

CAM ELYAF KATKILI POLİAMİD 66/POLİFTALAMİD KARIŞIMLARININ HAZIRLANMASI

*İrem Nehir YILMAZ**
*Mehmet Atilla TAŞDELEN**

Alınma: 10.11.2017; düzeltme: 14.12.2017; kabul:20.03.2018

Öz: Poliamidler yüksek dayanıma, iyi kimyasal ve elektriksel özelliklere sahip, hafif ve birçok türleri olan termoplastik sınıfında polimerlerdir. Sentezi bir diaset ve bir diaminin polimerleştirilmesine dayanan poliamidler, çeşitli kimyasallar sayesinde birçok farklı özelliklere sahip polimerlerin eldesine izin vermektedir. Poliamidler yüksek erime sıcaklığına ve sıcaklık artışıyla sertliğini koruma özelliğine sahip yarı-kristalin malzemelerdir. Birçok üstün özellikleri arasında yüksek sertlik ve tokluk, yorgunluğa ve aşınmaya, sünmeye ve kimyasallara karşı mukavemet, elektriksel yalıtım, alev geciktiricilik, düşük sürtünme katsayısı, dış koşullara dayanıklılık, işleme kolaylığı ve geniş renk gamı bulunmaktadır. Son yıllarda, mekanik özelliklerini iyileştirmek için farklı boy ve besleme oranlarında cam elyaf takviyesi ile kompozitleri hazırlanmıştır. Poliftalamidler, yüksek ısıl dirence sahip yarı-aromatik ve yarı-kristalin bir malzemelerdir. Bu polimerler, sahip olduğu ısıl direnç ve düşük nem çekme özellikleriyle kimyasal bir çevrede veya yüksek sıcaklık koşullarında kullanıma uygundur. Bu polimerler ile alifatik poliamidler karıştırılarak yüksek dayanıma ve düşük yoğunluğa sahip malzemeler hazırlanabilmektedir. Aromatik poliamidler ile alifatik poliamidler karıştırıldığında işlenebilirlik artmaktadır. Bu çalışmada %50 cam elyaf takviyeli poliftalamid ile poliamid 66 karışımının uyumu farklı besleme oranlarıyla hazırlanarak incelendi. Cam elyaf oranı sabit tutularak farklı poliftalamidler ve poliamid 66 oranlarıyla hazırlanan karışımlar ekstrüzyon yöntemiyle harmanlandı. Test örnekleri enjeksiyonla kalıplama yöntemleriyle hazırlandı, polimerlerin besleme oranlarının mekanik ve ısıl özellikleri üzerine etkisi mekanik ve termal analiz yöntemleriyle incelendi.

Anahtar Kelimeler: Aromatik poliamidler, Cam Elyaf, Ekstrüzyon, Kompozit, Poliamid, Polimer Karışımlar

Preparation of Glass Fibre Reinforced Polyamid 66/Polyphthalamide Blends

Abstract: Polyamides are widely used thermoplastic polymers having good mechanical, electrical and chemical properties. Synthesis of polyamides is based on the condensation polymerization using diamines and diacids as monomers. The use of different types of monomers enables to get polyamides with special properties. Polyamide 66 (Nylon 66) is a semi-crystalline thermoplastic polymer having higher melting point than other polyamides. Moreover, it maintains its stiffness with increasing temperature. It has low friction coefficient, high stiffness, wide color options, high toughness, creep resistance, flame retardant, electrical insulation, abrasion resistance, external condition resistance and easy operation properties. Recently, their mechanical properties have been improved with glass fibers with different size and feeding ratio. Polyphthalamides are semi-aromatic and semi-crystalline thermoplastic polymers having high heat resistance. They can be used in chemical or high temperature conditions because of their good thermal resistance and low moisture absorption. They are usually mixed with aliphatic polyamides to prepare their blends providing higher mechanical properties and lower densities. When the aromatic polyamides and aliphatic polyamides are mixed, the processability of aromatic polyamides are improved.

* Yalova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Polimer Mühendisliği Bölümü, 77200, Yalova
İletişim Yazarı: Mehmet Atilla TAŞDELEN (tasdelen@yalova.edu.tr)

In this study, the compability of polyphthalamide and polyamide 66 blends reinforced with 50% glass fiber is investigated by different feeding ratio. During constant glass fibre ratio, polyphthalamide and polyamide blends are prepared by different feeding ratio using extrusion. Finally, test samples are prepared by injection molding method. The effects of feeding ratio of polymers on the mechanical and thermal properties are studied by thermal and mechanical tests.

Keywords: Aromatic Polyamide, Glass Fiber, Extrusion, Composite, Polyamide, Polymer Blends

1. GİRİŞ

İki ya da daha fazla polimerin karıştırılması ile oluşan sistemler polimer karışımları olarak adlandırılır. Hazırlanan polimer karışımlarında bileşenler, en yakın düzeyde karışma gösterecek şekilde tamamıyla homojen bir hal ya da farklı fazlara ayrılabilir. Söz konusu faz ayrımı iki akışkan veya iki eriyik polimerin tamamıyla karışmama durumunda veya homojen eriyik karışımı oluşturan bileşenlerden bir veya daha fazlasının kristalizasyonu sonucunda meydana gelebilir. Polimer karışımların en önemli karakteristiği faz davranışlarıdır. Polimer karışımları faz davranışlarına göre karışabilir, karışamaz veya kısmen karışabilir özellik sergileyebilirler. Karışabilirlik birçok akademik çalışmanın konusu olmaktadır. Literatürde yayınlanmış çalışmalar incelendiğinde birçok ticari polimerin uyumsuz-karışamaz ya da kısmen uyumlu-karışamaz özellikte olduğu belirtilmiştir. Her iki durum sonucunda da polimer karışımlarda faz ayrımı meydana geldiği ve ara yüzey özellikleri iyileştirilmez ise zayıf fiziksel özelliklerin ortaya çıkacağı belirtilmiştir. Bu nedenle söz konusu karışımların uyumlaştırılması gerektiği vurgulanmıştır (Taşdemir, 2013).

Poliamidler (PA) diasitler ve diaminlerin polikondenzasyon tepkimeleri sonucu elde edilebilen termoplastik polimerlerdir (Marchildo, 2010). Poliamidler tipik olarak monomerlerinin kimyasal yapılarına göre isimlendirilir. Alifatik PA'ler, kimyasal özelliklerini belirlemede kilit bir rol oynayan amid bağlarının (-NH-C=O-) hidrojen bağ yapma özelliklerinden dolayı protein molekülleriyle benzerlik gösterirler. Amid gruplarının sayısı ile metilen birimleri arasındaki oranı değiştirerek alifatik PA'lerin hem yapılarını hem de özelliklerini değiştirmek mümkündür (Kaya, 2005). Bununla birlikte, PA'lerin yapısı ve özellikleri, alifatik monomerler yerine aromatik monomerler kullanılarak önemli ölçüde değiştirilebilir. Böylece, poliaramid olarak bilinen ve tamamen aromatik olan PA'ler hem aromatik diasitler hem de diaminlerin kondenzasyonu ile üretilebilmektedir (Gallini, 2005). Kısmi aromatik poliamid olarak bilinen poliftalamidler (PPA) diamin bileşiği alifatik yapıda, diasit bileşiği ise aromatik bileşiklerin kullanılması sonucu elde edilen polimerlerdir (Malluche ve diğ., 2007). Kimyasal yapıları nedeniyle, yüksek performanslı poliaramidler ile kolay işlenebilen alifatik poliamitler arasında ara özelliklere sahip olan polimerlerdir. Özellikle, dikarboksilik asit birimlerinin en az 55 mol yüzdesini tereftalik ve/veya izoftalik asitler oluşturan PPAlar, otomotiv sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır (Brady, 2008). Çıkış maddeleri ve sentez koşullarını değiştirerek farklı kristal oranlara, fiziksel ve termal özelliklere sahip çeşitli polimerik malzemeleri sentezlemek mümkündür (Shashoua, ve diğ., 1959). PPAlar günümüzde yüksek sıcaklıklarda mükemmel mekanik özelliklere sahip üstün performans gösteren termoplastikler olarak sınıflandırılmaktadır (Cousin, ve diğ., 2012). Bu nedenle yüksek sıcaklık dayanımı gerektiren otomotiv ve elektrik aksamların üretiminde metallerin yerine bu polimerler tercih edilmektedir (Iribarren ve diğ., 2011). Bu polimerler genellikle kısa boyutlara sahip kırpık cam elyaf ile %5-50 besleme oranlarında takviyelendirilerek kompozit malzeme olarak kullanılmaktadır (Lyons, 1998 ve Takenaka ve diğ., 2015).

Aromatik yarı kristalin PA'lar alifatik PA'lar karıştırıldığında işlenebilirlikleri artmaktadır (Desio, 1996). Örneğin poliamid 6 (PA 6) ve poliamid 66 (PA 66)'nın akrilonitril bütadien stiren (ABS) terpolimer karışımları darbeye dayanıklı, kimyasal ve sürtünme dirençleri yüksek ürünler verir (Taşdemir, 2013). İki ürün arasındaki uyum nitril (C≡N) ve amid (N-H) grupları arasında H-bağı ile sağlanır. Bu karışım otomotiv parçalarında, elektrikli aletler ve spor

malzemelerinde kullanılır (Utracki, 1995). Ayrıca PA 66 ve PA 6 ilavesiyle PPA'nın işleme sıcaklığı 320 °C'nin altına düşürülerek işlenebilirliği artırılmıştır. Aynı çalışmada polipropilen, EPDM-g-MA ve SEBS-g-MA gibi poliolefinler ilaveten eklenerek, süneklik, çekme-kopma ve darbe dayanımı iyileştirilmiştir (Desio, 1996). Bu çalışmada farklı oranlarda poliftalamid ile poliamid 66 karıştırılarak %50 cam elyaf ile takviyelendirilen kompozit malzemenin uyumluluğu incelendi. Cam elyaf oranı sabit tutulan, poliftalamid ve poliamid 66 oranları değişen karışımlar ekstrüzyon yöntemiyle harmanlanarak hazırlandı. Test örnekleri enjeksiyon kalıplama yöntemiyle hazırlanarak, polimerlerin besleme oranlarının, kompozitlerin mekanik ve ısıl özellikleri üzerine etkisi çekme-kopma, izod darbe diferansiyel taramalı kalorimetre ve yük altında eğilme sıcaklık testleriyle incelendi.

2. MALZEME VE YÖNTEM

2.1. Malzemeler

Poliftalamid (PPA) ve poliamid 66 (PA 66) polimer karışımına cam elyaf takviye edilmesi ile oluşturulacak kompozit malzemenin hazırlanmasında kullanılan polimerlerin özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Cam Elyaf Sanayii A.Ş.'den temin edilelen cam elyaf 10,5 µm filament çapına, 3 mm uzunluğa ve maksimum 0.1% nem alma kapasitesine sahiptir. Çalışmada proses kolaylaştırıcı olarak kalsiyum stearat, Songnox 1098 ve Irgafos 168 kullanılmıştır.

Tablo 1. Poliftalamid ve poliamid 66'nın teknik özellikleri

Parametreler	Birim	PPA	PA 66
Yoğunluk (23 °C)	gr/cm ³	1,18	1,14
Çekme elastisite modülü	GPa	2,8	2,9
Kopma mukavemeti (23 °C)	MPa	93	82
Kopmadaki uzama (23 °C)	%	4,5	50
Çentikli izod darbe değeri (23 °C)	kJ/m ²	8,96	5,00
Camsı geçiş ve erime sıcaklığı	°C	$T_g = 133$	$T_g = 65, T_m = 263$

2.2. Cihazlar

PPA/PA 66 kompozitin granülleri COPERION marka, ikisi yandan olmak üzere toplamda beş ketrone sahip, çift vidalı ve karıştırma hatveli ekstruder ile hazırlandı. Tüm numunelerin basımı JOMWAI marka 150 ton'luk enjeksiyon makinesi ile gerçekleştirildi. Hazırlanan granüllerin yoğunlukları Mettler Toledo ölçüm kitiyle gerçekleştirildi. Çekme-kopma izod darbe testleri değerleri Zwick/Roell ve INSTRON marka test cihazları ile tayin edilmiştir. Numunelerin termal (T_g ve T_m) özellikleri için NEITZCH marka DSC test cihazı kullanıldı. Enjeksiyon ile kalıplanmış numunelerin ısıl sapma sıcaklıkları ZWICK-ROELL Marka HDT ölçüm cihazı ile belirlenmiştir.

2.3. Cam Elyaf Takviyeli PPA/PA 66 Karışımlarının Hazırlanması

Cam elyaf takviyeli PPA/PA 66 kompozitin üretimi, COPERION marka, çift vidalı ve karıştırıcı hatveli, vida çapı 26 mm olan ekstruderde gerçekleştirildi. Belirlenen karışımlar

uygun oranlarda terazilerde tartıldıktan sonra, 10'ar kg olarak hazırlandı ve harmanlama yapılarak homojen şekilde karıştırıldı. Kompozit yapı, PPA ve PA 66'nın birbiri üzerindeki etkisini kolay inceleyebilmek için cam elyaf ve yardımcı katkı oranları sabit tutularak hazırlandı. Karışım oranlarının değerleri ve koşulları Tablo 2'de gösterilmektedir.

2.4. Cam Elyaf Takviyeli PPA/PA 66 Karışım Kalıplanması

Hazırlanan kompozit granüller, çekme , darbe ve HDT testlerinin yapılması için ISO 527 ve ISO 179 standartlarına uygun ölçütlerde enjeksiyon kalıplama yöntemi ile şekillendirilmiştir. Enjeksiyon şartları Tablo 3'te gösterilmektedir. Artan PPA oranı ile hazırlanan karışımların erime noktası azaldığı için enjeksiyon kalıplama sıcaklıklarında düşürülmüştür. Böylelikle hatasız test numuneleri kalıplanabilmiştir. Şekillendirilmiş test plakalarından 5'er adet alınarak gerekli test yapılmıştır.

Tablo 2. Cam elyaf takviyeli PPA/PA 66 karışım oranları ve proses koşulları

Parametreler	P-10	P-25	P-40	P-50
YK/PPA/PA 66/CE	1/5/45/50	1/11.5/37.5/50	1/19/30/50	1/24/25/50
Kovan 1 (°C)	240	240	240	240
Kovan 2 (°C)	270	270	270	270
Kovan 3 (°C)	270	270	270	270
Kovan 4 (°C)	270	270	270	270
Kovan 5 (°C)	270	270	270	270
Kovan 6 (°C)	270	270	270	270
Kovan 7 (°C)	270	270	270	270
Kovan 8 (°C)	275	275	275	275
Kovan 9 (°C)	275	275	275	275
Kovan 10 (°C)	275	275	275	275
Kafa sıcaklığı (°C)	290	290	290	290
Motor devri (dk)	780	780	780	780
Üretim hızı (kg/h)	30	30	30	30
Yan besleme devri (dk)	180	180	180	180
Granatör devri (dk)	35	35	35	35

YK: yardımcı katkılar, PPA:poliftalamid, PA 66: poliamid 66, CE: cam elyaf

Tablo 3. Cam elyaf takviyeli PPA/PA 66 karışımının enjeksiyonda kalıplama şartları

Parametreler	P-10	P-25	P-40	P-50
Kovan 1 (°C)	305	300	290	285
Kovan 2 (°C)	300	295	285	280
Kovan 3 (°C)	290	285	275	280
Kovan 4 (°C)	280	277	270	275
Enjeksiyon basıncı (N)	110	110	110	110
Soğutma süresi (Saniye)	20	20	20	20

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Mekanik Özellikler

Ekstrüder ile elde edilen ürünün mekanik özellikleri, genellikle takviye edilen malzemelerin türüne, hacimsel oranına, matris içerisindeki dağılımı ile doğrudan bağlıdır. Numunelerin hepsi, ikisi yandan olmak üzere toplamda beş ketrona sahip, çift vidalı ve karıştırma hatveli ekstruderde gerçekleştirilmiştir. Formülasyonda %50 cam elyaf, %1 yardımcı katkı ve değişik oranlarda toplamda %49 poliftalamid (PPA) ve poliamid 66 (PA 66) kullanılmıştır. Belirlenen karışımlar uygun oranlarda terazilerde tartıldıktan sonra, 10'ar kg olarak hazırlanmış ve harmanlama yapılarak homojen şekilde karıştırılmıştır. Kompozit yapı, PPA ve PA 66 'nın birbiri üzerindeki etkisini kolay inceleyebilmek için cam elyaf ve yardımcı katkı oranları sabit tutularak hazırlanmıştır. Tüm numunelerin basımı 150 ton'luk enjeksiyon makinesinde gerçekleştirildi. Test numuneleri şeklinde elde edilen cam elyaf takviyeli kompozit yapının mekanik ve termal özellikleri uygun test cihazlarıyla (çekme- kopma, darbe, DSC ve HDT) tayin edildi.

Plastik malzemelerin mekanik özellikleri karşılaştırıldığında gerilme (σ), birim şekil değiştirme (ϵ), elastisite modülü (E), çekme dayanımı (σ_c), kopma gerilmesi (σ_k) ve yüzde kopma uzaması (KU) gibi terimler incelenmektedir. Hazırlanan deneysel kompozit numunelerin çekme-kopma testleri ISO 527-2 standardına uygun olarak yapılmıştır. Test sonuçlarına göre cam elyaf takviyeli PA 66 ile PPA ayrı ayrı karşılaştırıldığında, kompozit yapıya eklenen PPA ile kopma mukavemeti ve elastisite modülünde artışlar gözlemlenmiştir (Tablo 4). Fakat eklenen PPA'nın belirli bir orandan sonraki artışı kopma mukavemetinde düşüşe sebep olmuştur. Tüm test sonuçları değerlendirildiğinde %25 PPA varlığındaki kompozit yapı en yüksek mekanik mukavemet sağlarken, PPA oranının artışı ile mukavemet değerlerinde düşüş gözlemlenmektedir.

Deney gruplarında PPA oranına bağlı olarak elastisite değerleri, en düşük 15,5 GPa ve en yüksek 17,0 GPa olarak ölçülmüştür. Kompozit yapı için en yüksek elastisite değeri %25 PPA (P-25) varlığında elde edilmiştir. Eklenen PPA oranına bağlı olarak % kopma uzama özelliğinde artış gözlemlenmiştir. Kopma uzaması (%) değerlerinde görüldüğü gibi, artan PPA oranı ile % kopma uzama değerlerinde belirli bir noktaya kadar artış sonrasında da düşüş olduğu gözlemlenmektedir. Kompozit yapıya eklenen PPA ile çentikli izod darbe değerlerinde de bir değişim görülmüştür. Tablo 4'te gösterilen değerlerde, PPA'nın çentikli izod darbe değerleri PA 66'ya göre daha yüksektir. PPA miktarındaki artış ile izod darbe değerleri çoğunlukla

artmaktadır. Sadece P-10 numunesindeki 14.20 kJ/m² değer PPA artışıyla 13.30 kJ/m² düşmüştür. Daha fazla PPA miktarında ise yine darbe değerleri artmıştır.

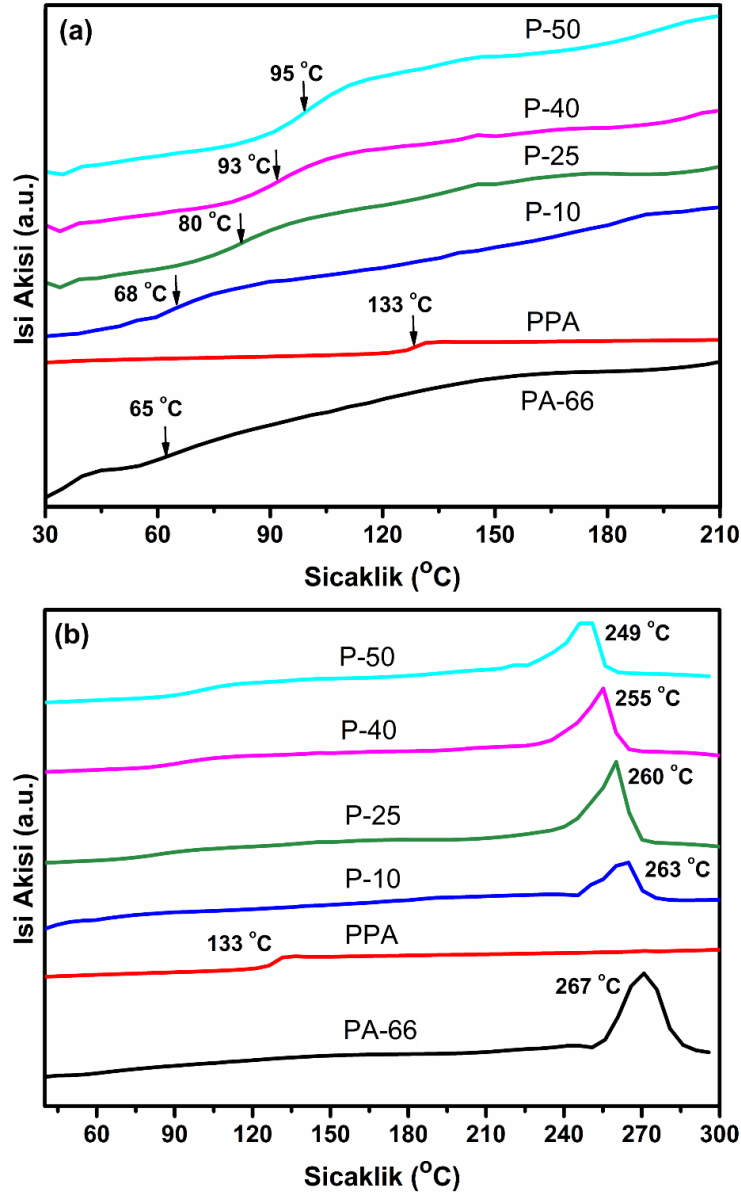
Tablo 4. Hazırlanan deney gruplarının PA 66/PPA/CE oranlarına bağlı mekanik test sonuçları

Deneyler	PA 66/PPA/YK/CE	Kopma Mukavemeti (MPa)	Elastisite Modülü (GPa)	Kopma Uzaması (%)	Çentikli Izod Darbe Değeri (kJ/m ²)
Saf PPA	0/99/1/00	93 ± 2	2,8 ± 0,1	4,5 ± 0,3	8,96 ± 1
Saf PA 66	99/0/1/00	82 ± 3	2,9 ± 0,1	50,0 ± 1	5,00 ± 1
PPA	0/49/1/50	230 ± 4	15,0 ± 0,2	2,4 ± 0,1	10,26 ± 1
PA 66	49/0/1/50	210 ± 3	16,4 ± 0,3	2,2 ± 0,1	14,10 ± 1
P-10	45/4/1/50	215 ± 5	16,2 ± 0,4	2,3 ± 0,2	14,20 ± 2
P-25	37.5/11.5/1/50	247 ± 3	17,0 ± 0,3	2,9 ± 0,2	13,30 ± 2
P-40	30/19/1/50	222 ± 6	16,0 ± 0,2	2,9 ± 0,3	14,26 ± 2
P-50	25/24/1/50	217 ± 5	15,5 ± 0,6	2,6 ± 0,3	18,68 ± 3

3.2. Termal Özellikler

Elde edilen PA66/PPA/CE kompozitlerinin ve bileşenlerine ait ısıl geçişler DSC yöntemiyle 20 ile 300 °C arasında 20 °C/dk ısıtma ve 20 °C/dk soğutma hızıyla azot atmosferinde incelenmiştir. Şekil 1 ve 2'de ikinci ısıtma grafikleri incelendiğinde farklı PPA oranları kompozit yapının T_m ve T_g sıcaklık değerlerinde değişiklik göstermiştir. Şekil 1a'da görüldüğü üzere saf PA 66 65 °C'de camsı geçiş sıcaklığı gösterirken, saf PPA 133 °C'de camsı geçiş sıcaklığı göstermektedir. Cam elyaf takviyeli kompozit yapıda tüm karışımlarda tek bir T_g değeri tespit edilmekle beraber PPA kullanım oranının artışı ile T_g değerlerinde artış gözlemlenmiştir.

Şekil 1b'de verilen DSC grafiklerinde cam elyaf takviyeli PA66/PPA kompozitlerin erime noktaları gösterilmektedir. PA 66 ile karıştırılan PPA'nın amorf yapıda olması ile erime sıcaklıklarında düşük miktarda bir azalma gözlemlenmiştir (Novitsky ve diğ., 2010). Eklenen PPA aromatik poliamidler grubuna girdiği için, artan PPA oranı ile serbest hacim miktarı artmıştır. Ayrıca transamidleşme reaksiyonu diye bilinen iki farklı poliamidin eriyik fazda karıştırıldığı zaman daha düşük fiziksel özelliklere sahip rastgele kopolimer oluşturmaktadır. Sonuç olarak elde edilen rastgele kopolimerin kristallanma özellikleri homopolimere göre daha yavaş olmasından dolayı erime noktasında düşmelere sebep olmaktadır. Literatürde daha önce PPA ve PA 66 cam elyafsız karıştırılarak bir çalışma yapılmıştır (Desio, 1996). O çalışmadaki sonuçlarda artan PPA oranıyla T_g değerleri 60 °C den 80 °C'ye yükselirken T_m değerleri 260 °C'den 250 °C'ye düşmüştür. Bu çalışmadaki sonuçlara bakıldığında artan PPA oranıyla T_g değerleri 68 °C den 95 °C yükselirken T_m değerleri 263 °C'den 249 °C'ye düşmüştür. Her iki çalışma karşılaştırıldığında sonuçların birbiriyle uyumlu olduğu görülmüştür.



Şekil 1: Cam elyaf takviyeli kompozit yapıdaki (a) camsı geçiş ve (b) erime sıcaklığı değişimi

Yük altında eğilme sıcaklığı (HDT) sıcaklığı, standart bir test çubuğunun yük altında belirli bir mesafeyi saptıracağı sıcaklık olarak tanımlanır. Kısa vadeli ısıl direnci belirlemek için kullanılır. Yüksek sıcaklıklarda hafif yükleri sürdürebilen malzemeler ile dar bir sıcaklık aralığında sertliği kaybedilen malzemeler arasında ayırım yapar. Ölçümler 120 °C/saat ile 1,8 MPa ve 0,45 MPa yük altında ISO 75-2/A ve ISO 75-2/B standartına göre gerçekleştirilmiştir. Tablo 5'te HDT/A ve HDT/B sonuçları gösterilmektedir. P-25 numunesi 228 ve 252 °C olmak üzere en yüksek değere sahiptir. PPA oranı daha fazla artırıldığında ise HDT sıcaklıklarında düşüş gözlemlenmiştir. PPA amorf olmasından dolayı PA 66'daki kristalin bölgelerle etkileşerek HDT sıcaklıklarını doğrudan etkilemektedir. Literatürdeki benzer çalışmada saf PPA'nın HDT sıcaklığı farklı oranlarda PA

66 ilavesiyle saf PPA'ya göre önce küçük bir artış sonrada büyük bir düşüş göstermiştir (Desio, 1996).

Tablo 5. Deney gruplarının HDT sıcaklıkları, katkı oranları ve yoğunluk

Deneyler	HDT Sıcaklığı (°C)		Katkı Oranı	Yoğunluk (g/cm ³)
	A	B		
PPA	116	128	49,9	1,63
PA 66	245	250	50,2	1,57
P-10	215	240	49,8	1,58
P-25	228	252	49,7	1,58
P-40	192	231	49,7	1,57
P-50	82	71	49,7	1,58

Cam elyaf takviyeli kompozit yapının katkı oranı ve yoğunluk değerleri Tablo 5'te gösterilmektedir. Daldırma metodu ile ISO 1183 standardına uygun olarak yoğunluk değeri tayini yapılmıştır. Kompozit yapıya eklenen PPA'nın yoğunluk değeri PA 66'ya göre daha yüksektir. Elde edilen numunelerin yoğunlukları cam elyaf takviyeli saf örnekler ile çok yakın bulunmuştur. Kompozit yapıdaki cam elyaf oranını ise ISO 3451 standardına göre kül testi uygulanarak belirlenmiştir. Elde edilen numuneler yakılarak hesaplanan katkı oranları cam elyaf besleme oranlarıyla % 0,6 farklılık göstermektedir. Bu farklılık deneysel hatalardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

4. SONUÇ

Kompozit yapıya farklı oranlarda PPA eklenmesi ile farklı camsı geçiş sıcaklıkları (T_g) ve farklı erime sıcaklığı (T_m) eğrileri DSC yardımı ile elde edilmiştir. Her bir kompozit yapı için DSC grafikleri incelendiğinde, tek bir T_g ve T_m değeri gözlemlenmektedir. Bu sonuçlar farklı PPA oranlarında hazırlanan cam elyaf katkılı kompozit karışımının homojen karıştığını göstermektedir. Ayrıca erime sıcaklıklarında artan PPA miktarına göre bir düşme gözlemlenmiştir. Literatürdeki bilgiler ışığında bu düşmenin sebebi transamidleşme tepkime olduğu söylenebilir. Bununla birlikte kompozit yapının mekanik özelliklerini incelemek için hazırlanan her bir karışımdan beşer adet deney çubuğuna çekme-kopma ve darbe testi uygulanmıştır. Malzemenin kopma mukavemeti, çekme-elastisite modülü, kopma uzaması ve izod darbe dayanımı (çentikli) incelendiğinde, karışıma eklenen PPA oranı ile bu değerlerde artış olduğu tespit edilmiştir. Cam elyaf takviyeli polimer kompozit yapıların mekanik özellikleri karşılaştırıldığında mukavemeti en yüksek olan karışımın P-25 deneysel kompozit olduğu belirlenmiştir. Tüm bunların yanında malzemenin yük altında deformasyon sıcaklığı da HDT test cihazı ile ölçülmüştür. Farklı oranlarda PPA içeren her bir deney grubunun HDT sıcaklıkları karşılaştırıldığında, P-25 deneysel kompozit en yüksek sıcaklık değerini vermektedir. Kompozit malzemelerin yoğunluk değerleri karşılaştırıldığında PPA'nın farklı oranlarda eklenmesi belirgin bir değişime sebep olmamıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmaya verdikleri desteklerden dolayı EPSAN Plastik A. Ş. teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

1. Brady, P. (2008) Developments in automotive plastics, *Reinforced Plastics*, 52(10), 37-40. doi: 10.1016/S0034-3617(08)70374-6
2. Cousin, T. Galy, J. and Dupuy, J. (2012) Molecular modelling of polyphthalamides thermal properties: Comparison between modelling and experimental results, *Polymer*, 53(15), 3203-3210. doi: 10.1016/j.polymer.2012.05.051
3. Desio, G. P. (1996) Characterization and properties of polyphthalamide/polyamide blends and polyphthalamide/polyamide/polyolefin blends, *Journal of Vinyl & Additive Technology*, 2(3), 229-234. doi: 10.1002/vnl.10131
4. Gallini, J. (2005) "Polyamides, Aromatic" in Encyclopedia of Polymer Science and Technology, John Wiley & Sons, New York.
5. Iribarren, J. I. Alemán, C. Puiggali J. (2011) "Polyphthalamides" in Handbook of Engineering and Specialty Thermoplastics, Volume 4, Wiley-Scrivener, New Jersey
6. Kaya, F. (2005) Plastikler ve katkı maddeleri, Birsen Yayınevi, İstanbul.
7. Lyons, J. S. (1998) Time and Temperature Effects on the Mechanical Properties of Glass-Filled Amide-Based Thermoplastics, *Polymer Testing*, 17(4), 237-245. doi: 10.1016/S0142-9418(97)00045-7
8. Malluche, J. Hellmann, G. P. Hewel, M and Liedloff, H-J. (2007) The Condensation Kinetics of Polyphthalamides. I. Diamines and Diacids or Dimethylesters, *Polymer Engineering & Science*, 47(10), 1589-1599. doi: 10.1002/pen.20689
9. Marchildo, K. (2010) Polyamides – Still Strong After Seventy Years, *Macromolecular Reaction Engineering*, 5(1), 22-54. doi: 10.1002/mren.201000017
10. Novitsky, T. F., Lange, C. A., Mathias, L. J., Osborn, S., Ayotte, R. And Manning, S. (2010) Eutectic melting behavior of polyamide 10,T-co-6,T and 12,T-co-6,T copolyterephthalamides, *Polymer*, 51(11), 2417-2425. doi:10.1016/j.polymer.2010.03.045
11. Shashoua, E. and Eareckson, W. M. (1959) Interfacial polycondensation. V. Polyterephthalamides from short-chain aliphatic, primary, and secondary diamines, *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*, 40 (137), 343-358. doi: 10.1002/pol.1959.1204013705
12. Takenaka, Y. Nishitani, Y. and Kitano, T. (2015) Tribological Properties of PTFE Filled Plants-Derived SemiAromatic Polyamide (PA10T) and GF Reinforced PTFE/PA10T Composites, *AIP Conference Proceedings*, 1664, 060009. doi: 10.1063/1.4918427
13. Taşdemir, M. (2013) Polimer Karışımlar ve uygulamaları, Seçkin Yayıncılık, Ankara.
14. Utracki, L. A. (1995) History of commercial polymer alloys and blends (from a perspective of the patent literature), *Polymer Engineering & Science*, 35(1), 2-17. doi: 10.1002/pen.760350103

