

%40 Cam Elyaf Katkılı Polifenilensülfid (PPS-CE) Malzemesine PA46 (Poliamid 46), MoS₂ ve Al₂O₃ Katılmasıyla Elde Edilen Polimer Kompozitin Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi

^{*1}Ferhat YILDIRIM, ¹S. Hakan YETGİN, ²Mustafa AYDIN, ³Fatih ÇALIŞKAN

¹Dumlupınar Üniversitesi, Simav Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, Türkiye

²Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Türkiye

^{*3} Sakarya Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Türkiye

Özet

Bu deneysel çalışmada, ağırlıkça % 40 cam elyaf (CE) dolgulu Polifenilensülfid (PPS-CE), Poliamid 46 (PA46), MoS₂ (Molibden Disülfid) ve Al₂O₃ (Alüminyum Oksit) tozları takviye edilmiş Polifenilensülfid (PPS-CE) polimer kompozitinin mekanik özellikleri incelenmiştir. Kullanılan deneysel malzemeler PPS-CE, PPS-CE+ hac.%10 PA46, PPS-CE+ hac.%20 PA46, PPS-CE+ hac.%50 PA46, PPS-CE+ hac.%80 PA46, PPS-CE+ hac.%90 PA46, PA46, PPS-CE+ağırlıkça %1 MoS₂ ve PPS-CE+ağırlıkça %1 Al₂O₃'tür. İkiz vidalı ekstruderde karışım olarak üretilmiş ham malzeme mekanik testlerde kullanılacak numune olarak enjeksiyon makinesinde gerekli test standartlarına göre üretilmişlerdir. Tüm numunelerin hazırlanmasından sonra malzemelerin yoğunlukları ölçülmüş daha sonra çekme testi, eğme testi ve sertlik ölçümleri yapılmıştır. Çekme testinden sonra deformasyonun kompozit malzeme içyapısındaki etkilerinin analizi için numunelerin kırık yüzeylerinin SEM görüntüleri alınmıştır. Bulunan deneysel sonuçlara göre PPS-CE polimer kompozit malzemenin çekme dayanımı ve elastiklik modülü PA46 polimeri, MoS₂ ve Al₂O₃ tozlarının eklenmesiyle azalmıştır. Alınan kırık yüzey SEM görüntülerinden anlaşılmıştır ki cam elyafların polimer iç yüzeyine yapışarak ana yapıyı güçlendiren tutunma özellikleri PA46 polimeri, MoS₂ ve Al₂O₃ tozlarının ilavesiyle azalmıştır. Malzemelerin sertlik ve yoğunlukları karıştırılan malzeme oranlarınca ana malzemelerin sertlik ve yoğunluk değerleriyle uyumlu bir dağılım göstermiştir. Diğer taraftan eğilme testi sonuçlarına göre PA46 malzemesi açısından eğilme dayanımı, hacimce %10-20-50 oranlarında PPS-CE malzemesi katılması ile artmıştır.

Anahtar Kelimeler: PPS-CE, Polimer Kompozit, Mekanik Özellikler.

Abstract

In this experimental research, the mechanical performance of, 40% wt glass fiber (GF) filled Polyphenylene sulfide (PPS-GF), Polyamide 46 (PA46), MoS₂ and Al₂O₃ powder reinforced Polyphenylene sulfide (PPS-GF) polymer composites were studied. The examined materials were; PPS-GF, PPS-GF+%10 vol. PA46, PPS-GF+%20 vol. PA46, PPS-GF+%50 vol. PA46, PPS-GF+%80 vol. PA46, PPS-GF+%90 vol. PA46, PA46, PPS-GF+1% wt MoS₂ and PPS-GF+1% wt Al₂O₃. PPS-GF polymer composites were fabricated on twin screw extruder and the specimens according to the mechanical tests standards were fabricated using injection molding machine. After the test specimen obtained the densities were measured and the tensile test, bending test and hardness test were performed. After the tensile test, the cracked surfaces SEM images obtained for determining of the deformation effect on the microstructure of the composite materials. According to the obtained experimental results the tensile strength and elasticity modulus of the PPS-GF polymer composites was decreased with the addition of PA46 polymer, MoS₂ and Al₂O₃ powders. It is understood that reduced adhesion properties, which reinforces the main material, of the glass fibers on polymer interior

*Ferhat YILDIRIM: Address: Faculty of Technical Education, Department of Machine Education, Dumlupınar University, 43500, Simav, Kütahya, TURKEY. E-mail address: ferhat.yildirim@dpu.edu.tr, Phone: +902745137917 Fax: +902745137914

surfaces with the addition of PA46 polymer, MoS₂ and Al₂O₃ powders according to the deformed surface SEM images. The hardness and the densities have changed uniformly according to the mixed material densities and hardness's. On the other hand the bending test showed that the bending strength was increased for the PA46 polymer material with the addition of PPS-GF on 10-20-50 % volumetric rates.

Keywords: PPS-GF, Polymer Composites, Mechanical Properties.

1. Giriş

Polimer malzemeler endüstride yaygın olarak kullanılan mühendislik malzemeleridir. Yapılarına eklenen özellik geliştirici katkıları sayesinde kompozit forma dönüştürülen bu malzemelerin tercih edilme oranları giderek artmaktadır. Polifenilen sülfid (PPS) ise polimer malzemeler arasında mükemmel fiziksel özellikleri, yüksek ısı, elektrik ve kimyasal dayanımı ile üretim kolaylığı gibi özellikleri açısından ön plana çıkan yarı kristal yapıda bir polimer malzemedir [1-4]. Sürekli çalışma sıcaklığı 220 °C'leri bulabilen PPS polimeri endüstride elyaf takviyeli yapıda bulunabilmektedir. PA46 ise tıpkı PPS gibi 200 °C'leri aşan yüksek çalışma sıcaklığına sahip yüksek ısı dayanım, mekanik özelliklere sahip amid türü bir polimerdir.

Masamoto ve Kudo kimyasal olarak birleştirdikleri MDI elastomeri ve PPS polimerinin darbe dayanımının oldukça arttığını tespit etmişlerdir [3]. Haribabu ve arkadaşları % 40 cam elyaf katkılı PPS polimerine değişik oranlarda CaCO₃ tozu katmışlar, artan CaCO₃'ün dolgu özelliği ile çekme deneylerine göre maksimum çekme dayanımını, elastikiyet modülünü arttırdığını ve yine darbe testleri ile darbe dayanımı geliştirdiklerini ifade etmişlerdir [4]. Stoeffler ve arkadaşları, geri dönüştürülmüş karbon elyafları kırarak PPS polimerine ikiz vidalı ekstruder ve enjeksiyon üretim yöntemleri ile katmışlar, ürettikleri malzemenin termal ve mekanik özelliklerini incelemişlerdir. Buna göre, kullandıkları geri kazanılmış karbon elyafların PPS polimerinin özelliklerine ilk defa kullanılan karbon elyaf kadar olumlu etki ettiğini tespit etmişlerdir [5]. Zhaobin ve arkadaşları karbon elyaf takviyeli PA66 polimerini PPS ile birleştirerek yeni bir kompozit yapı elde etmiş, yaptığı mekanik testler ile özellikle karbon elyafların tümleşik polimer yapının mekanik özellikleri arttırdığını ifade etmişlerdir [6]. Avcu ve arkadaşlarının cam elyaf takviyeli PPS polimerinde katı partikül erozyon davranışını inceledikleri çalışmalarında cam elyaf takviyeli PPS malzemenin yarı sünek aşınma özellikleri gösterdiğini tespit etmişlerdir [7]. Rath ve arkadaşları değişik oranlarda termo tropik sıvı kristal polimer (LCPA-950) ve maleik anhidrit-PP kattıkları PPS polimerinin termal, reolojik ve mekanik özelliklerini incelemişler, özellikle mekanik özelliklerde iyileşme gözlemlemişlerdir [8]. Chen ve arkadaşları, PPS ve PA66 polimerlerinin karıştırılarak elde edilen polimer kompozit üzerinde yürüttükleri mekanik ve tribolojik incelemelerde iki fazlı yapıya yeni ürünün çekme dayanımı, eğilme ve darbe dayanımları gibi mekanik özelliklerin ciddi oranda iyileştiğini ifade etmişlerdir [9]. Yang ve arkadaşları PPS polimerine nano SiO₂ tozu ve kil katarak elde ettikleri polimer kompozitin morfolojik ve mekanik özelliklerini incelemişlerdir. Tamamladıkları çalışmalarına göre Yang ve arkadaşları SiO₂ katkılı PPS'in çekme dayanımı ve young modülünü iyileştirirken kil katkısı yaptıkları numunelerde bu iyileşmenin daha yüksek oranlarda olduğunu vurgulamışlardır [10]. Tang ve arkadaşları stiren-b-etilen, bütlen-b-stiren triblok kopolimeri (SEBS) ile maleik anhidriti PA66 ve PPS polimerlerine kattıkları çalışmalarında mekanik

özelliklerin fazlasıyla iyileştiğini ifade etmişlerdir [11]. Yürütülen bu çalışma kapsamında içerisinde % 40 oranında cam elyaf bulunan PPS polimerine değişik oranlarda PA46 polimeri ile nano MoS₂ ve Al₂O₃ tozları katılarak elde edilen polimer kompozitin mekanik özelliklerindeki değişimler deneysel olarak incelenmiştir.

2. Materyal ve Metod

2.1. Deney Numunelerinin Üretimi

Çalışmada, Kolon Plastics Inc. Kore firmasından temin edilmiş S25G40 kodlu % 40 oranında cam elyaf takviyeli PPS polimer malzeme, Royal DSM Hollanda firmasından temin edilmiş Stanyl® TW341 kodlu PA46 polimeri, Sigma Aldrich firmasından temin edilmiş 2 µm'den küçük çapta ve % 99 saflıkta MoS₂ ve Al₂O₃ tozları kullanılmıştır. İlk karışımları mekanik mikserde yapılan karışımlar asıl kompozit yapıya AYSA Lab-30 model L/D oranı 32 olan ikiz vidalı ekstruderde dönüştürülmüştür. Ekstruder parametreleri olarak besleme bölgesinden uç kalıba kadar; 280, 285, 290, 295, 300 ve 300°C sıcaklıklar ve 72 dev./dk. karıştırma hızı seçilmiştir. Kırıcıda tekrar granül hale getirilen kompozit karışımlar, L/D oranı 24 olan Yonca Makine marka, 1250 gr kapasiteli enjeksiyon makinesinde, 300 °C ergiyik sıcaklığı, 70 bar enjeksiyon basıncı, 80 mm/dak enjeksiyon hızı ve 60 bar ütüleme basıncı kullanılarak uygun standartlara göre hazırlanmış kalıpta deney numunesi olarak üretilmişlerdir. Üretimlerin yapıldığı ekstrüzyon makinesi, enjeksiyon makinesi, kalıp ve üretilmiş numuneler Şekil-1'de verilmiştir. Kullanılan malzemelerden PPS ve PA46 polimerlerinin bazı mekanik özellikleri aşağıda Tablo 1'de ve üretilen polimer kompozit malzemeye ait karışım oranları aşağıda Tablo 2' de sunulmuştur.

Tablo 1. PPS ve PA46 polimerlerinin mekanik özellikleri.

Özellik	Çekme Dayanımı Kgf/cm ²	Elastiklik Modülü MPa	Darbe Dayanımı kJ/m ²	Erime Noktası °C	Yoğunluk g/cm ³	Camsı Geçiş Sıcaklığı °C
PPS	152	14710	8.5	285	1.65	90
PA46	89	3300	8.0	295	1.17	78

Tablo 2. Üretilen malzeme karışım oranları.

Ana Malzeme	Takviye Malzemesi	Numune Kodu
PPS+Cam Elyaf	--	PPS-100
PPS+Cam Elyaf	Hacimce % 10 PA46	PPS-90
PPS+Cam Elyaf	Hacimce % 20 PA46	PPS-80
PPS+Cam Elyaf	Hacimce % 50 PA46	PPS-50
PPS+Cam Elyaf	Hacimce % 80 PA46	PPS-20
PPS+Cam Elyaf	Hacimce % 90 PA46	PPS-10
PPS+Cam Elyaf	Hacimce % 100 PA46	PPS-0
PPS+Cam Elyaf	Ağırlıkça %1 MoS ₂	PPS-M-1
PPS+Cam Elyaf	Ağırlıkça %1 Al ₂ O ₃	PPS-A-1



Şekil 1. a) Ekstrüzyon makinesi, b) Enjeksiyon makinesi, c) Numuneler ve üretildikleri kalıp.

2.1. Deneysel Çalışmalar

Elde edilen kompozit malzemenin ilk olarak ASTM D-792 standardına göre yoğunluk değerleri tespit edilmiş ardından üretilen deney numuneleri üzerinden ASTM D 2240-ISO 868 standardına göre yapılan ölçümlerle malzemelerin Shore-D sertlik değeri bulunmuştur. Mekanik özelliklerin belirlenmesi için ASTM D638-ISO 527/2 standardına göre çekme deneyi uygulanan numunelere daha sonra ASTM D 790-ISO 178 standardına göre 3 nokta eğme deneyi uygulanmıştır. Malzemelerin mekanik özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan 100 kN'luk ZwickRoell Z-100 marka model çekme deneyi makinesi ve 50 kN'luk Shimadzu marka eğme deney makinesi aşağıda Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. a) Çekme deney makinesi, b) Eğme deney makinesi.

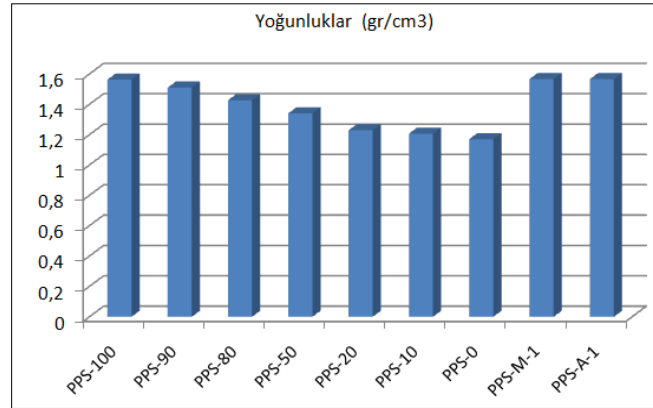
3. Sonuçlar

3.1. Yoğunluk ve sertlik ölçümü sonuçları

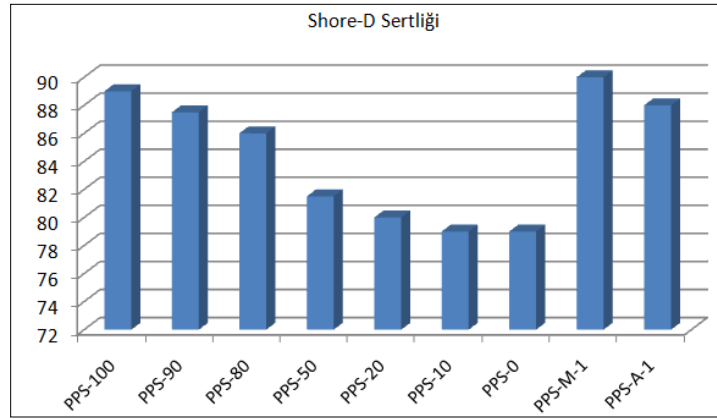
Farklı yoğunluk değerlerine sahip polimer malzemelerin belirli oranlarda karıştırılmasıyla elde edilen kompozit malzemelere yapılan yoğunluk ölçümlerini sonuçları aşağıda Tablo 3'te verilmiştir. Buna göre polimer-polimer kompozit malzemelerde ölçülen yoğunluk değerlerinin karışım oranları ile orantılı biçimde değiştiği tespit edilmiştir. Nano toz katkılı kompozitlerde ise saf polimerin yoğunluk değerine oranla nano tozların yüksek yoğunluklarından dolayı çok küçük oranlarda artış tespit edilmiştir. Kompozit malzemenin yoğunluklarındaki değişimler Şekil 3'te grafik olarak sunulmuştur.

Tablo 3. Kompozit malzemenin karışım oranlarına göre kazandığı yeni yoğunluk değerleri.

Malzemeler	Yoğunluk (gr/cm ³)	Shore-D Sertliği
PPS-100	1,563276	89
PPS-90	1,510904	87,5
PPS-80	1,427864	86
PPS-50	1,341249	81,5
PPS-20	1,229859	80
PPS-10	1,206935	79
PPS-0	1,171188	79
PPS-M-1	1,567214	90
PPS-A-1	1,566472	88

**Şekil 3.** Kompozit malzemenin yoğunluk değişimlerinin grafik olarak gösterimi.

Polimer+polimer ve polimer+nano toz kompozit karışımlarının mekanik özelliklerinden biri olan sertliğinin tespiti için yapılan ölçümlerden elde edilen bulgular yukarıda Tablo 3'te ve sonuçların grafiksel dökümü Şekil 4'te verilmiştir. Bulunan sonuçlara göre PPS malzemesinin (89 Shore D) PA46 malzemesinden daha sert olduğu (79 Shore D) ve ikisinin birleşimi ile oluşan kompozit malzemenin sertliğinin karışım oranlarınca doğru orantılı olarak değiştiği (PPS'ten PA46'ya doğru gidildikçe azaldığı) görülmektedir. Yine aynı sonuçlara göre PPS malzemeye katılan partiküllerden MoS₂'nin PPS'in, sertlik değerini çok küçük oranda arttırdığı, Al₂O₃'ün ise sertliği çok küçük oranda azalttığı söylenebilir.



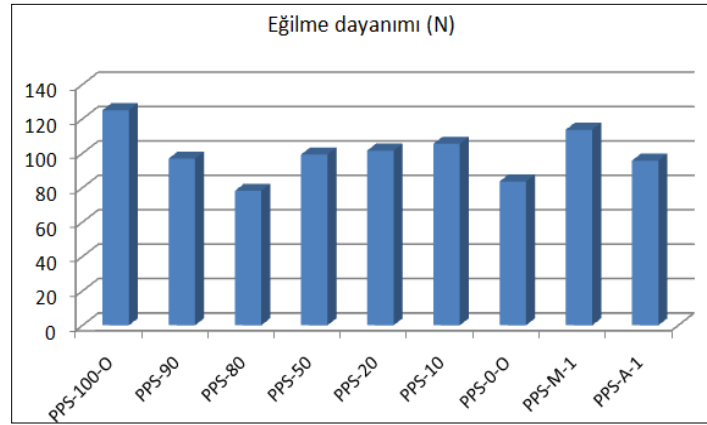
Şekil 4. Kompozit malzemenin sertlik değişimlerinin grafik olarak gösterimi.

3.2. Eğme deneyi sonuçları

Üretilen kompozit malzemenin mekanik özelliklerinin belirlenmesine yönelik yapılan bir diğer test 3 nokta eğme testi olup elde edilen eğilme dayanımı sonuçları aşağıda Tablo 4 'te, grafik dökümü ise Şekil 5'te verilmiştir.

Tablo 4. Malzemelere uygulanan eğme testi sonuçları.

Malzemeler	Eğilme dayanımı (N)
PPS-100	125,003
PPS-90	96,875
PPS-80	78,125
PPS-50	99,218
PPS-20	101,562
PPS-10	105,468
PPS-0	83,593
PPS-M-1	113,671
PPS-A-1	95,703



Şekil 5. Malzemelerin eğilme dayanımlarının grafik dökümü.

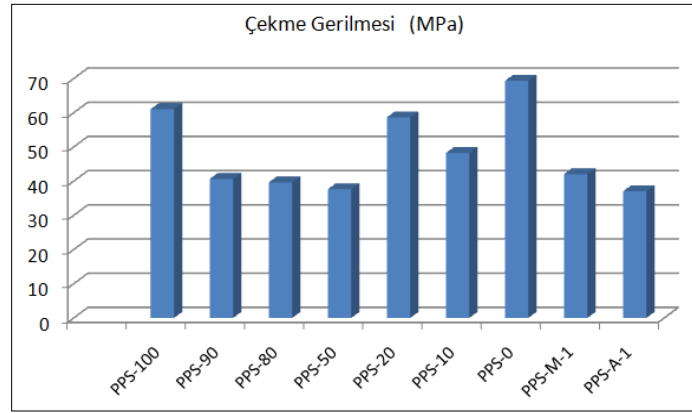
Eğme deneyleri sonuçlarına dikkat edilirse malzemenin iki farklı karakteristik sergilediği görülmektedir. Buna göre PPS'i referans alırsak hangi oranda olursa olsun katılan PA46 ve nano partiküller eğilme dayanımını düşürmüştür. Fakat PA46 malzemesi referans alınırsa, ham PA46 malzemesinin eğilme dayanımı 83.59 N iken katılan % 10 PPS ile eğilme dayanımı 105.468 N'a çıkmıştır. % 20 oranında PPS ilavesinde ise eğilme dayanımı 101.562 N ölçülmüştür ki ham malzeme eğilme mukavemetine göre net % 21.5 'lik artış elde edilmiştir. % 50 oranında PPS katılmış PA46 malzemesinin eğilme dayanımı % 18,69 artarak 99.218 N ölçülmüştür. PPS malzemesinin yüksek eğilme dayanımı, çok küçük oranlarda bile katıldığı PA46 malzemesinin eğilme dayanımını artırmıştır.

3.3. Çekme deneyi sonuçları

Malzemenin mekanik özelliklerinin belirlenmesi için uygulanan çekme deneyi ve ardından yapılan kırık yüzey SEM incelemesi ile malzeme hakkında en kapsamlı mekanik bilgi elde edilmiştir. Çekme deneylerinden elde edilen sonuçlar aşağıda Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Çekme deneylerinden elde edilen bulgular.

Numune Kodu	Çekme Gerilmesi (MPa)	Toplam Uzama (%)	Elastikiyet Modülü (GPa)
PPS-100	61	0,67	9,5
PPS-90	40,6	0,58	6,8
PPS-80	39,6	0,64	6,6
PPS-50	37,6	0,88	4,6
PPS-20	58,6	3,1	3,33
PPS-10	48,2	3,76	2,4
PPS-0	69,3	60,9	0,67
PPS-M-1	42	0,48	8,6
PPS-A-1	37	0,47	6,75

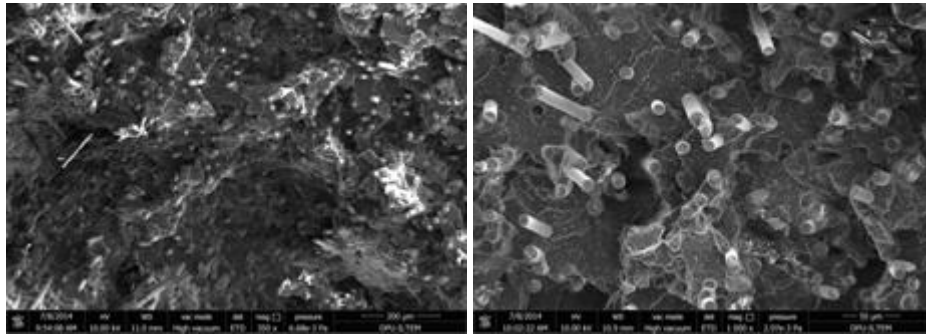


Şekil 6. Çekme deneyleri sonucu malzemeye göre maksimum gerilmenin değişimi.

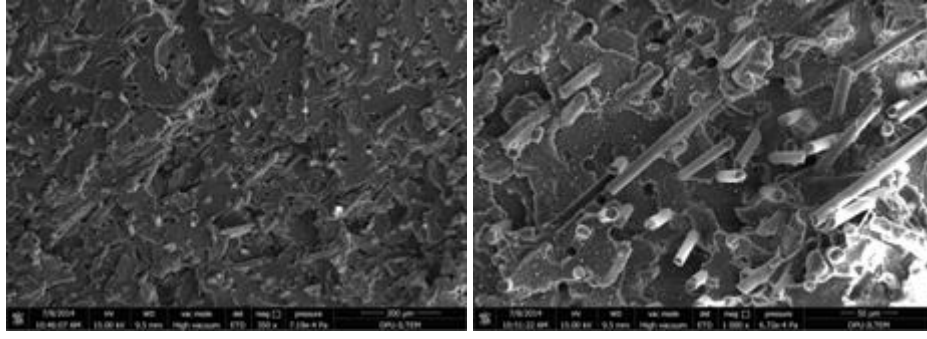
Çekme deneyleri sonucu malzemeye göre maksimum gerilmenin değişimi Şekil 6'da verilmiş olup buna göre PPS malzemeye katılan PA46 malzemesinin kompozitin çekme dayanımını düşürdüğü anlaşılmaktadır. Diğer taraftan da PPS malzemesine katılan PA46'nın kompozitin % uzama değerini arttırmıştır. Yeni kompozit form malzemenin elastiklik özelliklerini kısmen arttırırsa da mukavemet özelliklerinin % 30'ları bulan oranlarda düşmesi büyük bir olumsuzluk teşkil etmekte ve elastik iyileşmeyi gölgede bırakmaktadır. Genel olarak her iki malzemenin ham mukavemet ve % uzama değerleri arasında malzeme karışımlarına göre bir dağılım tespit edilse de, farklı oranlarda karıştırılan malzemelerin oluşan yeni malzemenin kimyasal yapısını olumsuz yönde etkilediği genel kanısı çıkarılmaktadır.

3.4. Kırık yüzeylerin SEM incelemesi

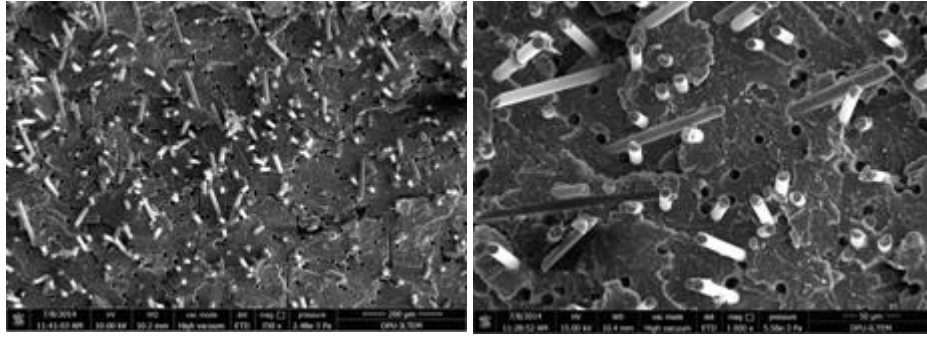
Kompozit malzemeye uygulanan çekme deneyi sonrası kırılma bölgelerinden alınan numuneler üzerinde yapılan SEM incelemesi ile yapı içinde dağılan farklı polimer dokularının birbiri ile olan bağlantısı ve özellikle yapı içinde PPS ile birlikte var olan cam fiberlerin durumu incelenmiştir.



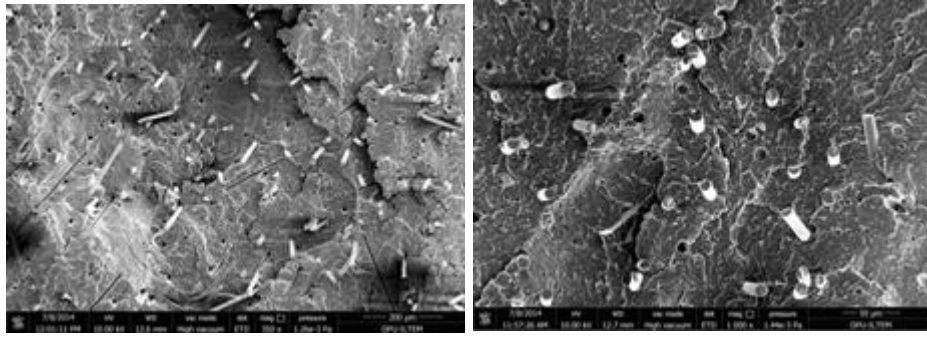
a) PPS-100 (Saf-PPS) solda 350X büyütme ve sağda 1000X büyütme.



b) PPS-80, solda 350X büyütme ve sağda 1000X büyütme.



c) PPS-50, solda 350X büyütme ve sağda 1000X büyütme.



d) PPS-20, solda 350X büyütme ve sağda 1000X büyütme.

Şekil 7. Üretilen kompozit malzemelerin kopma yüzeyi SEM görüntüleri; **a)** PPS-100 (Saf-PPS), **b)** PPS-80, **c)** PPS-50, **d)** PPS-20.

SEM görüntüleri incelenirken uzun çubuklar şeklinde görüntülenen cam fiberlerin artan PA46 ilavesi ile gövdeye tutunma gücünde düşüş yaşadıkları ve kopma deneyi esnasında artan yük ile polimer gövde içerisinde adeta sıyrılarak ayrıldıkları görülmektedir. Bu durum cam fiberlerin polimere tutunamayıp sıyrılırken yapı içerisinde bıraktıkları boşluklardan net bir şekilde anlaşılmaktadır (Şekil 7.b,c,d.). Saf PPS'e ait SEM görüntülerinde sıyrılma sonucu oluşan bu boşlukların sayısının çok daha az olduğu görülmektedir. Bu deliller ham malzeme ile kompozit malzeme arasındaki mukavemet farkını açıklamaktadır. Cam fiberlerin sıyrılma şeklinde değil,

artan kuvvet etkisiyle kendi gövdelerinden kırılarak ayrılmaları halinde malzemenin çekme dayanımının ölçülen değerlerden çok daha yüksek çıkabileceği anlaşılmaktadır. Görüntülerde cam fiberlerin polimer gövde içerisinde, çekme yönüne dik yönde (yatay) konumlandıkları fakat buna rağmen çekme deneyi esnasında gövdeden yatay olarak sıyrıldıkları görülmektedir. Bu bulgulara göre kompozit yapıda oluşan kimyasal bağ dokunun eklenen katkı maddeleri ile zayıfladığı kanısına varılmıştır.

4. Tartışma (Yorum)

Şu ana kadarki yapılan çalışmalarda elde edilen yeni kompozit malzemenin mekanik karakterizasyonu üzerine çalışılmış bulgular ışığında aşağıdaki sonuçlar çıkarılmıştır.

- Üretimi yapılan polimer+polimer ve polimer+nano toz kompozitlerin çekme deneyi sonuçları incelendiğinde malzemelerin yapılan tüm oransal karışımlarında orijinal malzemeye oranla çekme dayanımlarında azalma gözlemlenmiştir. Benzer azalma malzemelerin elastikiyet modüllerinde ve yüzde şekil değiştirme oranlarında da tespit edilmiştir.
- PA46 'ya % 50 oranlarına kadar yapılan PPS ilavesi ham PA46'nın eğilme dayanımının % 20 'leri aşan oranlarda artmasını sağlamıştır.
- Yoğunluk ölçümlerinde farklı yoğunluk değerlerine sahip iki polimer malzeme ve nano toz malzemeler birbirleriyle karışma oranlarına göre doğrusal orantılı yeni yoğunluk değerleri ölçülmüştür.
- Sertlik ölçümlerine göre ise yoğunluk ölçümleri ile benzer şekilde, malzeme karışım oranlarıyla doğru orantılı biçimde değişen sertlik değerleri ölçülmüştür.

SEM ile yapılan kırık yüzey SEM görüntülerinden yapı içerisinde var olan cam fiberlerin polimere tutunma gücü ile polimer-polimer arası bağ dokunun zayıflamasından dolayı dayanım özelliklerinin düştüğü kanısına varılmıştır. Bir başka deyişle, ana matrise eklenen takviye elamanlarının, polimerik eriyiklerin birbirleriyle ideal kimyasal baği oluşturmaya engel olduğu düşünülmektedir.

Yapılan çalışmalar göstermiştir ki polimer malzemelerin başka bir polimer ile birleşerek yeni ürünler elde edilmesi bazı kayıplar yaşansa da mümkündür. Kullanılacak malzemelerin birbirleriyle etkileşimi ve oluşturacakları yeni ürünün moleküler yapısı, bağ doku gelişimi ve üretim biçimleri yeni malzemenin özelliklerinde belirleyici unsurlar olacaktır. Bazı özellikleri iyileşen malzemelerin diğer bazı özelliklerindeki zayıflama sebeplerinin ortaya koyulup çözüm bulunması, gelecek nesil çalışmalar için çok cazip bir hedef noktası teşkil etmektedir.

Teşekkür

Bu çalışmanın gerçekleşmesindeki katkılarından dolayı Dumlupınar ve Sakarya Üniversitelerinin ilgili birimlerine teşekkür ederiz.

Referanslar

- [1] Hiroi R, Tanaka H. A New Nano filler to Improve the Friction and Wear Properties of PPS. Int. Conference on Science of Friction 2010.
- [2] Wu D, Wu L, Wang J, Sun Y, Zhang M. Effect of epoxy resin on the thermal behaviors and visco elastic properties of poly (Phenylene sulfide). Materials Chemistry and Physics 2011;128: 274–282.
- [3] Masamoto J, Kudo K. Elastomer toughened Polyphenylene Sulfide. Memoirs of Fukui University of Technology 2004;34:1.
- [4] Haribabu Y, Ajay K, Ravikiran B. Fabrication and Characterization of PPS/40%GF/nano-CaCo3 Hybrid Composites. Int. Journal of Modern Engineering Research 2013;3(4):2262-2266.
- [5] Stoeffler K, Andjelic S, Legros N, Roberge J, Schougaard SB. Polyphenylene sulfide (PPS) composites reinforced with recycled carbon fiber. Composites Science and Technology 2013;84:65–71.
- [6] Zhaobin C, Xujun L, Renguo L, Tongsheng L. Friction and Wear Mechanisms of PA66/PPS blend reinforced with Carbon Fiber. Wiley Inter Science 2007.
- [7] Avcu E, Şahin A, Fidan S, Sımmazçelik T, Taşkıran İ, Bora MÖ, Çoban O. Cam Keçe Takviyeli Polifenilen Sülfid Matrisli Kompozitlerin Katı Partikül Erozyon Davranışları: Partikül Çarpma Açısının Ve Hızının Etkileri. I. Ulusal Ege Kompozit Malzemeler Sempozyumu 2011. 17-19 Kasım.
- [8] Rath T, Kumar S, Mahaling RN, Das CK, Yadaw SB. Mechanical and Morphological Study of Polyphenylene Sulfide/Liquid Crystalline Polymer Blends Compatibilized with a Maleic Anhydride Grafted Copolymer. Journal of Applied Polymer Science 2007;106:3721–3728.
- [9] Chen Z, Li T, Yang Y, Liu X, Lv R. Mechanical and tribological properties of PA/PPS blends. Wear 2004;257:696–707.
- [10] Yang Y, Duan H, Zhang S, Niu P, Zhang G, Long S, Wangc X, Yang J. Morphology control of nanofillers in poly (phenylene sulfide): A novel method to realize the exfoliation of nanoclay by SiO₂ via melt shear flow. Composites Science and Technology 2013;75:28–34.
- [11] Tang W, Hu X, Tang J, Jin R. Toughening and Compatibilization of Polyphenylene Sulfide/Nylon 66 Blends with SEBS and Maleic Anhydride Grafted SEBS Triblock Copolymers. Journal of Applied Polymer Science 2007;106:2648–2655.
- [12] Kolon Inc. KOPPS-PPS S25G40 Technical Data Sheet 2013.
- [13] <http://catalog.ides.com/datasheet.aspx?I=9838&PS=COMBO&U=1&CULTURE=en-US&E=11706> Erişim Tarihi: 24-03-2013.