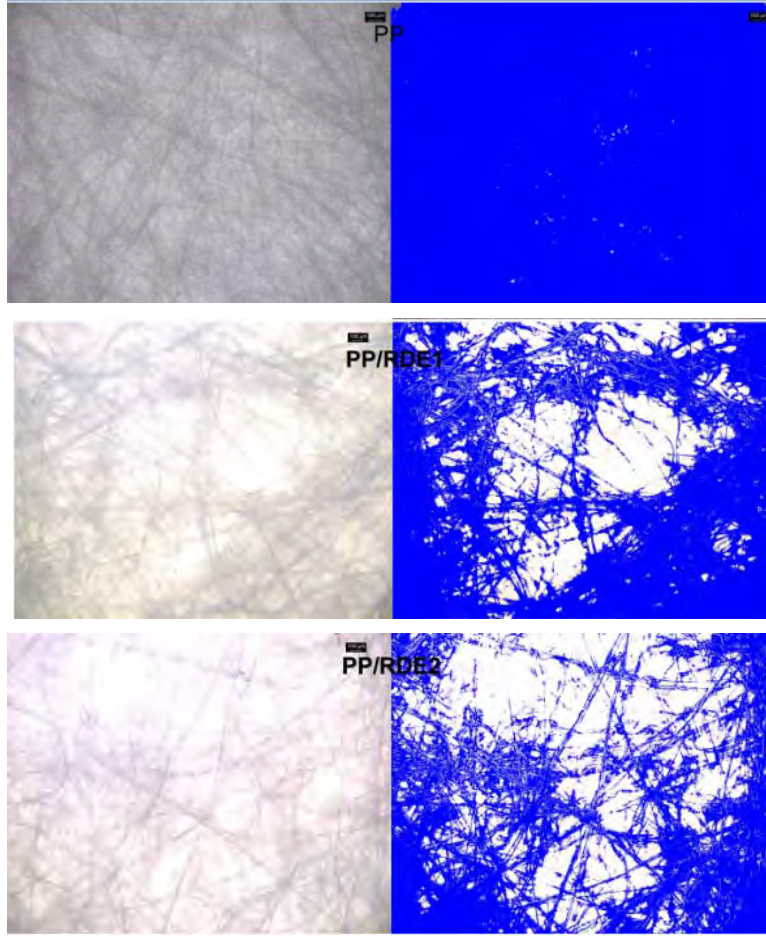
Üretilen dokusuz yüzeylerin minimum ( $d_{10}$ ), ortalama ( $d_{50}$ ), maksimum ( $d_{97}$ ) gözenek boyutları (çapı) ve % boşluk değerleri Tablo 5'te verilmiştir. Saf PP'nin gözenek boyutları şu şekilde çıkmıştır:  $13 \pm 4$  µm ( $d_{10}$ ),  $23 \pm 4$  µm ( $d_{50}$ ) ve  $44 \pm 4$  µm ( $d_{97}$ ). Aydın (RDE1) ve İmerys (RDE2) diatomitini içeren kompozit

dokusuz yüzeylerin minimum, ortalama ve maksimum gözenek boyutları daha büyük çıkmıştır. Literatürde lif çapıyla gözenek çapının (boyutu) yakından alakalı olduğu bilinmektedir [50,51]. Lif çapı arttıkça lifler arası boşluklar artmakta ve bu durum doğrudan gözenek boyutunu arttırmaktadır. Boş alan analizi, bu verileri desteklemektedir. Optik mikroskop imajları (sol) ve boş alan hesabında kullanılan Image Proplus imajları (sağ) Şekil 4'te gösterilmiştir. Saf PP dokusuz yüzey %  $1.2 \pm 0.3$  boş alan gösterirken, Aydın diatomitini (RDE1) içeren yapılar %  $39.7 \pm 3.2$ , İmerys diatomitini (RDE2) içeren yapılar ise %  $46.7 \pm 2.5$  boş alan göstermiştir. Buna göre diatomit ilâvesi, lifler arası boşlukları çok arttırmıştır. Boş alan hesaplamaları imajların zeminden gelen ışık miktarına göre yapılmaktadır. Beklenileceği üzere kalın lifler daha az örtücülüğe sahip olduğu için zemin rengi daha açık çıkmış ve sonuçta daha fazla boş alan ortaya çıkmıştır. Gözenek boyutu ve boş alan analizi beraber değerlendirildiğinde polipropilene diatomit ilâvesinin daha kalın liflere neden olduğu ortaya çıkmaktadır.

**Tablo 5.** Polipropilen/diatomit (98/2) dokusuz yüzeylerin gözenek boyutu ve % boş alan değerleri (PP: Polipropilen, RDE1: Aydın diatomiti, RDE2: İmerys diatomiti,  $d_{10}$ ,  $d_{50}$  ve  $d_{97}$  sırasıyla minimum, ortalama ve maksimum gözenek boyutu).

Parametre	PP	PP/RDE1	PP/RDE2
Gözenek Boyutu (µm)	$d_{10}$	$13 \pm 4$	$22 \pm 9$
	$d_{50}$	$23 \pm 4$	$65 \pm 9$
	$d_{97}$	$44 \pm 4$	$112 \pm 9$
Boşluk (%)	$1.2 \pm 0.3$	$39.7 \pm 3.2$	$46.7 \pm 2.5$

**Şekil 3.** Polipropilen ve polipropilen/diatomit (98/2 w/w) dokusuz yüzeylerin SEM imajları (PP: Polipropilen, RDE1: Aydın diatomiti, RDE2: İmerys diatomiti).



Şekil 4. Polipropilen ve polipropilen/diatomit (98/2 w/w) dokusuz yüzeylerin optik (sol) ve Image Proplus (sağ) imajları (PP: Polipropilen, RDE1: Aydın diatomiti, RDE2: İmerys diatomiti).

### 3.2.4. İslanabilirlik Bulguları

Polipropilen/diatomit (98/2 w/w) dokusuz yüzeylerin ıslanabilirlik özelliklerini incelemek için su ile temas açıları yapılabilmemiş, ancak yüzeye değer değmez yayıldığı için yağ ile olan temas açıları gerçekleştirilememiştir. Bu durum, PP'nin oleofilik bir karakterde olmasından kaynaklanmaktadır. Buna göre saf PP ve diatomit içeren PP dokusuz yüzeylerin yağ temas açıları "0" kabul edilmekte ve yağ ile ıslanabilirliğin çok iyi olduğu ortaya çıkmaktadır. Saf PP'nin saf su ile temas açısı  $118 \pm 5^\circ$  çıkarken Aydın diatomiti (RDE1) ilâve edildiğinde bu değer  $126 \pm 3^\circ$ , İmerys diatomiti (RDE2) ilâve edildiğinde ise  $128 \pm 4^\circ$  arasında çıkmıştır. Daha yüksek temas açısı değerleri elde edildiği için diatomit ilâve edilmiş olması, yapıyı daha hidrofobik bir hâle getirmiştir.

### 3.2.5 Yağ Emicilik Bulguları

Polipropilen/diatomit (98/2 w/w) dokusuz yüzeylerin yağ emicilik özeliğini incelemek için en başta keten yağı kullanılmıştır. Keten yağı endüstriyel yağ sızıntı ve döküntülerinde karşılaşılan bir yağ olmamasına rağmen standarda uygun test yapmak amacıyla seçilmiş bir yağ çeşididir [45]. Dokusuz yüzeylerin gerçek koşullardaki yağ emicilik davranışını gözlemlemek için ayrıca 3 farklı sentetik esaslı yağ (pas önleyici yağ, hid-

rolik yağı ve dizel yağı) ile yağ emicilik testleri gerçekleştirilmiş ve tüm sonuçlar Şekil 5'te gösterilmiştir.

Saf PP'nin keten yağı emiciliği  $\% 2200 \pm 88$  çıkmıştır. Diatomit içeren dokusuz yüzeylerde bu değerler Aydın diatomiti için (RDE1)  $\% 1458 \pm 63$ 'e, İmerys diatomiti (RDE2) için ise  $\% 1932 \pm 23$ 'e gerilemiştir. Buna göre diatomit tipinden bağımsız olarak diatomit ilâvesi keten yağı emicilik değerlerini düşürmüştür.

Saf PP'nin pas önleyici yağ emiciliği  $\% 1184 \pm 105$  çıkarken, PP'ye diatomit ilâve edildiğinde bu değerler  $\% 1318 \pm 62$  (RDE1) ve  $\% 1429 \pm 84$ 'e (RDE2) yükselmiştir. Bir başka deyişle diatomit ilâvesi dokusuz yüzeylerin pas önleyici yağ emiciliğini  $\% 134$  (RDE1) ve  $\% 245$  (RDE2) oranında iyileştirmiştir.

Saf PP dokusuz yüzeyin hidrolik yağ emicilik değeri  $\% 2566 \pm 167$  olarak tespit edilmiştir. PP'ye diatomit ilâvesi dokusuz yüzeylerin hidrolik yağ emicilik değerlerinin düşük çıkmasına RDE1:  $\% 1832 \pm 98$ , RDE2:  $\% 2157 \pm 57$ ) neden olmuştur.

Saf PP,  $\% 2921 \pm 86$  dizel yağı emiciliği gösterirken bu değer RDE1 ilâve edildiğinde  $\% 1820 \pm 22$ 'ye, RDE2 eklendiğinde ise  $\% 2189 \pm 74$ 'e gerilemiştir.



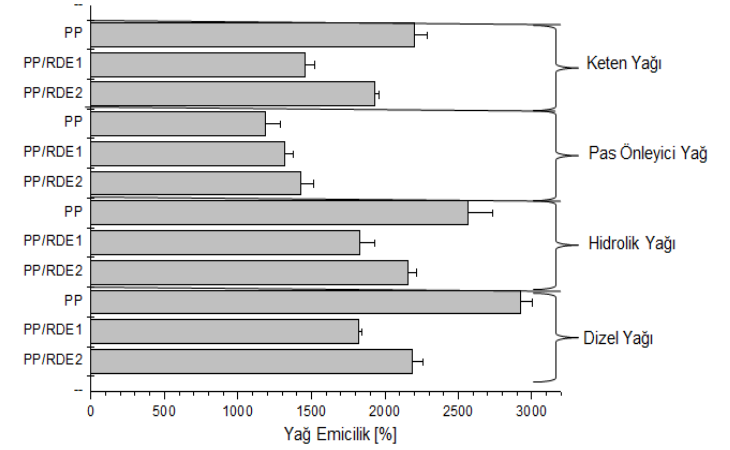
Yağ emicilik değerleri yakından incelendiğinde, diatomit içeren dokusuz yüzeylerin pas önleyici yağ emicilik değerleri artarken keten, hidrolik ve dizel yağ emicilik değerlerinin azaldığı gözlenmiştir. Bir diğer husus; İmerys diatomitini içeren dokusuz yüzeylerin yağ emiciliğinin Aydın diatomitini içerenlere nazaran biraz daha iyi çıkmış olmasıdır. İmerys diatomitinin saflığının ve yağ emiciliğinin Aydın diatomitine göre daha yüksek olduğu ve diatomitin genelde lif yüzeyinde biriktiği göz önünde bulundurulduğunda İmerys diatomitini içeren yüzeylerin yağ emiciliğinin Aydın diatomiti içeren yüzeylere göre daha yüksek çıkması makuldür.

Saf PP ve diatomit içeren dokusuz yüzeyler arasındaki yağ emicilik farkının keten yağı < hidrolik yağ < dizel yağı şeklinde olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, kullanılan yağların viskoziteleri ile açıklanabilmektedir. Testlerde kullanılan yağın kinematik viskozitesi düşük olduğunda (pas önleyici yağ: 3 cSt (40°C)) diatomit ilâvesi dokusuz yüzeyin yağ emiciliğini iyileştirmiştir. Kullanılan yağın kinematik viskozitesi yüksek olduğunda ise (keten yağı: 35 cSt (40°C), hidrolik yağ: 68 cSt (40°C), dizel yağı: 115 cSt (40°C)) diatomit içeren numunelerin yağ emicilik değerleri gerilemiştir. Ayrıca yağın kinematik viskozitesi arttıkça saf PP ile PP/diatomit dokusuz yüzeylerin yağ emicilik değerleri arasındaki farkın gittikçe arttığı tespit edilmiştir. Burada belirtilmesi gereken bir başka husus; saf PP'nin yağ emicilik değerinin de kullanılan yağın viskozitesine göre çok farklı çıkmış olmasıdır. Kinematik viskozite değeri pas önleyici yağ < keten yağı < hidrolik yağ < dizel yağı şeklinde artarken saf PP'nin yağ emicilik değeri de aynı sırayla (% 1184 ± 105 < % 2200 ± 88 < % 2566 ± 167 < % 2921 ± 86) artış göstermiştir. Buna göre saf PP'nin yüksek viskoziteli yağları daha fazla absorpladığı ortaya çıkmaktadır.

Diatomit içeren dokusuz yüzeylerde yağ emicilik değerleri kullanılan yağın viskozitesine göre çok farklı çıkmıştır. Düşük viskoziteli yağ kullanıldığında diatomit içeren dokusuz yüzeylerin daha yüksek yağ emicilik göstermesi, diatomitlerin gözenekleriyle alakalı olabilir. Daha önceden belirtildiği üzere diatomit parçacıkları dokusuz yüzeyi oluşturan liflerin dış yüzeyinde birikmektedir. Morfoloji analizine göre diatomit, dokusuz yüzey üretimi esnasında parçalanarak gözenekli yapısını kaybetmiştir. Burada dikkat edilmesi gereken husus; SEM analizinde sadece mikro gözeneklere ilişkin hüküm verilmesini sağlamasıdır. Ancak bilindiği üzere diatomitler mikronaltı mertebede de gözeneklere sahiptir ve diatomit parçacıklarının dokusuz yüzey içerisinde bu mikronaltı gözenek yapısını koruduğu düşünülmektedir. İlâveten, diatomit içeren dokusuz yüzeylerin daha yüksek yağ emicilik değerlerinde bu mikronaltı gözenek yapısının katkısı olduğu düşünülmektedir. Diatomit içeren dokusuz yüzeylerin yağ emiciliğinin diatomitlerin tek başına olan yağ emiciliğinden çok daha yüksek çıkması (pas önleyici yağ: % 76 ± 4 (RDE1), % 105 ± 4 (RDE2)), diatomit ve polipropilenin dokusuz yüzey formunda düşük viskoziteli yağlarda sinerjetik bir etki göstermesiyle açıklanabilir.

Yüksek viskoziteli yağ kullanıldığında diatomit içeren numunelerdeki yağ emiciliğin düşük çıkması iki şekilde açıklanabilmektedir. Bunlardan biri, yağın dokusuz yüzeyi oluşturan liflerin dış yüzeyinde biriken diatomitin gözeneklerine giremeyecek kadar

viskoz olmasıdır. Diğerleri ise diatomit içeren numunelerin gözenek boyutu ve boşluk alan analizi sonuçlarına göre daha kalın ve bu nedenle daha düşük bir yüzey alanına sahip olmasıdır. Yüzey alanı düşük olan malzemelerin yağ emiciliği viskoz yağ kullanıldığında düşük olmaktadır. Bu iki sebepten ötürü diatomit içeren numunelerin yüksek viskoziteli yağ kullanıldığında yağ emiciliği düşük çıkmıştır.



**Şekil 5.** Polipropilen ve polipropilen/diatomit (98/2 w/w) dokusuz yüzeylerin yağ emicilik grafiği (PP: Polipropilen, RDE1: Aydın diatomiti, RDE2: İmerys diatomiti)

#### 4. SONUÇLAR

Ham diatomitlere uygulanan analizler neticesinde Aydın diatomitinin amorf, İmerys diatomitinin ise kristalin silika içerdiği tespit edilmiştir. İmerys diatomitinin kristalin formda olması, yüksek sıcaklıkta flaks kalsinasyon işleminden kaynaklanmaktadır.

Polipropilen içerisine %2 diatomit eklenmesi, proses edilebilirliği ve termal özellikleri etkilememiştir. Diatomit miktarı %2'den fazla olduğunda eriyik üfleme makinesinde yüksek tork değerleri görülmüş ve rijit yapılar elde edilmiştir. Diatomit ilâvesi, liflerin kalınlılaşmasına ve dokusuz yüzeylerin daha boşluklu olmasına neden olmuştur. Diatomit içeren yapılar daha hidrofobik çıkmıştır.

Diatomitin polipropilen ile olan uyumsuzluğundan dolayı lif yüzeyinde birikmiş olması, düşük viskoziteli yağlarda yağ emicilik açısından iyileşme, yüksek viskoziteli yağlarda ise kötüleşme olarak kendini göstermiştir.

Literatürde endüstriyel uygulamalar için mutlaka flaks kalsine diatomit kullanılması gerektiği belirtilmesine rağmen dokusuz yüzey üretmek için flaks kalsinasyon gibi pahalı bir işleme gerek yoktur. Bu sayede ucuz diatomit kullanılarak düşük viskoziteli yağlar için yağ emiciliği yüksek ürünler üretilebilecektir.

#### TEŞEKKÜR

*Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 113M512 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir. Yazar, söz konusu destekten dolayı TÜBİTAK'a teşekkürü bir borç bilir.*

## KAYNAKLAR

1. Wang J., Zheng Y., Wang A., (2012), Superhydrophobic Kapok Fiber Oil-Absorbent: Preparation and High Oil Absorbency. *Chemical Engineering Journal*, 213, 1-7.
2. Abdullah M.A., Rahmah A.U., Man Z., (2010), Physicochemical and Sorption Characteristics of Malaysian Ceiba Pentandra (L.) Gaertn. As a Natural Oil Sorbent, *Journal of Hazardous Materials*, 177, 683-691.
3. Wang J., Zheng Y., Wang A., (2012), Effect of Kapok Fiber Treated with Various Solvents on Oil Absorbency, *Industrial Crops and Products*, 40, 178-184.
4. Round F.E., Crawford R.M., Mann D.G., (1990), *The Diatoms: Biology and Morphology of the Genera*. Cambridge University Press Publications, United Kingdom, ISBN: 0 521 36318 7.
5. <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/diatomite/diato-myb03.pdf>.
6. Deniz V., (2011), Comparison with Some Porous Materials and the Effects of Powder Filling on Breakage Parameters of Diatomite in Dry Ball Milling, *Particulate Science and Technology: An International Journal*, 29, 5, 428-440
7. Maier M., (2001) *Amorphous Silica in Working Environments A Toxicological Overview*, (Degussa), Mulhouse, France.
8. Zhu Q., Tao F., Pan Q.M., (2010), Fast and Selective Removal of Oils from Water Surface via Highly Hydrophobic Core-shell Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>@C Nanoparticles under Magnetic Field, *ACS Applied Materials and Interfaces*, 2, 3141-3146.
9. Choi S.J., Kwon T.H., Im H., Moon D.I., Baek D.J., Seol M.L., Duarte J.P., Choi Y.K.A., (2011), Polydimethylsiloxane (PDMS) Sponge for the Selective Absorption of Oil from Water, *ACS Applied Materials and Interfaces*, 3, 4552-4556.
10. Deng D., Prendergast D.P., Macfarlane J., Bagatin R., Stellacci F., Gschwend P.M., (2013), Hydrophobic Meshes for Oil Spill Recovery Devices, *ACS Applied Materials and Interfaces*, 5, 774-781.
11. Korhonen J.T., Kettunen M., Ras R.H.A., Ikkala O., (2011), Hydrophobic Nanocellulose Aerogels as Floating, Sustainable, Reusable, and Recyclable Oil Absorbents, *ACS Applied Materials and Interfaces*, 3, 1813-1816.
12. Gurav J.L., Rao A.V., Nadargi D.Y., Park H.H., (2010), Ambient Pressure Dried TEOS-based Silica Aerogels: Good Absorbents of Organic Liquids, *Journal of Material Science*, 45, 503-510.
13. Hrubesh L.W., Coronado P.R., Satcher J.H., (2001), Solvent Removal from Water with Hydrophobic Aerogels, *Journal of Non-Crystalline Solids*, 1-3, 328-332.
14. Reynolds J.G., Coronado P.R., Hrubesh L.W., (2001), Hydrophobic Aerogels for Oil-spill Clean up – Intrinsic Absorbing Properties, *Energy Sources*, 23, 831-843.
15. Falk R.A ve Mueller K.F., (1981), Perfluoroalkylthioethyl Ether Derivatives, US Patent 4266080 (1981).
16. Kavale M.S., Mahadik D.B., Parale V.G., Rao A.V., Wagh P.B., Gupta S.C., (2012), Methyltrimethoxysilane Based Flexible Silica Aerogels for Oil Absorption Applications, *AIP Conference Proceedings*, 1447, 1283-1284.
17. Sheen Y.C., Huang Y.C., Liao C.S., Chou H.Y., Chang F.C., (2008), New Approach to Fabricate an Extremely Super-amphiphobic Surface Based on Fluorinated Silica Nanoparticles, *Journal of Polymer Science: Part B Polymer Physics*, 46, 1984-1990.
18. Akhavan B., Jarvis K., Majewski P., (2013), Hydrophobic Plasma Polymer Coated Silica Particles for Petroleum Hydrocarbon Removal, *ACS Applied Materials and Interfaces*, 5, 8563-8571.
19. Oliveira N.M., Reis R.L., Mano J.F., (2013), Superhydrophobic Surfaces Engineered Using Diatomaceous Earth, *ACS Applied Materials and Interfaces*, 5, 4202-4208.
20. Simpson J.T, D'Urso B.R., (2010), Superhydrophobic Diatomaceous Earth US Patent 2010/0021745 A1.
21. Venema P.C., Barbeei B.W., Larsonwo J.M., (2013), Multifunctional Superhydrophobic Diatomaceous Earth for Chemical Adhesion and Color Change, WO Patent 2013/071212 A1.
22. Chen J., Liu X., Li H., (2007), Improvement in Processability of Metallocene Polyethylene by Ultrasound and Binary Processing Aid, *Journal of Applied Polymer Science*, 103, 3, 1927-1935.
23. Hashimoto T. ve Mizuhata M., (2012), Discrimination of Transparent Polyethylene Films Based on Identification of Inorganic Antiblocking Agents, *Journal of Forensic Science*, 57, 3, 744-749.
24. Hu S.-F., Zhu X.-B., Hu W., Yan L., Cai C., (2012), "Crystallization Behaviors and Foaming Properties of Diatomite-filled Polypropylene Composites, *Polymer Bulletin*, 70, 2, 517-533.
25. Liang J.Z., (2008), Effects of Extrusion Conditions on Die-Swell Behavior of Polypropylene/Diatomite Composite Melts, *Polymer Testing*, 27, 8, 936-940.
26. Liang J.Z., (2009), Impact Fracture Toughness and Morphology of Diatomite-Filled Polypropylene Composites, *Polymer Engineering & Science*, 49, 8, 1603-1607.
27. Liang J.Z., (2010), Effects of Diatomite on Extrudate Swell Behavior of Polypropylene Composite Melts", *Journal of Applied Polymer Science*, 118, 1, 385-389.
28. Liang J.Z., (2011), Quantitative Description of Interfacial Strength in Polypropylene/Inorganic Particle Composites, *Polymer Composites*, 32, 5, 821-828.
29. Liu X. ve Li H., (2004), Effect of Diatomite/Polyethylene Glycol Binary Processing Aids on the Rheology of a Metallocene Linear Low-Density Polyethylene, *Journal of Applied Polymer Science*, 93, 4, 1546-1552.
30. Liu X. ve Li H., (2005), Effect of Diatomite/Polyethylene Glycol Binary Processing Aid on the Melt Fracture and the Rheology of Polyethylenes, *Polymer Engineering & Science*, 45, 7, 898-903.
31. Liu X., Xie M., Li H., (2005), Effect of Inorganic Fillers in Binary Processing Aids on the Rheology of a Metallocene Linear Low Density Polyethylene, *Journal of Applied Polymer Science*, 96, 5, 1824-1829.
32. Liu X., Chen J., Li H., (2006), Phase Morphology and Rheological Properties of Metallocene-Catalyzed Linear Low-Density Polyethylene with a Small Amount of Diatomite/Oligomer Hybrids, *Journal of Polymer Science: Part B Polymer Physics*, 44, 9, 1287-1295.
33. Xie M., Liu X., Li H., (2006), Influence of Poly(ethylene glycol)-Containing Additives on Extrusion of Ultrahigh Molecular Weight Polyethylene / Polypropylene Blend, *Journal of Applied Polymer Science*, 100, 2, 1282-1288.
34. Xie M. ve Li H., (2008), Mechanical Properties of an Ultrahigh-Molecular-Weight Polyethylene/Polypropylene Blend Containing Poly(ethylene glycol) Additives, *Journal of Applied Polymer Science*, 108, 5, 3148-3153.

35. Xie M., Chen J., Li H., (2009), Morphology and Mechanical Properties of Injection-Molded Ultrahigh Molecular Weight Polyethylene/Polypropylene Blends and Comparison with Compression Molding, *Journal of Applied Polymer Science*, 111, 2, 890-898.
36. Yang R., Yu J., Liu Y., Wang K., (2005), Effects of Inorganic Fillers on the Natural Photo-Oxidation of High-Density Polyethylene, *Polymer Degredation and Stability*, 88, 2, 333-340.
37. Yang R., Liu Y., Yu J., Zhang D., (2008), Spatial Heterogeneity of Photo-Oxidation and Its Relation With Crack Propagation in Polyethylene Composites, *Polymer Engineering & Science*, 48, 11, 2270-2276.
38. Özen İ., Okyay G., Şimşek S., Duran D., (2017), Oil Absorbency of Diatomite Embedded Polypropylene Meltblown Composite Structures, *Journal of Industrial Textiles*, 46, 7, 1552-1578.
39. Garanti Beziryağı San ve Tic A.Ş., (2014), Refined Linseed Oil Technical Datasheet, Istanbul, Turkey.
40. ASTM D1238, Standard Test Method for Melt Flow Rates of Thermoplastics by Extrusion Plastometer (ASTM, 2011).
41. Varga J., (1995), Polypropylene Structure, Blends and Composites, Edited by J. Karger-Kocsis, Chapman and Hall, London, ISBN: 0 412 58430 1.
42. ASTM F316-03, Standard Test Methods for Pore Size Characteristics of Membrane Filters by Bubble Point and Mean Flow Pore Test (ASTM, 2011).
43. Obara K, Makino H., (2010), Loop Heat Pipe Type Heat Transfer Device, US Patent US 2010/0186931 A1.
44. Santulli C., Gil R.G., Long A.C., Clifford M.J., (2002), Void Content Measurements in Commingled E-Glass/ Polypropylene Composites Using Image Analysis from Optical Micrographs, *Science and Engineering of Composite Materials*, 10, 2, 77-90.
45. ASTM D1483-12, Standard Test Method for Oil Absorption of Pigments by Gardner-Coleman Method (ASTM, 2012)
46. Calacal E.L. ve Whitemore O.J., (1987), The Sintering of Diatomite, *American Ceramic Society Bulletin*, 66 790-793.
47. Yusan S., Gök C., Erentürk S., Aytaş Ş., (2012), Adsorptive Removal of Thorium (IV) Using Calcined and Flux Calcined Diatomite from Turkey: Evaluation of Equilibrium, Kinetic and Thermodynamic Data, *Applied Clay Science*, 67-68, 106-116.
48. Zhuravlev L.T., (2000), The Surface Chemistry of Amorphous Silica. Zhuravlev Model, *Colloids Surfaces, A* 173, 1-38.
49. Fowler E.C., Buchber C., Lebeau B., Patarin J., Delacote C., Walcarius A., (2007), An Aqueous Route to Organically Functionalized Silica Diatom Skeletons, *Applied Surface Science*, 253, 5485-5493.
50. Lifshutz N., (2005), On the "Mean Flow" Pore Size Distribution of Microfiber and Nanofiber Webs, *International Nonwovens Journal*, 1, 18-24.
51. Yuan W., (2014), Effect of Fiber Diameter and Web Porosity on Breathability of Nanofiber Mats at Various Test Conditions, MSc. Thesis, The University of Texas at Austin, USA.