

Cam Elyaf ile Güçlendirilmiş Pa66'nın Eğme ve Darbe Mukavemeti açısından Enjeksiyon Parametrelerinin Etkisi

¹Abdurrahman Çetin and ²Zafer Tekiner

¹Sakarya Meslek Yüksekokulu, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye

²İmalat Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye

Özet

Plastik parçalarda ideal özelliklerin yakalanması için, başta mekanik özellikler olmak üzere büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, enjeksiyon parametrelerin uygun seçilmesinin yanı sıra plastik katkı maddeleri ve oranlarının da etkili olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada, cam elyaf ile güçlendirilmiş Pa66'nın eğme ve darbe mukavemetleri gibi mekanik özellikler üzerine, enjeksiyon parametrelerinin etkisi araştırıldı. İlk olarak katkısız Pa66, %10GF Pa66, %20GF Pa66 ve %30GF Pa66 plastik malzemeler hazırlandı. Enjeksiyon parametreleri olarak ta enjeksiyon basıncı, enjeksiyon hızı ve enjeksiyon sıcaklığı seçildi. Elde edilen sonuçlar değerlendirildi.

Key words: Enjeksiyon parametreleri, cam elyaf, Pa66, mekanik özellikler

Influence of injection Parameters on the Flexural Strength and impact Strength of Glass Fiber Reinforced Pa66

¹Abdurrahman Çetin and ²Zafer Tekiner

¹Sakarya Vocational School of Higher Education, Sakarya University, Sakarya, Turkey

²Department of Manufacturing Engineering, Technology Faculty, Gazi University, Ankara, Turkey

Abstract

To achieve the ideal characteristics in plastic parts, especially mechanical properties are of great importance. Besides selection of appropriate injection parameters as well as plastic adviser and proportions are known to be effective. In this study, influence of injection parameters on the flexural strength and impact strength of glass-fiber reinforced polyamide 66 were investigated. First, Pa66 samples were prepared, including pure Pa66 and 10, 20 and 30 wt.% of glass-fiber added mixtures respectively. As to intection parametres, injection pressure, injection speed and injection temperature were adjusted. The obtained results were evaluated.

Key words: Injection parameters, glass fiber, Pa66, mechanical properties

1.Giriş

Bilim ve teknolojideki gelişmeler, insanlığın başlangıcında çok sınırlı olan malzeme kullanımı, hem malzemelerin çeşitliliklerini hem de değer ve kalitelerini yükseltmeleriyle birlikte çok hızlı bir şekilde arttırmıştır. Çok uzun yıllar kullanılan metal, seramik ve ağaç gibi malzeme cinslerinin yanında plastikler ancak 20. Yüzyıl başlarında tanınmaya ve kullanılmaya

*Corresponding author: Address: Sakarya Vocational School of Higher Education, Sakarya University, Sakarya, Turkey. E-mail address: abdurrahman@sakarya.edu.tr, Phone: +90264 295 32 23

başlanmıştır. Günümüze gelene kadar çok hızlı değişim gösteren bu malzeme cinsi, artık birçok özellikleri açısından diğer malzemelerden üstün hale gelmiş, otomotiv, elektronik ve haberleşme başta olmak üzere hemen hemen her sektörde en çok tercih edilen malzeme cinsi olmuştur. Plastikler en son ortaya çıkan malzeme grubu olmasına rağmen, günlük hayatımıza en fazla giren malzemelerden birisidir. Kısa sürede yaygınlaşmasının ve ekonomik önem kazanmasının nedeni olarak plastiklerinin özelliklerinin ve çeşitliliklerinin çok geniş bir aralıkta değişmesi gösterilebilir[1]. Ayrıca plastikler, normal sıcaklıkta katı halde bulunan, basınç ve ısı ile şekillenebilen organik polimerik madde olarak ta tanımlanabilirler. Plastikler, üretimleri esnasında, depolanmaları sürecinde ve kullanıldıkları konum itibarıyla yük, ısı değişimleri, ışık, oksijen, sıcaklık, kimyasallar ve rutubet gibi şartlarla karşı karşıya kalmaktadırlar. Bu şartlarında, plastikleri etkileyerek deforme olmalarına, bozulmalarına, sararmalarına ve kırılabilirliğe sebep oldukları bilinmektedir. Plastikler, çok azı hariç katkı maddeleri olmadan, yalnız başlarına kullanıldıkları takdirde, kendilerinden beklenen özellikleri yerine getirememektedirler. Bu sebeple, plastiklerin işlenebilirliklerini kolaylaştırmak, kullanım sürelerini artırmak ve plastikten beklenen performansı elde edebilmek amacıyla katkı maddeleri kullanılmaktadır. Katkı maddeleri aynı zamanda, plastik parçaların raf ömürlerini artırmak, maliyetleri düşürmek, çevre koşullarının olumsuz etkilerini azaltmak, renklendirmek gibi amaçlarla da kullanılabilirlerdir [2]. Plastik parçaların mekanik özelliklerini artırmak amacıyla kullanılan en etkili yollardan biri prosese farklı oranlarda cam elyaf katkısı ilave etmektir. Plastik parçaların mekanik özelliklerinin artırılması sadece uygun katkı maddelerinin ilavesiyle istenen seviyede olmadığı aynı zamanda üretim şartlarının ve parametrelerinin de etkili olduğu bilinen bir gerçektir. Bu çalışmada %10, %20, %30 oranlarında cam elyaf ile güçlendirilmiş Pa66 malzemenin üç farklı enjeksiyon parametreleriyle kalıplanması sonucunda basılan test numunesinin eğme ve darbe davranışları incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Enjeksiyon parametreleri olarak enjeksiyon basıncı, enjeksiyon hızı ve enjeksiyon sıcaklığı seçilmiştir.

2. Materyal ve Metot

Katkısız ve cam elyaf takviyeli Pa66 malzemeler Teknopolimer ve RezineX firmasından hazır olarak temin edilmiştir. Katkısız Pa66 malzeme olarak Rhodia markalı Technyl A205F Pa66, %10 Cam Elyaf Takviyeli Pa66 malzeme olarak Rhodia markalı Technyl A216 V10 Pa66, %20 Cam Elyaf Takviyeli Pa66 malzeme olarak Rhodia markalı Technyl A217 V20 Pa66 ve %30 Cam Elyaf Takviyeli Pa66 malzeme olarak ise Rhodia markalı Technyl A218 V30 Pa66 hazır cam elyaf katkılı malzemeler kullanılmıştır. Bu malzemeler ait bazı teknik veriler Tablo 1.'de

Table 1. Deneyde kullanılan malzemeler

| Özellikler | Standartlar | Birim | Katkısız Pa66 | %10GF Pa66 | %20GF Pa66 | %30GF Pa66 |
|--|-------------|-------------------|---------------|------------|------------|------------|
| Yoğunluk | ISO 1183/A | g/cm ³ | 1.14 | 1.21 | 1.29 | 1.37 |
| Nem Alma | ISO 62 | % | 1.20 | 1.2 | 1.0 | 0.8 |
| Çekme Modülü | ISO 527 | MPa | 1600 | 3200 | 5300 | 7500 |
| Eğilme Modülü | ISO 178 | MPa | 1300 | 2400 | 4200 | 5900 |
| Kopma Uzaması | ISO 527 | % | 25 | 10 | 5 | 4 |
| Izod Darbe Mukavemeti, Çentikli | ISO 180/1A | kJ/m ² | 6 | 8 | 13 | 16 |
| Charpy Darbe Mukavemeti, Çentikli | ISO 179/1eA | kJ/m ² | 8 | 8 | 10 | 16 |
| Boyutsal Kararlılık Sıcaklığı(1.8 Mpa) | ISO 75-2 | °C | 75 | 232 | 250 | 255 |
| Oksijen Endeksi | ISO 4589 | % | 28.5 | 25 | 23 | 23 |
| Yanmazlık (Kalınlık 1.6mm) | ISO 1210 | UL94 | V2 | HB | HB | HB |

gösterilmiştir. Ayrıca eğme ve darbe testlerinin yapılmasında kullanılacak parçaların, enjeksiyon baskılarını almak için belirlenmiş olan enjeksiyon parametreleri ve değerleri de Tablo 2.'de verilmiştir. Üç enjeksiyon parametresinden iki tanesi Tablo 2.'deki orta enjeksiyon parametre değerlerinde sabit tutulmuş olup, diğer üçüncü parametre değeri değiştirilerek 10 adet baskı alınmıştır. İlk 2 baskı hurdaya ayrılmış ve diğer kalan 8 adet parçaya test uygulanmış birbirine en yakın 5 sonuçların aritmetik ortalaması alınarak, değerlendirilmiştir. Test numunelerinin basılması ve testlerin yapılması esnasında kullanılan makine, cihaz ve teçhizatlar Resim 1'de gösterilmiştir.



Resim 1. Deneylerde kullanılan makine cihaz ve teçhizatlar

Table 2. Enjeksiyon Parametreleri

| Enjeksiyon Parametreleri | Birim | Alt Parametre | Orta Parametre | Üst Parametre |
|--------------------------|-------|---------------|----------------|---------------|
| Enjeksiyon Basıncı | Bar | 40 | 60 | 80 |
| Enjeksiyon Hızı | % | 60 | 80 | 100 |
| Enjeksiyon Sıcaklığı | °C | 260 | 270 | 280 |

3.Sonuçlar ve Tartışma

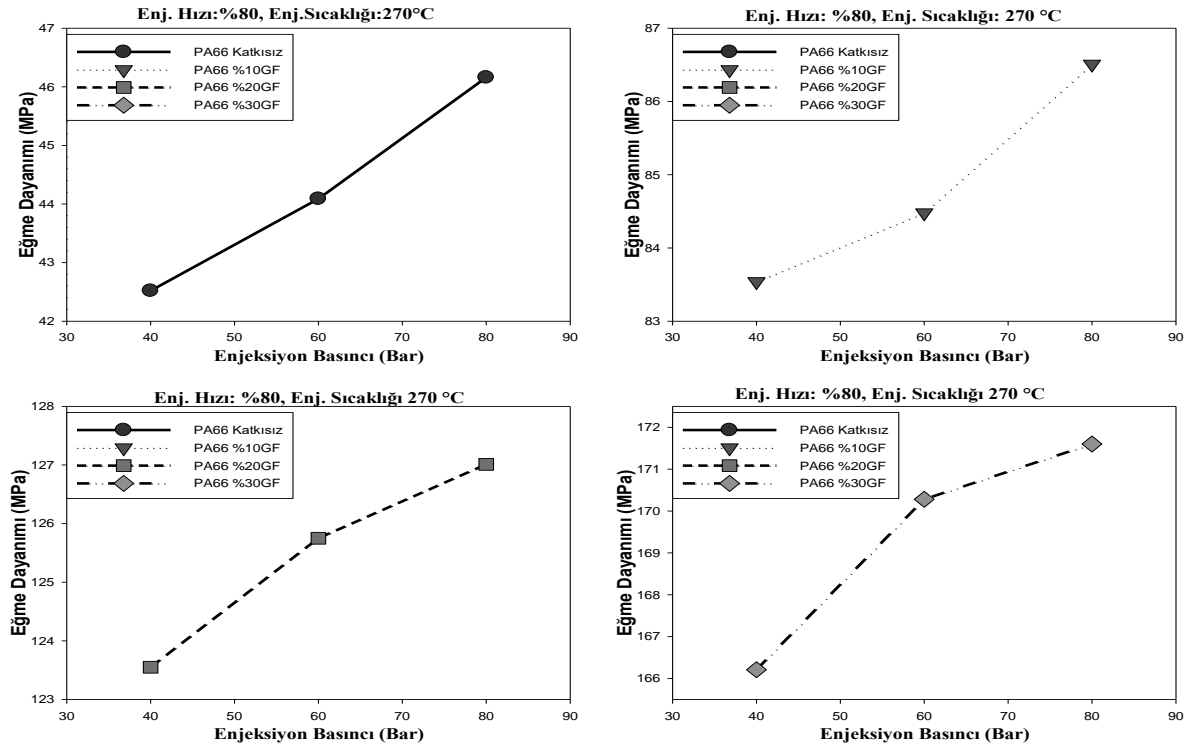
3.1.Üç nokta eğme Testi

Pa66 polimer malzemesine %10, %20, %30 oranlarda ilave edilen cam elyafın (GF) enjeksiyon parametrelerindeki değişim göz ardı edilerek Şekil 1., Şekil 2. ve Şekil 3 incelendiğinde Pa66 polimer malzemesinde katkı maddesinin yani cam elyaf ilavesinin oranı arttıkça eğme dayanımı gözle görülür biçimde artmaktadır. En düşük eğme dayanımı katkısız Pa66 malzemesinde görülürken, en yüksek eğme dayanımı %30 GF katkılı Pa66 malzemede olduğu görülmektedir. Pa66 polimer malzemesine %10, %20, %30 oranlarda ilave edilen cam elyafın, eğme dayanımlarını, sırasıyla %92, %285 ve %386 değerinde artırdığı tespit edilmiştir.

Lingesh ve arkadaşları [3], %80 Pa66 ve %20 PP içeren bir karışıma %0, %5, %10, %15, %20, %25 ve %30 cam elyaf takviyesi ile ilgili yaptıkları çalışmada eğme mukavemetinin sırasıyla 81.55, 97.5, 102.0, 104.0, 106.5, 108.5, 108.9 MPa olarak ölçmüşlerdir. Cam elyaf oranının artmasıyla birlikte eğme mukavemetinin de arttığını görmüşlerdir. Bu artış yaklaşık %34 şeklinde olduğunu göstermişlerdir. Yapılan bu çalışmanın içerisinde her ne kadar PP malzemesi de olsa bu sonuçlar bulduğumuz sonuçları destekleyen niteliktedir. Wu ve arkadaşları [4] Pa6, cam elyaf, karbon fiber ve kil üzerine yapmış oldukları çalışmada, Pa6 malzemeye %0, %10, %20 ve %30 oranlarda ilave edilen cam elyaf takviyesinin eğme mukavemetini sırasıyla 68.5, 86.3, 119.6 ve 143.0 MPa olarak bulduklarını ifade etmişlerdir. Bitirgiç çalışmasında [5], PP malzemeye %0, %15, %22.5 ve %30 cam elyaf ilavesi ile eğme mukavemetini sırasıyla 46.483, 87.313, 112.693 ve 130.377 MPa olarak bulmuş ve cam elyaf ilavesinin eğme mukavemetini arttırdığını tespit etmiştir. Şardan [6] 2009 yılındaki yapmış olduğu çalışmada Polyester malzemeye %10, %15, %20, %25, %30, %35, %40, %45, ve %50 oranlarında ilave ettiği cam elyafın 3 nokta eğme mukavemetini arttırdığını tespit etmiştir.

3.1.1.Enjeksiyon Basıncı

Enjeksiyon parametresindeki değişime göre Şekil 1.'e bakıldığında, enjeksiyon hızı %80, Enjeksiyon sıcaklığı 270 °C'de sabit tutularak, 40, 60, 80 bar enjeksiyon basınçlarında parçaların baskılarının alındığı ve bu parçalara eğme deneyi uygulandığı anlaşılmaktadır.

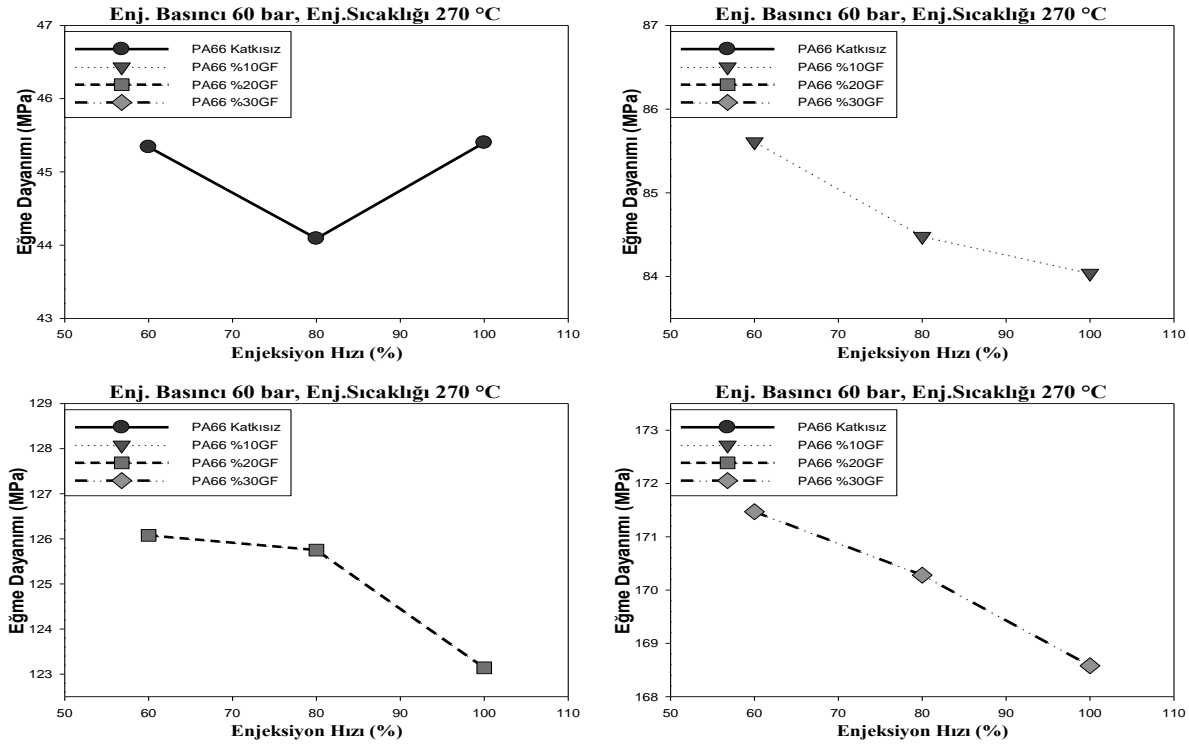


Şekil 1. GF içeren Pa66 plastik malzemesinin enjeksiyon basıncına göre eğme dayanımı değişim grafiği

Her bir Pa66 polimer malzemesi için enjeksiyon basıncının artışına bağlı olarak, plastik parçanın eğme dayanımının arttığı açıktır. Dolayısıyla enjeksiyon basıncının artırılmasının eğme dayanımını arttırdığını ifade etmek mümkündür. Deney sonuçları değerlendirildiğinde cam elyaf katkılı Pa66 malzemelerde enjeksiyon basıncının eğme dayanımını yaklaşık %2.8 ile %8.5 arasında etkilediği tespit yapılabilmektedir.

3.1.2.Enjeksiyon Hızı

Pa66 mühendislik malzemesine farklı (%10, %20, %30) oranlarda ilave edilen cam elyaf (GF) katkı maddesinin enjeksiyon hızına bağlı olarak, eğme dayanımı değişimi grafiği Şekil 2.'de gösterilmektedir. Pa66 polimer malzemesi için enjeksiyon hızının artışına bağlı olarak, katkısız Pa66 malzemenin eğme dayanımında 80 enjeksiyon hızı öncesinde bir azalma sonrasında bir artış görülürken cam elyaf katkılı Pa66 malzemelerin tümünün eğme dayanımlarında azalma meydana gelmektedir.

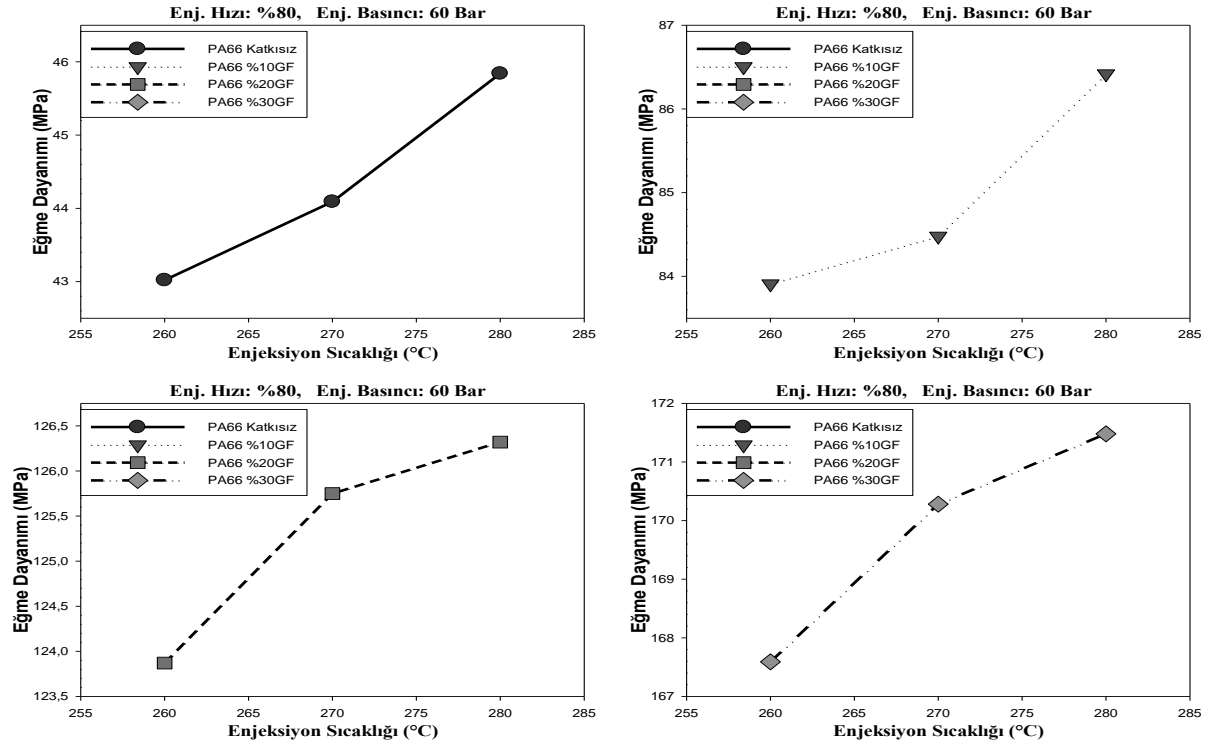


Şekil 2. GF içeren Pa66 plastik malzemesinin enjeksiyon hızına göre eğme dayanımı değişim grafiği

Bunun nedeni olarak, enjeksiyon hızının artmasıyla elyaf boylarında kırılmaların olduğu düşünülmektedir. Bu yüzden cam elyaf oranının artmasıyla elyaf boylarındaki kırılma ve kopmaların arttığını destekleyen sonuçlar grafikten de görülebilmektedir. Cam elyaf katkılı Pa66 malzemelerde enjeksiyon hızına göre değişimler incelendiğinde enjeksiyon parametresinin eğme dayanımı üzerinde yaklaşık %1.7 ile %2.9 arasında etkisinin olduğu sonucuna varılmıştır. Şekil 2.'den de anlaşıldığı üzere, eğme dayanımı açısından, katkısız Pa66 malzemede en iyi sonuca %100 enjeksiyon hızında ulaşılırken, cam elyaf katkılı Pa66 malzemelerde en iyi sonuca %60 enjeksiyon hızında ve %30 GF katkılı Pa66 malzemede ulaşıldığı tespit edilmiştir.

3.1.3.Enjeksiyon Sıcaklığı

Şekil 3. detaylı bir şekilde incelendiğinde enjeksiyon sıcaklığının artırılıp belirlenen diğer parametrelerin sabit tutulması neticesinde eğme dayanımında artış meydana gelmiştir. Cam elyaf katkıli Pa66 malzemelerde enjeksiyon sıcaklığına göre değişimler incelendiğinde enjeksiyon parametresinin eğme dayanımı üzerinde yaklaşık %1.1 ile %5.7 arasında etkisinin olduğu sonucuna varılmıştır. Şekil 3.'de de görüldüğü üzere, eğme dayanımı açısından, katkısız Pa66 malzemede en iyi sonuca 270 °C enjeksiyon sıcaklığında ulaşılırken, cam elyaf katkıli Pa66 malzemelerde en iyi sonuca 280 °C civarındaki enjeksiyon sıcaklığında ve %30 GF katkıli Pa66 malzemede olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3. GF içeren Pa66 plastik malzemesinin enjeksiyon sıcaklığına göre eğme dayanımı değişim grafiği

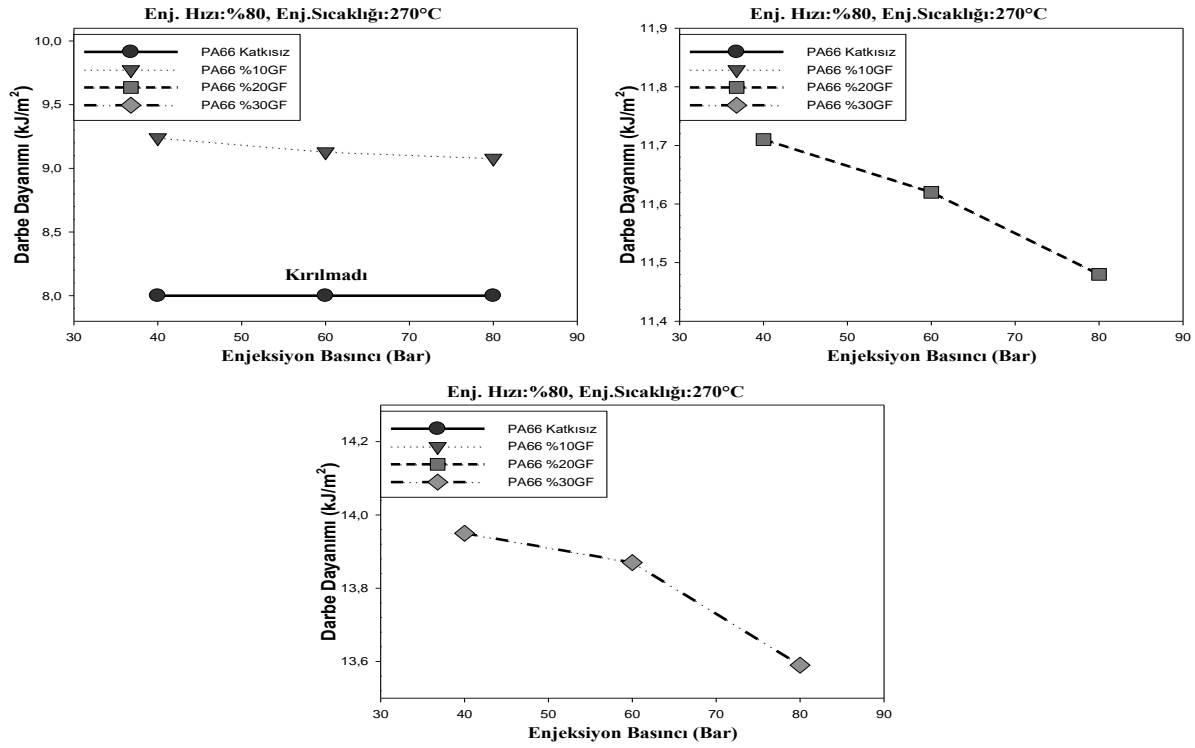
3.2.Darbe Testi

Pa66 polimer malzemesine %10, %20, %30 oranlarda ilave edilen cam elyafın (GF) enjeksiyon parametreleri göz ardı edilerek Şekil 4., Şekil 5. ve Şekil 6 beraber incelendiğinde Pa66 polimer malzemesine %10, %20, %30 oranlarda ilave edilen cam elyafın darbe dayanımlarında, sırasıyla yaklaşık olarak %14, %45 ve %73 değerinde etkilerinin olduğu belirlenmiştir. Yani cam elyaf ilavesinin oranı arttıkça darbe dayanımı artmaktadır. Darbe testinde sadece katkısız Pa66 malzeme kırılmamış olup, darbe değeri üretici firmanın katalog değerinden alınmıştır. Buna göre en düşük darbe dayanımı katkısız Pa66 malzemesinde görülürken, en yüksek darbe dayanımı %30 GF katkıli Pa66 malzemede görülmektedir.

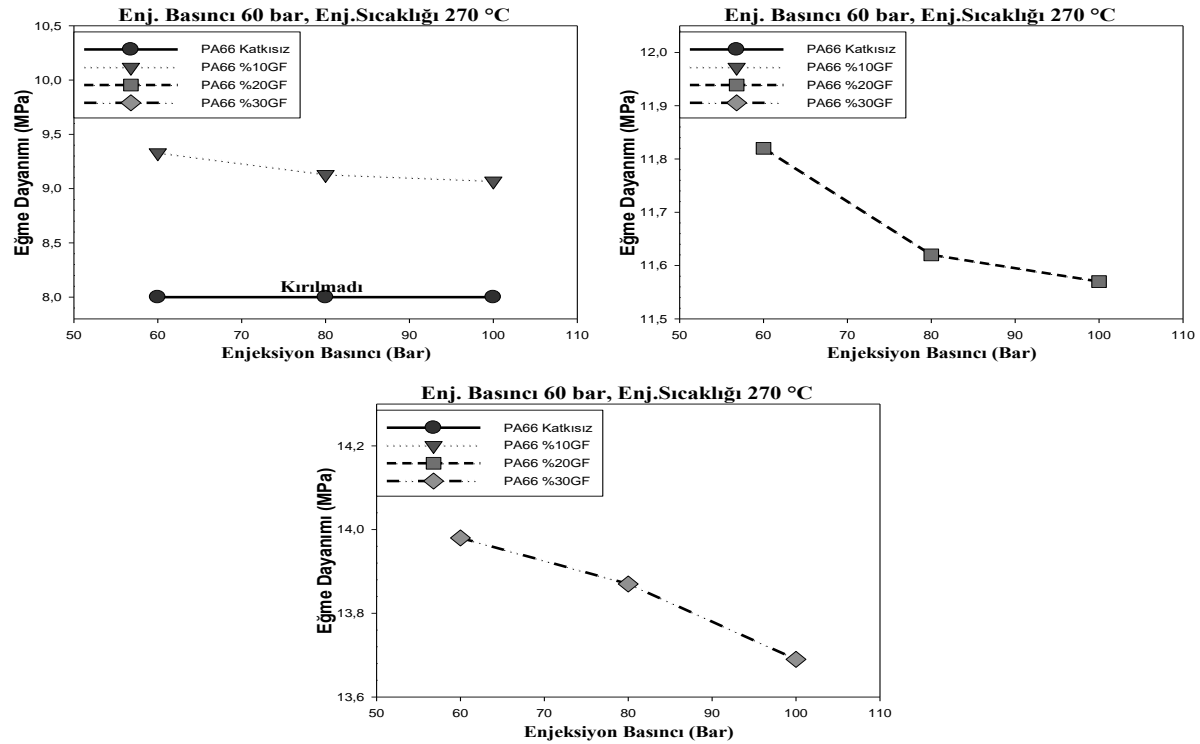
Cansever 2007 yılında yapmış olduğu çalışmada [7], enjeksiyon kovan sıcaklığını artırarak sırasıyla, 13.00, 13.21, 13.31, 13.60, 14.01 kJ/m² olarak darbe mukavemetini tespit etmiştir. Ayrıca sıcaklığın artmasına bağlı olarak kristalleşme yüzdesinin, elyaf uzunluğunun arttığını da ispatlayarak ifade etmiştir. Cansever ayıca çalışmasında, enjeksiyon basıncını artırarak sırasıyla, 14.32, 14.06, 13.31, 13.95, 13.72 kJ/m² olarak darbe mukavemetini bulmuştur. Böylece enjeksiyon basıncının ortalama elyaf uzunluğunu olumsuz yönde etkilediğini ve mekanik özellikleri zayıflattığını ispatlamıştır. Lingesh ve arkadaşları [3], %80 Pa66 ve %20 PP içeren bir karışıma %0, %5, %10, %15, %20, %25 ve %30 cam elyaf takviyesi ile ilgili yaptıkları çalışmada darbe mukavemetinin sırasıyla 63, 59, 48, 42, 40, 37, 35 J/m olarak ölçmüşlerdir. %80 Pa66 ve %20 PP içeren karışıma cam elyafın sisteme katılmasıyla birlikte darbe dayanımı yaklaşık %44 oranında azalmıştır. Kroll ve arkadaşları [8], Pa6 %30 GF katkılı malzemenin charpy darbe mukavemetini 13.1 kJ/m² olarak ölçmüşlerdir. Güllü ve arkadaşları [9], çalışmalarında Pa6 ve PP'ye ilave edilen %15 ve %30 oranlarındaki cam elyaf katkısının enjeksiyon basıncının artırılması sonucunda sadece %15 GF katkılı Pa6 malzemedeki darbe dayanımında artış olduğunu diğer malzeme gruplarında ise azalma meydana geldiğini raporlamışlardır. %15 GF katkılı Pa6 malzeme haricindeki diğer sonuçlar bizim bulduğumuz sonuçları desteklemektedir. Ünal ve arkadaşları [10] çalışmalarında, Pa.6 malzemeye %10, %20, %30 cam elyaf ilave ettiklerinde cam elyaf takviyesiyle birlikte darbe mukavemetinde artış olduğunu görmüşlerdir. Elde ettikleri sonuçları sırasıyla 3.6, 5.8, 7.6, 11.4 kJ/m² olarak bulmuşlar ve etkisinin %60, %210 ve %387 oranında olduğunu açıklamışlardır. Wu ve arkadaşları [4] Pa6, cam elyaf, karbon fiber ve kil üzerine yapmış oldukları çalışmada, Pa6 malzemeye %0, %10, %20 ve %30 oranlarda cam elyaf takviyesi yapmışlardır. Darbe deneyi sonucunda katkısız Pa6'nın darbe değerinin kırılmadığından belirlenemediğini, diğerlerinin ise sırasıyla 425.2, 328.3, 313.7 J/m olarak bulduklarını cam elyaf oranının artmasıyla darbe mukavemetinde azalmanın görüldüğü yorumunu yapmışlardır. Bitirgiç çalışmasında [5], PP malzemeye %0, %15, %22.5 ve %30 cam elyaf ilavesi ile darbe mukavemetini sırasıyla 3.29, 6.04, 9.43 ve 10.99 kJ/m² olarak bulmuş ve cam elyaf ilavesinin darbe mukavemetini arttırdığını tespit etmiştir. Şardan [6] 2009 yılındaki yapmış olduğu çalışmada Polyester malzemeye %10, %15, %20, %25, %30, %35, %40, %45, ve %50 oranlarında ilave ettiği cam elyafın darbe mukavemetini artırdığını tespit etmiştir.

3.2.1.Enjeksiyon Basıncı

Enjeksiyon hızı %80, Enjeksiyon sıcaklığı 270 °C'de sabit tutularak, 40, 60, 80 bar enjeksiyon basınçlarında parçaların baskıları alınarak, bu parçalara darbe deneyi uygulanmıştır. Katkısı Pa66 malzemenin enjeksiyon basıncının değişmesine bağlı olarak ta darbe deneyinde kırılmamıştır. Enjeksiyon parametresindeki değişime göre Şekil 4.'e bakıldığında her bir cam elyaf katkılı Pa66 polimer malzemesi için enjeksiyon basıncının artışına bağlı olarak, plastik parçanın darbe dayanımının azaldığı, görülmektedir. Cam elyaf katkılı Pa66 malzemelerde enjeksiyon basıncının darbe dayanımı üzerinde yaklaşık %1.8 ile %2.6 arasında etkisinin olduğu yapılan deneyler sonucunda ortaya konmuştur.



Şekil 4. GF içeren Pa66 plastik malzemesinin enjeksiyon basıncına göre darbe dayanımı değişim grafiği



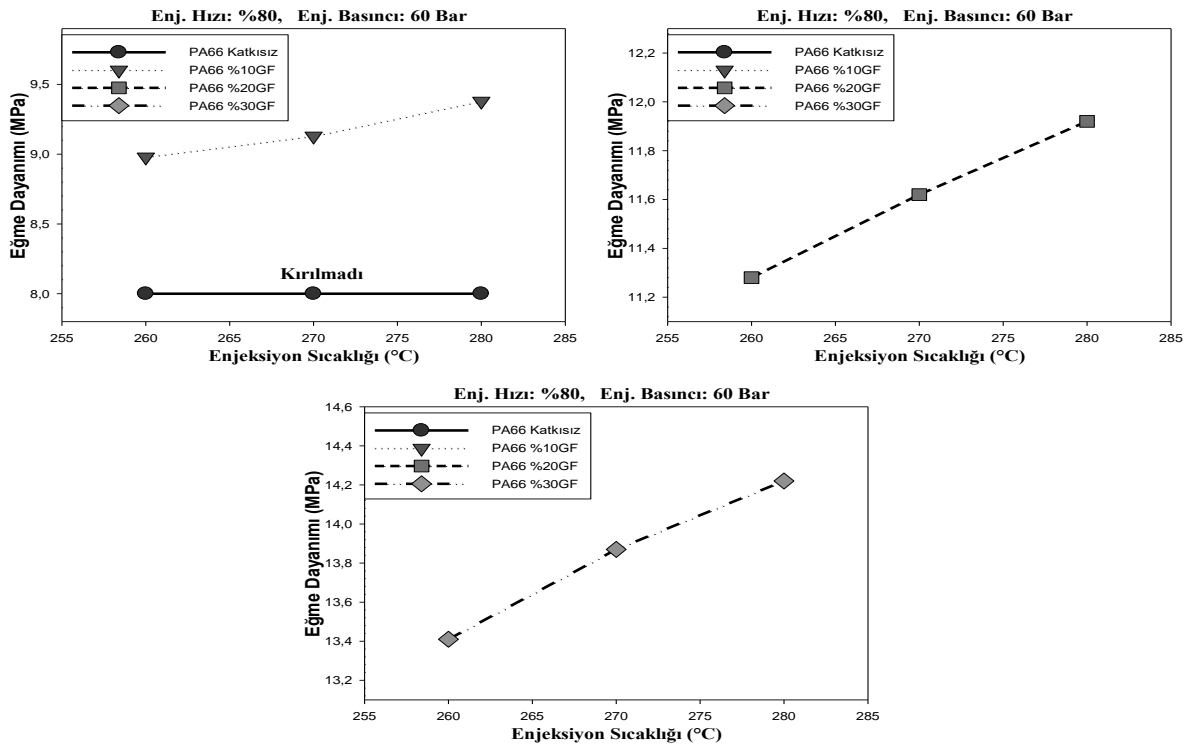
Şekil 5. GF içeren Pa66 plastik malzemesinin enjeksiyon hızına göre darbe dayanımı değişim grafiği

3.2.2.Enjeksiyon Hızı

Enjeksiyon parametresindeki değişime göre Şekil 5 incelendiğinde, enjeksiyon basıncı 60 bar, enjeksiyon sıcaklığı 270 °C’de sabit tutularak, %60, %80, %100 enjeksiyon hızlarında parçaların baskılarının alındığı ve bu parçalara darbe deneyi uygulandığı görülmektedir. Cam elyaf katkılı Pa66 malzemelerin tümünün enjeksiyon hızının artmasına bağlı olarak darbe dayanımlarında azalma meydana gelmektedir. Bunun nedeni olarak, enjeksiyon hızının artmasıyla elyaf boylarında kırılmaların olduğu düşünülmektedir. Bu yüzden cam elyaf oranının artmasıyla elyaf boylarındaki kırılma ve kopmaların arttığını destekleyen sonuçlar grafikten de görülebilmektedir. Cam elyaf katkılı Pa66 malzemelerde enjeksiyon hızına göre değişimler incelendiğinde enjeksiyon parametresinin darbe dayanımı üzerinde yaklaşık %2.1 ile %2.9 arasında etkisinin olduğu sonucuna varılmıştır.

3.2.2.Enjeksiyon Sıcaklığı

Şekil 6.’ya göre enjeksiyon basıncı 60 bar, enjeksiyon hızı %100’de sabit tutularak, 260, 270, 280 °C enjeksiyon sıcaklıklarında parçaların baskıları alınmış ve bu parçalara darbe deneyi uygulanmıştır. Enjeksiyon sıcaklığının artışına bağlı olarak, cam elyaf katkılı Pa66 malzemelerin darbe dayanımları da artmaktadır.



Şekil 6. GF içeren Pa66 plastik malzemesinin enjeksiyon sıcaklığına göre darbe dayanımı değişim grafiği

Enjeksiyon parametresindeki değişime göre Şekil 6 İncelendiğinde, darbe dayanımı açısından, cam elyaf katkılı Pa66 malzemelerde en iyi sonuca 280 °C civarındaki enjeksiyon sıcaklığında ve %30 GF katkılı Pa66 malzemede olduğu tespit edilmiştir.

Kaynaklar

- [1] Akyüz, Ö. F. (1998). Plastikler ve Plastik Enjeksiyon Teknolojisine Giriş. PagevYayınları, İstanbul, 45-89.
- [2] Kaya, F. (2005). Ana Hatlarıyla Plastikler ve Katkı Maddeleri. İstanbul Birsen Yayınevi.:1-238,
- [3] Lingesh B. V., Rudresh B.M., Ravikumar B.N. (2014). Effect of short glass fibers on mechanical properties of Polyamide 66 ve Polypropylene (PA66/PP) thermoplastic blend composites” Procedia Materials Science 5, 1231-1240.
- [4] Wu S.H., Wang F. Y., Ma M.C.C., Chang W.C., Kuo C.T., Kuan H. C., Chen W.J. Mechanical, thermal and morphological properties of glass fiber and carbon fiber reinforced polyamide-6 and polyamide-6 clay nanocomposites. Materials Letters 49. 327–333.
- [5] Bitirgiç, Ç. (2010). Plastik Enjeksiyon Kalıpcılığında PP Malzemeye Katılan ABS ve Cam Elyafın Mekanik Özelliklere Etkisi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Kocaeli/Türkiye
- [6] Şardan B. (2009). Plastik Matrisli Hibrit Kompozitlerde Doku Bileşenlerinin Mekanik Özelliklere Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 124-145.
- [7] Cansever, C.C. (2007). Effects Of Injection Molding Conditions On The Mechanical Properties Of Polyamide Glass Fiber Composites” Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 63-97.
- [8] Kroll M., Langer, B., Schumacher S., Grellmann W., (2009). The Influence of Carbon Black Batches On The Fracture Behavior of Glass Fiber Reinforced PA6/PA66 Blends. Journal of Applied Polymer Science, <http://onlinelibrary.wiley.com>
- [9] Güllü, A., Özdemir A., Özdemir E. (2006). Experimental investigation of the effect of glass fibres on the mechanical properties of Polipropylene and Polyamide 6 plastics Materials and Design 27, 316-323.
- [10] Ünal H., Fındık F., Ay İ. (1999). Geri kazanılmış naylonun mekanik ve mikro yapı özelliklerinin incelenmesi. Makine mühendisleri odası Denizli şubesi bilim günleri sempozyumu. 363-368.