



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy
2011, Volume: 6, Number: 4, Article Number: 1A0262

ENGINEERING SCIENCES

Received: August 2011
Accepted: October 2011
Series : 1A
ISSN : 1308-7231
© 2010 www.newwsa.com

Ahmet Demirer
Serkan Deniz
Sakarya University
ademirer@sakarya.edu.tr
Sakarya-Turkey

ENJEKSİYONDA KALIPLANMIŞ PP VE PP KOMPOZİTİN BİRLEŞME İZİ ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Yapılan deneysel çalışmada katkılı ve katkısız PP malzemelerin enjeksiyon işleminde oluşan birleşme izlerinin mekanik davranışlara etkileri incelenmiştir. Deneysel PP ve PP+%30 cam elyaf (CE) malzemeler kullanılmıştır. Çalışmada aynı enjeksiyon kalıbı ile tek girişli-birleşme izsiz daha sonra simetrik çift giriş açılarak birleşme izli çekme ve eğme numuneleri basılmıştır. Malzemeler üç farklı proses sıcaklığında basılmıştır. Kalıpta soğutma işlemi homojen olarak tasarlanmış ve MOLDFLOW programıyla akış analizi yapılmıştır. Birleşme izli ve izsiz numuneler çekme ve eğme deneylerine tabi tutulmuşlardır. Çalışma sonucunda birleşme izsiz numunelere oranla birleşme izli numunelerde çekme ve eğme mukavemetlerinde sırasıyla PP ve PP %30 CE için %11.04 ve 52.81 azalma, eğme dayanımında ise sırasıyla %23.88 ve 41.14 azalma görülmüştür. Proses sıcaklığının birleşme izinde önemli bir faktör olduğu, düşük sıcaklığın tercih edilmemesinin uygun olacağı görülmektedir. Ayrıca katkılı PP %30 CE malzemelerin birleşme izi mukavemetlerini katkısız olana göre ciddi oranda arttırdığı tespit edilmiştir. Artış çekme mukavemetinde %40.65, eğilme mukavemetinde %102.65 olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: PP, PP Cam Elyaf, Akış Analizi,
Mekanik Özellikler, Birleşme İzi, Termoplastik

THE EXAMINATION OF WELD LINE PROPERTIES IN INJECTION MOLDED PP AND PP COMPOSITES

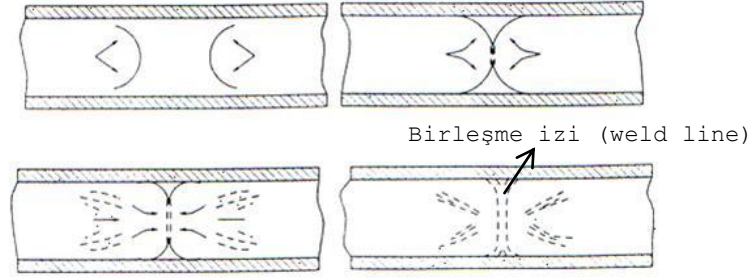
ABSTRACT

In this study, the effect of weld lines occurred in injection moulded components on mechanical behaviours of PP and PP with 30% glass fiber (GF) materials has been investigated. Two types of specimens were produced; with and without weld line by using single gate and double gate moulds. The range of process temperatures was varied depending on the type of material. The mold was designed to achieve homogenous cooling with the help of Moldflow software. The bending and tensile tests were carried out on the specimens. Tensile strength of the PP and PP+30%GF specimens with weld line decreased by 11.04 and 52.81% respectively compared to those without weld line. Bending strength of the specimens with weld line decreased by 23.88 and 41.14% for PP and PP+30%GF samples respectively. It was seen that the process temperature is an important parameter affecting weld line property and low temperatures should not be preferred. PP+30%GF samples with weld line is of higher strength than the unreinforced PP counterpart. The tensile and bending strength of PP+30%GF samples with weld line increased 40.65% and 102.65% respectively.

Keywords: PP, PP Glass fiber, Flow analysis,
Mechanical properties, Weld line, Thermoplastic

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Plastik enjeksiyon yöntemiyle üretilen parçalarda standart sınırlar içerisinde herhangi bir darbe yada kuvvete maruz kalmaları durumunda maksimum dayanıklılık aranmaktadır. Bu dayanıklılığın gerçekleşmesi proses şartlarının uygunluğuna ve aynı zamanda kalıp tasarımının doğru yapılmasına bağlıdır [1]. Parça kalitesine etki eden en önemli unsurlardan bir tanesi de plastik malzemenin kalıp içerisinde birleşme izleri oluşturmalarıdır. İki veya daha fazla akış hattının birleştiği ve kaynaştığı yerlerde oluşan çizgilere birleşme izleri denir. Kalıpta birden fazla giriş, delik çıkaran pimler ya da maçalar, insertler, bozlar vb. erkek parçalar var ise birleşme izi meydana gelmektedir (Şekil1) Önlem alınmaz ve etkilerinin azaltılmasına çalışılmazsa birleşme izleri büyük sorunlar çıkarabilmektedir [2,3]. Birleşme izi görüntünün önemli olduğu bir üründe göze en çarpan yerde derin ve uzun bir çizgi halinde belirebilir, ya da daha kötüsü en ufak bir yükte çatlayabilen çok zayıf bir kesit oluşturabilir. Kullanım esnasında plastik parçanın tamamı veya belli bölgeleri farklı mekanik etkilere maruz kalmaktadır. Şayet bu mekanik etkiler birleşme izlerinin bulunduğu noktalarda oluşursa parçanın hızlı deforme olmasına ve ömrünün azalmasına neden olmaktadır [3].



Şekil 1. Bileşme izinin oluşması [2]
(Figure 1. Weld line formation [2])

Seow ve ark. plastik enjeksiyon kalıplarında akışın optimizasyonu üzerinde çalışmışlardır. Bu çalışma cidar kalınlığını otomatik olarak ayarlayarak kalıp boşluğunun dengeli dolmasını amaçlayan bir yöntemdir. Bu yöntem, Moldflow® ticari yazılımını fortran arabirim kodu kullanarak bilgisayar üzerinde uygulanmaktadır. Bu yöntem kullanarak, birkaç temel geometrik model için kalınlık dağılımının optimizasyonu ile iyi sonuçlar elde edilmişlerdir [4].

INCOE firması yapmış olduğu çalışmalarda iki girişle doldurulan malzemenin birleşme yerinde katlanmalar ve görüntü bozuklukları olduğunu ifade etmekte ve bunu valfli meme sistemiyle giderme yöntemini tavsiye etmektedir [5].

Ersoy ve ark., polipropilen (PP), poliamid-6 (PA6) ve talktan oluşan bir üçlü karışıma sahip kompozitin birleşme izi özellikleri ve morfolojisini incelemişlerdir. Çekmeye maruz kalan numunelerin birleşme izi dayanımı açısından dolgu düzeylerinin uygunluğunu ve etkilerini araştırmışlardır. Talk dolgusu, PP ve PA malzemelerde birleşme izi dayanımlarında düşüş eğilimine rağmen PPPA kompozit malzemelerdeki birleşme izlerinin dayanımı üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu görmüşlerdir [6].

Solymossy ve ark. enjeksiyonda kalıplanmış PP kompozitin birleşme izi özelliklerini incelemişlerdir. Bu makalede farklı fiber oranlarının birleşme izli ve ızsız numunelerin mekanik özelliklerine etkisini üç farklı proses sıcaklığı ve tutma basıncında incelemişlerdir. Çekme dayanımlarının darbeye nispeten fiber oranıyla arttığını belirtmişlerdir. Birleşme ızsız numunelere göre izli

numunelerin darbe ve çekme dayanımlarını düşürdüğünü bunun da fiber oryantasyonundan kaynaklandığını ifade etmektedirler. Lif uzunluğunun mekanik özellikleri üzerinde önemli bir etkisinin olduğunu, darbe dayanımının ve çekme dayanımının artan lif içeriği ile arttığını tespit etmişlerdir [7].

Mikro-enjeksiyon, mikro-mekanik polimer bileşenlerinin seri üretimini sağlayan bir süreçtir. Tosello makalesinin sonuç raporunda birleşme hatlarının derinliğini etkileyen ana etmenlerin, kalıp sıcaklığı ve enjeksiyon hızı olduğunu belirtmiştir. Onlar bu parametrelerin birleşme izlerinin derinliğini %50 ye kadar azaltabildiğini iddia etmektedirler. Ancak birleşme izi genişliğinin, özellikle kalıp sıcaklığından etkilendiğini, daha yüksek kalıp sıcaklıklarında %50 ya kadar birleşme izi genişliğinin azaltıldığını tespit etmişlerdir [3].

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Yapılan bu çalışmada iki farklı termoplastik malzeme kullanılmıştır. PP ve PP %30 CE malzemeler üç farklı proses sıcaklığında çekme ve eğme numuneleri üretildi. Birleşme izi oluşumunu sağlamak için aynı kalıpta giriş yerleri değiştirilerek aynı proses sıcaklıklarında ve basınçta yeni numuneler basılmıştır. Çalışmada kalıp sıcaklıkları, enjeksiyon basınçları ve enjeksiyon süreleri sabit tutulmuştur. Birleşme izi olmayan tek girişli ve birleşme izli (çift girişli) numunelerin çekme ve eğme dayanımları karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir. Akış analizi için MOLDFLOW yazılımından yararlanılarak birleşme izi konumu ve soğutma kanallarının yerleri belirlenmiştir.

Endüstride enjeksiyon işlemlerinde daha çok karşılaşılan problemlerden birisi de birleşme izidir. Birleşme izi sorununun çözümlerinden bir tanesi de proses sıcaklığıdır. Bu çalışmada proses sıcaklığının etkisi üzerine durulmuştur.

3. DENEYSEL ÇALIŞMA (EXPERIMENTAL METHOD)

3.1. Material (Material)

Deneylerde kullanılan polimer malzemelerin bazı teknik özellikleri Tablo1'de verilmektedir. Tabloda verilen proses sıcaklıkları üretici firmanın tavsiye ettiği alt ve üst limitlerdir. Deneylerde kullanılan donanım bilgileri ve genel özellikler Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Deneylerde kullanılan plastik malzemeler ve teknik özellikleri [8]

(Table 1. Plastic material properties [8])

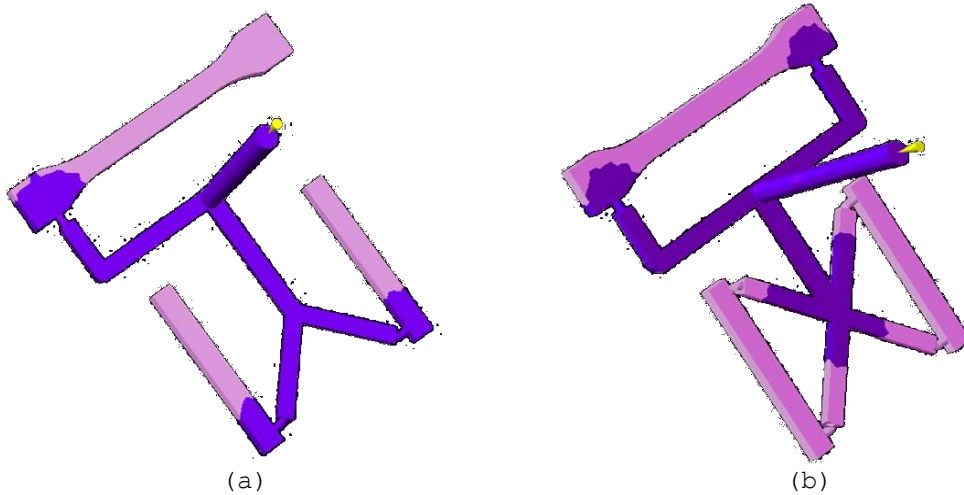
Malzemenin Kimyasal Adı	Ticari Adı	Yoğunluğu (g/cm ³)	Çekme Dayanımı (MPa)	Elastiklik Modülü (MPa)	Proses Sıcaklığı (°C)
PP (Polipropilen)	Petoplen MH 418 Petkim, İzmit/Türkiye	0.90-0.91	30-35	125	180-250
PP %30 CE	Teknoplen HP GFR30 Naturel	1.11-1.13	80-90	420	220-280

Tablo 2. Deneyde kullanılan donanım ve genel özellikler
(Table 2. The properties of the equipment used in the experiments)

Kullanılan Malzeme, Makine ve Takım	Tedarik ve İmal Edildiği Firma	Genel Özellikleri
Plastik Enjeksiyon Kalıbı	EREL Makine Alkan Kalıp Kütsert Makine Sakarya/Türkiye	İki Plakalı, Su Soğutmalı, Parabolik Yolluklu
Enjeksiyon Makinesi	ENGEL (Almanya)	Max Basma Kapasitesi:350 g Max.Kapama Kuvveti: 650 Ton
MOLDFLOW	Berke Kalıp A.Ş. (Sakarya)	Akış analiz Programı
Testometric Deney Cihazı	Testometric (İngiltere)	Çekme ve eğme Cihazı

3.2. Metot (Method)

Polimer akışkanın kalıp boşluğunu homojen olarak aynı zaman diliminde doldurabilmesini sağlamak için yolluk dağıtıcılarının, giriş çaplarının ve uzunluklarının aynı ölçü toleranslarında olmasına dikkat edilmiştir. Ayrıca soğutma kanallarının tasarımı da parçayı homojen bir soğutma sağlayabilecek şekilde Moldflow analiz programından yararlanılarak tasarlanmıştır (Şekil 2). Numunelerin çift girişli olması durumunda meydana gelen birleşme izi ve sıcaklık dağılımı Şekil 3'de gösterilmektedir. Bu analizler ışığında enjeksiyon kalıbı, iki plakalı ve su soğutmalı olarak imal edilmiştir (Şekil 4).

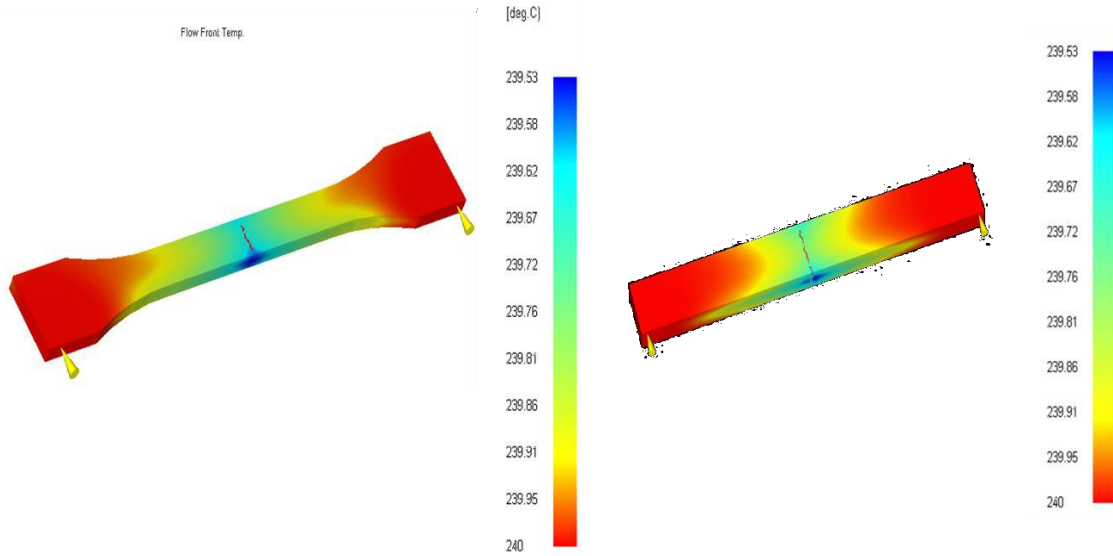


Şekil 2. Moldflow programında (a) Birleşme izsiz (b) Çift girişli-
Birleşme izli numunelerin akış analizi [9]
(Figure 2. The result of flow analysis on the Moldflow
a) single gate b)double gate [9])

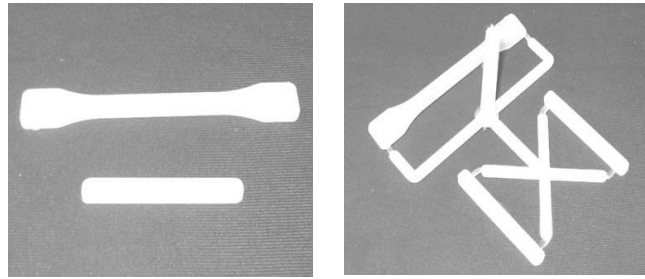
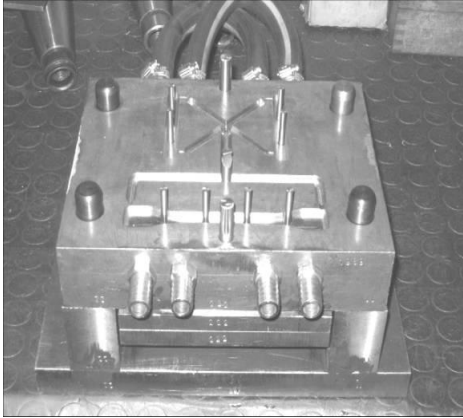
Termoplastik numuneler tavsiye edilen proses sıcaklıklarını aşmadan Tablo 3'de verilen deney şartlarında basılmıştır. Bütün malzemelerde kalıp sıcaklıkları ve enjeksiyon basınçları sabit tutulmuştur.

Kalıpta numuneler iki aşamada basılmıştır. İlk aşamada numuneler önce tek girişli olarak her malzeme için üç farklı sıcaklıkta basılmıştır. İkinci aşamada, kalıpta simetrik olarak belirlenmiş diğer girişler CNC freze ile açılmış ve böylece her bir numuneye çift taraflı eşit ölçülü giriş sağlanarak birleşme izlerinin akış esnasında

numunenin tam ortasında oluşması temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan enjeksiyon kalıbı ve basılan numune örnekleri Şekil 4'de gösterilmektedir.



Şekil 3. Birleşme izli numunelerin akış analizi yardımıyla simülasyonu ve sıcaklık dağılımı [9]
(Figure 3. The results of temperature and weld line simulation [9])



Şekil 4. Enjeksiyon kalıbı a) Tek girişli ve b) Çift girişli numuneler
(Figure 4. Injektion mould a) single gate b) double gate)

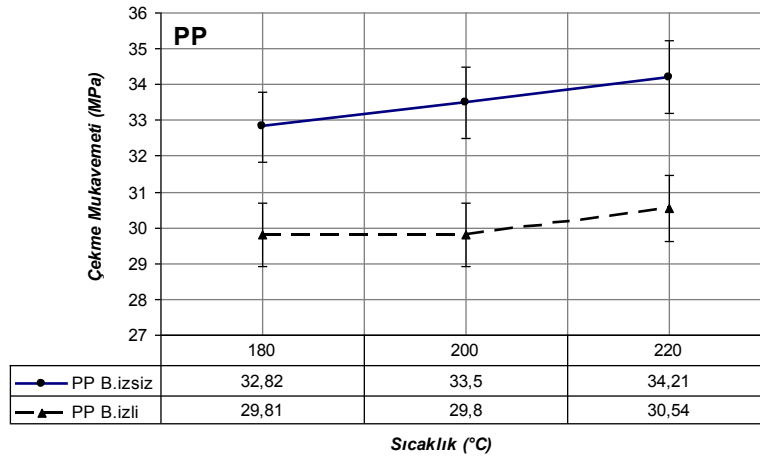
Elde edilen numuneler çekme ve eğme dayanımı testlerine tabi tutulmuştur. Birleşme izli ve izsiz numuneler proses sıcaklığına göre karşılaştırılmış ve birleşme mukavemetine etkileri incelenmiştir. Birleşme izinin kaçınılmadığı tasarımlarda katkılı malzeme kullanılmasının mekanik değerlere ne oranda etki edebileceği ortaya konmaya çalışılmıştır.

Tablo 3. Enjeksiyonla basılan malzemelerin deney şartları[9]
(Table 3. Process conditions for the production of test samples [9])

Polimer Malzemeler	Proses Sıcaklıkları (°C)	Enj. Basıncı (bar)	Ütüleme Basıncı (bar)	Ort. Kalıp Sıcaklığı (°C)
PP	180	100	50	40 - 45
	200			
	220			
PP Katkıllı (%30 CE)	200	100	50	40 - 45
	220			
	240			

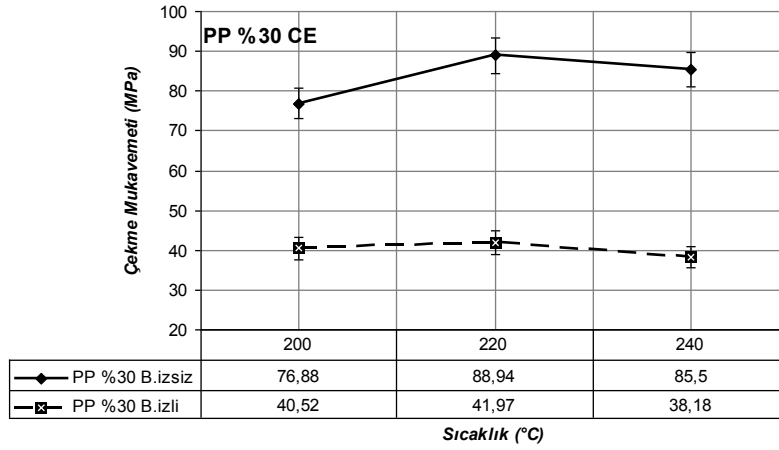
4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR (FINDINGS AND DISCUSSIONS)

Deney sonuçları incelendiğinde birleşme izli numunelerin çekme mukavemetleri birleşme izsiz (tek girişli) numunelerden daha düşük değerdedirler. Numunelerin ortalama proses sıcaklık değerleri dikkate alındığında PP ve PP cam elyaf takviyeli malzemeler için sırasıyla çekme mukavemet değerlerinde %11.04 ve %52.81 oranında azalma görülmektedir (Şekil 5-6 ve Tablo 4). PP cam elyaf takviyeli malzeme için 240°C malzeme bozunma sıcaklığına yakın değerler olduğu için çekme mukavemet değerlerinde bir miktar düşme olduğu düşünülmektedir. Birleşme izsiz PP (katkısız) malzeme için 220°C yüksek proses sıcaklığı iken, birleşme izli parça için birleşme bölgesindeki sıcaklık değerleri daha düşük olmaktadır bu nedenle çekme mukavemeti daha iyi değer verdiği düşünülmektedir.

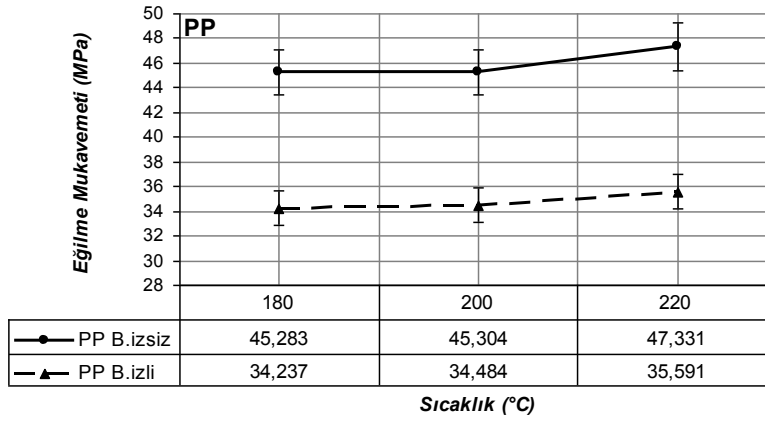


Şekil 5. PP malzemenin sıcaklığa bağlı çekme mukavemeti
(Figure 5. Tensile strength of PP material versus temperature)

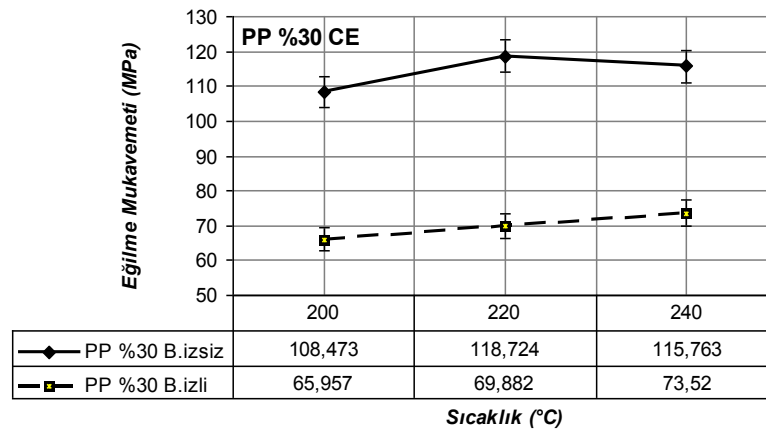
Birleşme izli numunelerin yolluk boyutları uzun olması nedeniyle ısı kayıpları fazla olmaktadır. Bu sebeple birleşme noktasına ulaşan polimer eriyik proses sıcaklığının bir miktar altında kaynamaktadır.



Şekil 6. PP %30 GF malzemenin sıcaklığa bağlı çekme mukavemeti
(Figure 6. Tensile strength of PP 30% GF material versus temperature)



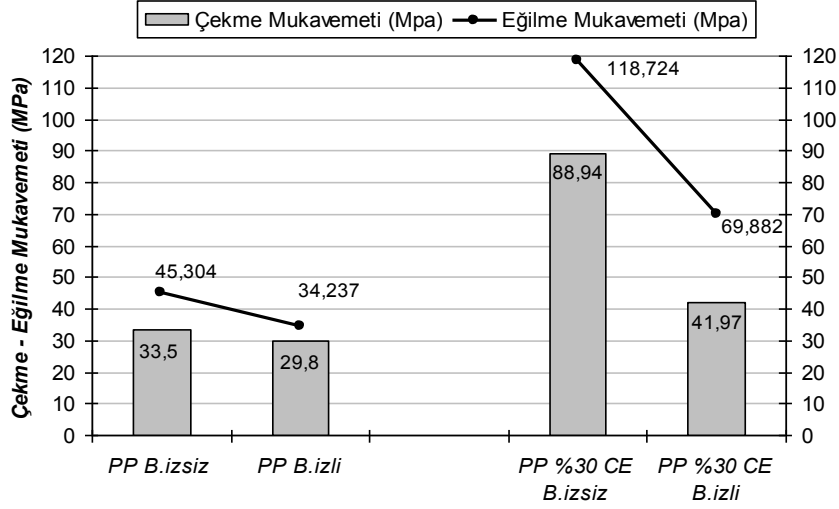
Şekil 7. PP malzemenin sıcaklığa bağlı eğilme mukavemeti
(Figure 7. Bending strength of PP material versus temperature)



Şekil 8. PP %30 GF malzemenin sıcaklığa bağlı eğilme mukavemeti
(Figure 8. Bending strength of PP 30% GF material versus temperature)

Eğme mukavemetleri incelendiğinde birleşme izli numunelerin birleşme izsiz numunelerden daha düşük değerdedirler. Numunelerin ortalama proses sıcaklık değerleri dikkate alındığında, PP ve PP cam

elyaf takviyeli malzemeler için sırasıyla eğme mukavemet değerlerinde %23.88 ve %41.14 azalma görülmektedir (Şekil 7-8 ve Tablo 4). PP ve PP %30 GF malzemenin orta sıcaklıkta çekme ve eğilme mukavemetleri Şekil 9'da karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



Şekil 9. PP ve PP %30 GF malzemenin orta sıcaklıkta çekme ve eğilme mukavemetleri

(Figure 9. Comparing the tensile and bending strenght at medium process temperatures)

Tablo 4.Orta proses sıcaklığında mekanik değerlerdeki azalma oranı
(Table 4. Decrease in the mechanical properties at medium process temperatures)

Birleşme izli malzemeler	Çekmedeki % azalma	Eğmedeki % azalma
PP	11,04	23,88
PP %30 GF	52,81	41,14

5. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLISION AND RECOMMENDATIONS)

Yapılan çalışma sonunda, birleşme izsiz basılan numunelerin birleşme izli basılan numunelere oranla çekme ve eğme dayanımlarının yüksek olduğu tespit edilmiştir. Proses sıcaklığının birleşme izinde önemli bir faktör olduğu düşük sıcaklığın tercih edilmemesinin uygun olacağı düşünülmektedir. Sıcaklığın üst sınırı ise bozunma sıcaklığının altında seçilmelidir. Ayrıca katkılı PP %30 GF malzemelerin birleşme izi mukavemetlerini katkısız olana göre ciddi oranda arttırdığı tespit edilmiştir. Artış çekme mukavemetinde %40.65, eğilme mukavemetinde %102.65 olarak belirlenmiştir. Şayet bir plastik enjeksiyon kalıbında ihtiyaç yoksa birden fazla yolluk girişinin tercih edilecek olmasının malzemenin mekanik davranışlarına olumsuz yönde etki ettiği görülmektedir. Birleşme izinin kaçınılmaz olduğu durumlarda katkılı malzeme kullanılması uygun bir tercihtir. Diğer bir yol ise tasarımsal olarak birleşme izlerinin, parçanın mekanik dayanımını pek etki etmeyecek bölgelere kaydırılmasıdır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Savascı, Ö.T., Uyanık, N. ve Akovalı, G., (1998). Plastikler ve Plastik Teknolojisi, Cantay kitapevi, İstanbul/Türkiye. (Plastics and Plastic Technology).

2. Burçođlu, M. ve Ünsalan, B., (1989). Plastik işleme Teknikleri ve Kalite Kontrol, TMMOB, Kimya Müh. Odası, pp:65-85, (Plastic Processing Techniques and Quality Control, Chemical Engineer's Union)
3. Tosello, G., Gava, A., Hansen, H.N., Lucchetta, G., and Marinello, F., (2009), Characterization and Analysis of Weld Lines on Micro-Injection Moulded Parts Using Atomic Force Microscopy (AFM), WEAR 266 pp.534-538.
4. Seow, L.W. and Lam, Y.C., (1997). Optimizing Flow in Plastic Injection Molding", Journal of Materials Processing Technology72 pp.333-341.
5. Karl, H.V., (2001). Incoe, Kunststoffe catalog, München, August 2001.
6. Ersoy, O.G. and Nugay, N., (2004). A new approach to increase weld line strength of incompatible polymer blend composites: selective filler addition, Polymer 45 pp.1243-1252.
7. Solymosy, B. and Kovács, J.G., (2008), The Examination of Weld Line Properties in Injection Molded PP Composites, Materials Science Forum, Vol. 589 pp. 263-267
8. Petkim, (2010). Petrochemicals Holding Inc. Product catalog, www.petkim.com.tr
9. Deniz, S., (2006). Plastik Enjeksiyon Kalıplarında Birleşme İzlerinin Mekanik Davranışları Üzerine Etkilerinin Deneysel Olarak İncelenmesi, SAÜ, Fen Bilimleri Enst. Eyl. 2006. (Investigation of Effects of Weld Lines in the Mechanical Characteristics of Polymer Injektion Molding, Sakarya Uni. Science Ins., Sept. 2006).