8. Uluslar Arası Kırılma Konferansı Bildiriler Kitabı 7 – 9 Kasım 2007
Prooceedings of 8th International Fracture Conference 7 – 9 November 2007
Istanbul/TURKEY

KALSİYUM KARBONAT MİNERAL DOLGU MADDESİNİN POLİPROPİLEN RANDOM KOPOLİMER BORU MALZEMESİNİN PERFORMANSINA ETKİSİ

Tülin ŞAHİN ve Şenol ŞAHİN

KO.Ü., Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü, KOCAELİ

ÖZET

Bu çalışmada, poliolefin grubu plastiklerden olan ve boru üretiminde kullanılan polipropilen random kopolimerin (PP-R) fiziksel ve mekanik özelliklerine kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) mineral dolgu maddesinin etkisi çalışılmıştır. Enjeksiyon esnasında farklı oranında ilave edilen mineral dolgu maddesinin fiziksel ve mekanik özelliklere etkisi incelenmiştir. Çekme, instrumente edilmiş Charpy çentik darbe ve Shore D sertlik deneylerinin yanında yoğunluk, erime akış indeksi, diferansiyel tarama kalorimetre deneyleri farklı oranlarda mineral dolgu maddesi ilave edilmiş deney numunelerine uygulanmıştır. Fiziksel ve mekanik özelliklerdeki değişiklikler farklı oranında ilave edilen mineral dolgu maddesi miktarına bağlı olarak açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Polipropilen random kopolimer, kalsiyum karbonat, mekanik özellikler.

EFFECTS OF CALCIUM CARBONATE MINERAL FILLER ON THE PERFORMANCE OF PIPE GRADE POLYPROPYLENE RANDOM COPOLYMER

ABSTRACT

In this study, the effects of calcium carbonate ($CaCO_3$) filer on the physical and mechanical properties of poliolefin pipe grade polypropylene random copolymer are investigated. The filler is added at a pre-defined percent during the injection of the test samples. Tensile, instrumented Charpy impact and Shore D tests as well as density, melt flow index and differential scanning calorimeter tests are performed on test samples containing different amount of calcium carbonate filler. The variations in the physical and mechanical properties are investigated as function of the filler content.

Key words: Polypropylene random copolymer, calcium carbonate, mechanical properties.

1. GİRİŞ

Plastik malzemeler; havacılıktan otomotiv endüstrisine, tıptan tarımsal kullanıma, gıda sanayinden inşaat sektörüne kadar günlük yaşamın hemen her alanında kullanılmaktadır. Plastik malzemelerin Türkiye'deki kullanımı 40 kg/kişi olup bu rakam dünya ortalaması olan 25 kg/kişiye göre ileride ancak gelişmiş ülkelere göre ise az da olsa 3-5 kg/kişi gerisinde yer almaktadır. Bu sektörde gerçekleştirilen yıllık büyüme oranı %15'lerde olup bu ülke ortalamasının oldukça üzerindedir. Plastik kullanımı açısından kat edilen bu olumlu

gelişmeye karşılık ülke genelinde kullanılan plastik hammaddenin sadece %25'i Türkiye'de üretilmekte, geri kalanı ise ithal edilmektedir. Hammadde açısından bu dışa bağımlılık ülke ekonomisi için önemli bir döviz çıktısı anlamına gelmektedir [1].

Günümüzde, hammadde olarak petrol ve petrol ürünleri ile doğal gaz tercih edilirken bunlardan elde edilen monomerler, polimer malzeme üretiminde başlangıç maddesi olarak kullanılmaktadır. Ancak, karbon (C) verebilen her türlü maddeden, taş kömürü ve linyit kömürünün yanında, ağaç ve bitkilerden, kireç taşından ($CaCO_2$) ve son olarak ta havadaki karbondioksitten (CO_2) polimer malzemeler üretmek için uygun teknolojiler bulunmuş ve kullanılır hale getirilmiştir. Bu teknolojilerin ne zaman kullanılacağı ise sadece maliyetlerle ilgili bir sorudur [2, 3]. Bu nedenle hammaddesi tükenmeyecek olan yegane malzeme grubu polimer malzemelerdir. Diğer taraftan plastiklerin *yaşam boyu dönüşüm* (Life Cycle Assesment - LCA) değerlerinin cam, demir, alüminyum, nikel gibi inorganik yapıdaki malzemelere göre düşük olması ve plastik atıkların geri dönüşüm işlemi ile ve enerji olarak ta değerlendirilebilir olması plastik malzemelerin diğer malzemelere göre doğada göreceli yani daha az kirlilik yaptığı çevreci gruplar tarafından da kabul görmeye başlamıştır [4].

Yüzyılımızın malzemesi olan plastik malzemeler [5] dünya petrollerinin çok ufak bir kısmını (% 4) tüketmesine rağmen [6], petrokimyanın arz-talep durumu, plastik ürünlerin arz-talep durumunu doğrudan etkilerken dünya ham petrol fiyatları termoplastik ürünlere genellikle gecikmeli olarak ta olsa yansımaktadır [7]. Ülkemizdeki plastik sektörü girdi olarak kullandığı termoplastiklerin yaklaşık %70'lik kısmını yurt dışı pazarlardan sağlamaktadır. Ülkemize dışarıdan ithal edilen termoplastik hammadde fiyatlarında, dış tedarikçiler Petkim fiyatlarını dikkate alarak fiyat politikası uyguladıklarından gelişmiş ülkeler ile ülkemizdeki plastik firmaları arasında haksız bir rekabet yaşanmaktadır. 1999 yılı sonu itibariyle plastik ürünleri sanayii kapasitesi verilerinde boru profil kapasitemizin 906.094 ton/yıl ile toplamdaki payının %32.4 ile en büyük oranda olduğu göz önüne alınır ve Ülkemizdeki toplam 2000'in üzerindeki irili ufaklı firma arasından ancak %10-15 i Avrupa'daki birçok ülke ile rekabet edebilir düzeyde bulunduğu ve sektörün kullandığı plastik hammaddesinin yaklaşık %90'nının termoplastik olduğu düşünülürse yurt dışına transfer edilen dövizin büyüklüğü tahmin edilebilir [4].

Plastik hammaddeler çeşitli yöntemlerle ürünlere dönüştürülürken nihai ürünün gerek maliyetlerini azaltmak gerekse kalitesini iyileştirmek için şekillendirme esnasında ana plastiğe birtakım katkı ve dolgu maddeleri de ilave edilirler. PVC'den üretilen ürünlerde bu katkılar dünyada olduğu gibi ülkemizde de yıllardır kullanılmaktadır. Ancak insan sağlığının ön planda olduğu ürünlerde kullanılması ve kullanım sonrası imha edilmesi sırasında çevreye zarar vermesi ile ilgili sürekli tartışma konusu olan PVC'nin yerine farklı malzemelerin kullanılması konusunda çalışmalar gelişmiş ülkelerde hızla devam etmektedir. Poliolefin grubu plastiklerden olan PE ve PP malzemelerden üretilen ürünlerde de bu katkıların ($CaCO_3$, talk ve baryum sülfat) kullanılabileceği [8] konusunda son yıllarda sürdürülen birtakım araştırmalar ve pilot uygulamalar olmakla birlikte ülkemizde bu konuda teknik bilgi birikimi ve herhangi bir uygulama söz konusu değildir. $CaCO_3$ türü katkıların poliolefin borularda kullanımı sayesinde plastik borular lehinde önemli bir kalite avantajı sağlanıp maliyetlerde kayda değer azalmalar ve dolayısıyla da ülke ekonomine ve ekolojiye katkı sağlanmış olunacaktır.

Plastiklerin yaygın olarak kullanıldığı yerlerden olan boru iletim sistemlerinde PE ve PP gibi poliolefin grubu borular, ev ve enerji, kimya, çimento ve tarım gibi çeşitli iş kollarında basınçsız ve basınçlı, sıcak ve soğuk, temiz ve atık (pis) su ve sıvılarla diğer gaz ve katı

haldeki maddelerin iletilmesinde, dağıtılmasında ve atılmasında farklı türdeki boru iletim sistemlerinde çok yaygın olarak kullanılmakta ve bu kullanımı sürekli artmaktadır [2, 10].

Plastik boruların hem maliyetlerini düşürüp kalitelerini yükseltmek hem de kullanım alanlarını ve oranlarını genişletmek için ana polimer içine birtakım dolgu ve katkı maddeleri katılmaktadır [11, 12, 13, 14, 15]. Bu katkıların doğru ve uygun oranlarda kullanımı katkılarının yararını maksimize etmek için bir zorunluluktur. Bu dolguların önemlilerinden olan ve Ülkemizde de kaliteli ve zengin rezervleri bulunan $CaCO_3$ mineral dolgu maddesinin poliolefin grubu boru malzemelerinin performanslarına etkileri ve özellikle de poliolefin grubu boruların iç basınç performans özelliklerine etkileri konusunda ciddi bir çalışma yapılmamış olmasının yanında mineral dolgulu poliolefin grubu boruların regresyon eğrileri olarak ta bilinen Basınç-Sıcaklık-Zaman Eğrileri hala belirsizliğini korumaktadır.

Bu çalışma sayesinde $CaCO_3$ mineral dolgu maddesinin poliolefin grubu boru malzemelerinin performans özelliklerine etkisi konusunda hem konunun bilimsel bir şekilde deneysel araştırılması gerçekleştirilip mevcut parametreler (% hacim ve/veya % ağırlık oranında mineral dolgu maddesi miktarına bağlı olarak) ele alınmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

2.1. Malzemeler

Çalışmada kullanılan temel polimer naturel renkte ve granül halde Borealis firması tarafından RA130E (polipropilen random kopolimer) ticari ismi ile üretilen PP-R kullanılmıştır. Önemli bazı fiziksel ve mekanik özellikleri konusunda, enjeksiyonla kalıplama yöntemiyle üretilen standart deney numunelerinden elde edilmiş üretici verileri Çizelge 1'de bir araya getirilmiştir.

Çizelge 1. PP-R boru malzemesinin fiziksel ve mekanik özelliklerine ait üretici verileri

	Test Metodu	Test Şartları	Birim Sistemi	RA130E Naturel
Çekme akma gerilmesi	ISO 527-2	50 mm/dak	MPa	25
Çekem akma uzaması	ISO 527-2	50 mm/dak	%	13.5
Çekme elastisite modülü	ISO 527	1 mm/dak	MPa	900
Charpy darbe (çentikli)	ISO 179	+23°C	kJ/m^2	20
Charpy darbe (çentikli)	ISO 179	-20°C	kJ/m^2	2
Sertlik	ISO 868	Shore D		60
Vicat yumuşama sıcaklığı	ISO 306	B (50 N)	oC	65
Yoğunluk	ISO1183		gr/cm^3	0.900

Polipropropilen (PP) çok sayıda çeşitli tiplerde doğal ve sentetik dolgu maddesi kabul etmesine olanak veren iyi mekanik özellikleri ve işlenebilirliği ile bilinmektedir. Değişkenlik kabiliyeti aynı zamanda partikül şeklindeki dolgularla birlikte üretilmesine olanak sağlamıştır [11, 16]. Kısmi kristalli termoplastiklerin ve bunların katkılı olanlarının mekanik davranışları çok sayıdaki araştırmanın son yıllardaki konusu olmuştur. Bu malzemelerin şekil değiştirme karakteristiklerini anlamak üzere pek çok deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir [14].

Bu çalışmada katkı ve/veya dolgunun PP-R'nin mekanik özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Katkı ve/veya dolgu maddesinden başka katkı ve/veya dolgu maddesi miktarının da malzemenin tüm mekanik özelliklerine etkisinin olduğu varsayılmıştır [12].

Katkının ve katkı miktarının PP-R 'nin mekanik özelliklerine etkisini tespit edebilmek için mineral dolgu maddesi olarak kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) kullanılmıştır. Yerli olmayan üreticiler tarafından mamul olarak granül halde üretilen ve tüm poliolefin grubu için hazırlanmış olan $CaCO_3$ 'ın temel bazı özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir.

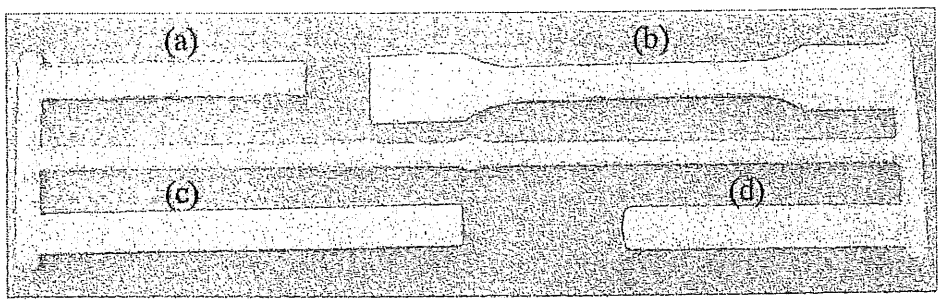
Çizelge 2. Çalışmada kullanılan kalsiyum karbonata ($CaCO_3$) ait bazı veriler

	Test Metodu	Test Şartları	Birim Sistemi	Mineral Madde
$CaCO_3$ oranı	-	-	%	98
Ortalama partikül çapı (D%50)	-	-	µm	2
En büyük partikül çapı (D%98) [TopCut]	-	-	µm	10
Yoğunluk	ISO787/10	-	g/ml	2.17
Erime akış indeksi	ISO 1133	230°C/2.16 kg 190°C/2.16 kg	g/10 dak	18 10
Parlaklık	DIN 53163	Ry, C/2°	%	85

2.2. Deney Numunesi Hazırlama

Bu çalışmada iki grup deney numunesi hazırlanmıştır. Birinci grup için naturel malzemeye enjeksiyon esnasında kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) mineral dolgu maddesi hacimce %5, %10, %15, %20, %25, %30 ve %35 (ağırlıkça %11.26, %21,13 %29.85, %37.61, %44.56, %50.82 ve %56.49) miktarlarında ilave edilerek malzemenin katkılanması sağlanmıştır. İkinci grup için naturel malzeme (katkısız) kullanılarak enjeksiyonda Şekil 1'de görülen deney numunesi grubu elde edilmiştir.

Birinci ve ikinci grup deney numunelerinin hazırlanmasında teknik özellikleri Çizelge 3'te verilen ERAT FE130/95 Model Enjeksiyon Makinesi Çizelge 4'te verilen enjeksiyon ayarlarında ve kalıp soğutma suyu sıcaklıklarında kullanılmıştır.



Şekil 1. Enjeksiyonla üretilen deney numunesi grubu a) Charpy darbe, b) Çekme, c) Üç nokta eğme, d) Yanmazlık numunesi (numunelere ait kalınlıklar sırasıyla 4.0 mm., 4.0 mm., 4.0 mm., ve 1.0 mm)

Çizelge 3. ERAT FE130/95 model enjeksiyon makinesinin teknik özellikleri

Enjeksiyon Ünitesi	Birim Sistemi	Boyutları
Vida çapı	mm	45
Vida stroku	mm	140
Vida hızı	devir/dak	0-175
Eritme kapasitesi	kg/sa	17
Maksimum strok hacmi	cm^3	22
Spesifik enjeksiyon basıncı	kg/cm^2	772
Enjeksiyon meme dayanma kuvveti	ton	2.1
Mal itme kuvveti	kN	13
Isıtma gücü	kW	4.2
Isıtma bölgesi	bölge	3

Çizelge 4. Deney numunesi üretiminde kullanılan enjeksiyon ayarları ile soğutma suyu sıcaklıkları

Üretim Sıcaklık [°C]	Meme $200\,^{+5}_{0}$	1. Bölge $200\,^{+5}_{0}$	2. Bölge $205\,^{+5}_{0}$	3. Bölge $210\,^{+5}_{0}$
Basınç ve hızlar	Enjeksiyon 100 bar	Ütüleme 70 bar	Enjeksiyon 2 m/s	Mal Alma 9 m/s
Zamanlar	Enjeksiyon 11 s	Mengene Bekleme 3 s	Birim Bekleme 40 s	Ütüleme 10 s
Soğutma suyu [°C]	1 nolu Giriş $10\,^{+5}_{0}$	2 nolu Giriş $20\,^{+5}_{0}$	3 nolu Giriş $15\,^{+5}_{0}$	

3. KALSİYUM KARBONATIN ($CaCO_3$) ETKİSİ

3.1. Charpy Darbe Enerjisine Etkisi

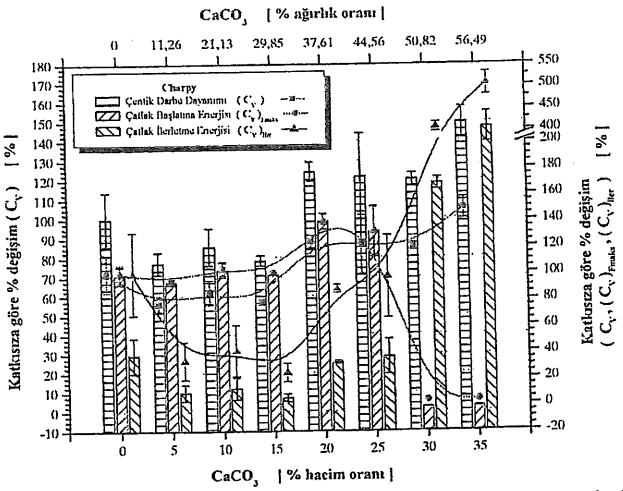
PP-R malzemelerin darbelere karşı davranışlarına kalsiyum karbonatın ($CaCO_3$) etkisini belirlemek üzere, Charpy numunelerine 22°C ± 1°C sıcaklık ve %50 ± 10 nem oranındaki ortamında ISO 179/1eU standardına uygun Charpy deneyleri uygulanmıştır. Deneyler çarpma hızı 2.53 m/s olan CEAST marka instrumente edilmiş Charpy darbe test cihazıyla gerçekleştirilmiştir. Charpy deneyleri ile elde edilen kuvvet (F)-zaman (t)- ve kuvvet (F)-yol (x) diyagramlarından maksimum kuvvet (F_{Maks}) [N], maksimum enerjisi W [J] ve maksimum kuvvetteki enerji (W_{Fmaks}) [J] gibi malzeme büyüklükleri saptanmıştır. Her bir deneyden elde edilen enerji (W) değerleri denklem 1'de yerine konarak malzemelerin kJ/m^2 cinsinden Charpy Çentik darbe mukavemeti (C_v) hesaplanmıştır.

$$C_v = \frac{W}{h \cdot b \cdot \phi_c} \qquad (1)$$

Burada; (C_V) Charpy çentik darbe mukavemeti [kJ/m^2], (W) Charpy darbe enerjisi [J], (h) numune kalınlığı [m], (b) numune genişliği [m] ve (ϕ_c) çentik numunesi geometrisine bağlı olarak Plati ve Williams [17] tarafından önerilen Charpy geometri düzeltme faktörüdür.

Deneylerden iki enerji türü elde edilmiştir. Biri maksimum kuvvete kadar olan enerji ki bu enerji Charpy çatlak başlatma enerjisi [$(C_V)_{Fmax}$] olarak düşünülebilir ve ikincisi ise konvansiyonel olarak Charpy darbe enerjisi olarak bilinen ve darbe boyunca harcanmış olan toplam enerjidir. Dolayısıyla bu iki enerji arasındaki fark ki, bu enerji maksimum kuvvetten sonra olan enerjidir Charpy çatlak ilerletme enerjisi [$(C_V)_{iler}$] olarak kabul edilebilir.

Her bir değer için kullanılan 5'er adet Charpy numunesinden elde edilen değerler Chouvenant kriterine göre istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve değişimler naturel (katkısız) Charpy numunesi baz alınarak % olarak grafikleştirilmiştir. İnstrumente edilmiş Charpy darbe deneylerinden, $(C_V)_{Fmax}$ enerjisinin hacimce %20 $CaCO_3$ oranına kadar değişmediği buna karşın C_V ve $(C_V)_{iler}$ enerjilerinde artan $CaCO_3$ oranına bağlı olarak sırasıyla maksimum %20 ve %90'lik azalmaların meydana geldiği ve hacimce %20'den sonra $CaCO_3$ oranın artmasıyla C_V ve $(C_V)_{iler}$ enerjilerinde yaklaşık maksimum %40'lık bir artışın ve buna karşın $(C_V)_{Fmax}$ enerjisinde maksimum %95'lik bir azalmanın meydana geldiğini gösteren hacimce $CaCO_3$ oranına bağlı olarak Charpy darbe, çatlak başlatma ve çatlak ilerletme enerjileri değişimleri Şekil 2' de verilmiştir.



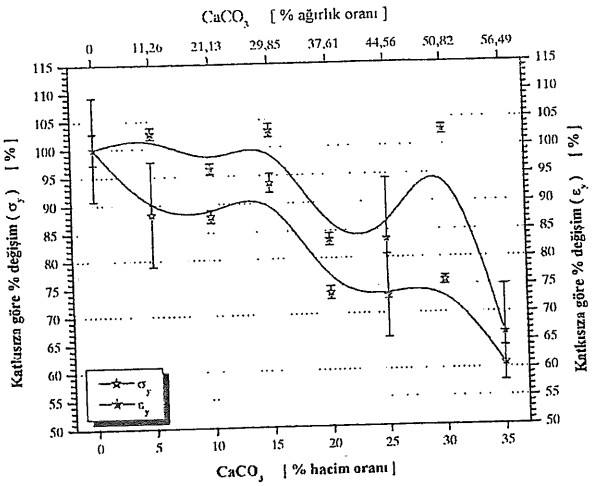
Şekil 2. Naturel PP-R malzemesine göre instrumente edilmiş Charpy darbe testinden elde edilen C_V -$CaCO_3$ miktarı, $(C_V)_{Fmax}$ -$CaCO_3$ miktarı ve $(C_V)_{iler}$ -$CaCO_3$ miktarı.

Şekil 2'den malzeme yapısının sünek yapıdan gevrek yapıya geçişin yaklaşık hacimce %20 $CaCO_3$ oranından sonra gerçekleştiğini göstermektedir. Bu sonuçlar pratikte üç nedenden dolayı önemlidir. Birincisi yaklaşık hacimce %20 $CaCO_3$ oranında PP-R boruların $(C_V)_{Fmax}$ 'nin azalmasına karşın hem C_V 'nin hem de $(C_V)_{iler}$ 'de artış göstermesi nedeniyle hem hammadde tasarrufu ikincisi hem de boruda var olan veya oluşan bir çatlağın büyümesinin engellenebilmesi sağlanabilirken, üçüncüsü ise boruların ağırlaşması nedeniyle lojistiğinin ve döşenmesinin daha kolay olmayacağının ortaya koymaktadır. Bu üç önemli nokta boruların $CaCO_3$ ile katkılandırılmasına dikkat çekmektedir.

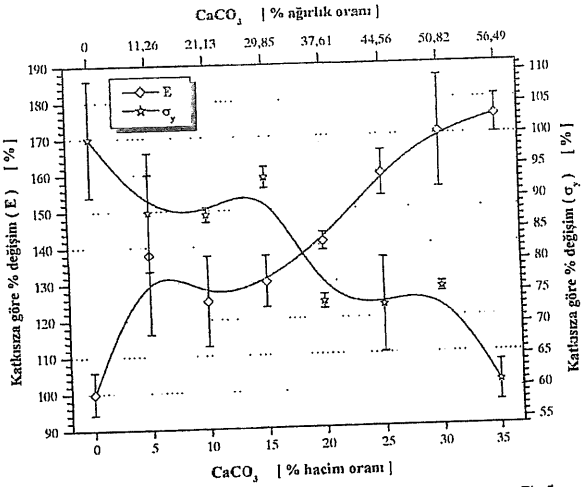
3.2. Çekme Özelliklerine Etkisi

Çekme deneylerinde, çekme numuneleri, TS 1398-2 veya ISO 527-2 standardında verilen 156mm.x10mm.x4 mm. boyutlarındaki Tip 1A çekme numunesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çekme numunesi, çekme cihazındaki çekme çenelerine, enjeksiyon girişi sabit çene tarafında olacak şekilde yerleştirilmiştir.

Çekme deneyi sonuçlarının, kullanılan çekme makinesi ve programına bağlı olarak belirli ölçüde farklılıklar gösterebildiğine dair sonuçlar bilinmektedir [18]. Çekme makinesi olarak kapasitesi 5 kN ve sistem kodu 4411 H 4240 olan çekme cihazı kullanılmıştır. Çekme makinesi, mekanik tahrikli olup düşey hareketi, her iki yanında bulunan vidalı sütunlar sayesinde gerçekleştirmektedir. Kuvvet ve uzunluk değişimlerini elektronik olarak algılayan ve ekstansometre (uzama ölçer) bağlantısı da bulunan cihazın, bir kablo ve soket vasıtasıyla, bilgisayarla irtibatı sağlanmıştır. Test programının çekme deneyi süresince farklı çekme hızı uygulanabilmesine imkan vermesinden yararlanılmıştır. Bu nedenle, genel olarak mekanik özelliklere etki eden parametrelerin tespitinde çekme hızı olarak 50 mm/dak kullanılmıştır. Deneyler 22°C ± 1°C sıcaklık ve %50 ± 10 nem oranındaki ortamda en az 5 deney numunesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. Naturel PP-R malzemesine göre Çekme testinden elde edilen σ_y - $CaCO_3$ miktarı ve ε_y - $CaCO_3$ miktarı



Şekil 4. Naturel PP-R malzemesine Çekme testinden elde edilen E - $CaCO_3$ miktarı ve σ_y - $CaCO_3$ miktarı

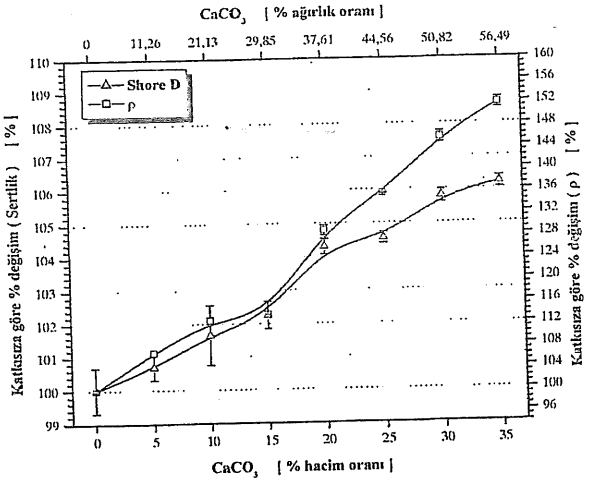
Farklı hacim oranlarında ilave edilen kalsiyum karbonatın ($CaCO_3$) akma gerilmesi (σ_y) ile yüzde akma uzamasına ($\%\varepsilon_y$) etkisi Şekil 3'te ve elastisite modülüne (E) etkisi ise Şekil 4'te verilmiştir. Şekil 3 akma gerilmesinin ve yüzde akma uzamasının hacimce ilave edilen $CaCO_3$ miktarına bağlı olarak lineer bir düşüş eğilimi gösterdiklerini, Şekil 4 ise elastisite modülünün hacimce ilave edilen $CaCO_3$ miktarına bağlı olarak kısmen lineer bir artma eğilimi içinde olduğunu göstermektedir.

Artan $CaCO_3$ miktarına bağlı olarak elastisite modülünün artma buna karşılık akma gerilmesinin de (σ_y) azalma eğilimi vermektedir. Öte yandan yüzde akma uzamasının ($\%\varepsilon_y$) ise $CaCO_3$ miktarına bağlı olarak azalma eğilimi gösterdiğini veren sonuçlar daha önce yapılmış olan çalışmalarda [12] mevcuttur. Bu nedenle Şekil 3 ve Şekil 4 birlikte değerlendirildiğinde ana polimer ile $CaCO_3$ partikülleri arasında iyi bir yapışma oluşmadığı düşünülebilir [11]. Çünkü elastisite modülü (E) değerlerinin alındığı şekil değiştirme hızı (1

mm/dak.) ve şekil değiştirme miktarı çok küçük iken akma gerilmesi (σ_y) ile yüzde akma uzaması (%ε_y) değerlerinin alındığı şekil değiştirme miktarı yüksektir.

3.3. Sertlik Özelliklerine Etkisi

PP-R deney numunelerinin $CaCO_3$ miktarına bağlı olarak Shore D sertlik değerlerinin değişimi $CaCO_3$ miktarına bağlı olarak yoğunluğun (ρ) değişimi ile birlikte Şekil 5'de verilmiştir. Shore D sertlik numunesi olarak enjeksiyon kalıplama ile elde edilmiş olan üç nokta eğme numunesi kullanılmış olup boyutları 12 mm. x 124 mm. x 4 mm.'dir. Beklendiği üzere malzeme de, çekme testinde elde edilen sonuçlarla uyum içinde artan $CaCO_3$ miktarı ile Shore D sertlik değerinin de arttığı görülmektedir.



Şekil 5. Naturel PP-R malzemesine göre Sertlik testinden elde edilen Shore D - $CaCO_3$ miktarı ve ρ - $CaCO_3$ miktarı

3.4. Fiziksel ve Isıl Özelliklerine Etkisi

PP-R deney numunelerinin $CaCO_3$ miktarına bağlı olarak erime akış indeksi (EAİ) ile yoğunluk (ρ) değerlerinin değişimleri Şekil 6'de verilmiştir.

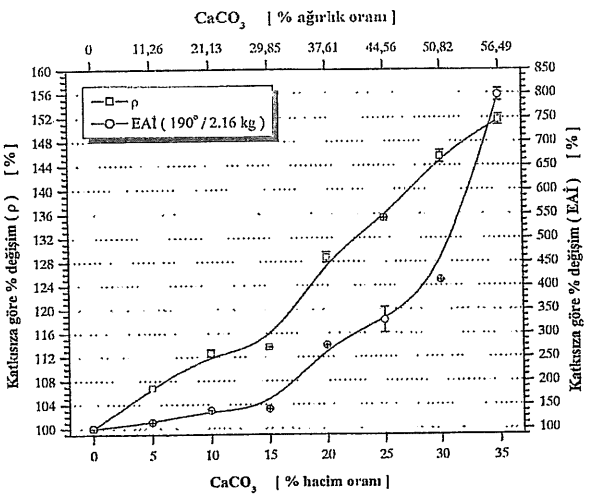
Erime akış indeksi (EAİ) numunesi olarak enjeksiyon kalıplama ile elde edilmiş olan üç nokta eğme numuneleri olup boyutları 12 mm. x 124 mm. x 4 mm.'dir. EAİ deneyi, TS 1323 ve ISO 1333 standartları dikkate alınarak, Zwick 4105 erime akış indeksi deney cihazı kullanılarak yapılmıştır. PP-R malzemeler için deneyler 190°C ve 2.16 kg yükte gerçekleştirilmiştir. 20 mm. ön ısıtma batma derinliği, 116 mm. hurda alma mesafesinden sonra 240 s. aralıklarındaki bekleme sürelerinde üç adet numune alınarak ölçülmüş ve değerler g/10dak olarak ifade edilmiştir.

Bu deney, özellikle plastik hammaddesi üreten ve işleyen firmaların, üretimlerinin aynı kalitede olmasını kontrol edebilmeleri açısından çok faydalı olup plastiğin erimiş haldeki viskozitesinin ölçülmesinde kullanılmaktadır. EAİ deneyi, polimerin bozulma tipini (zincir kopması, çapraz bağlama gibi) ve bozulmanın genişlemesini karakterize etmek için kullanılan basit ama uygun bir metottur. EAİ polimerlerin molekül ağırlığının tersi ile ilişkilidir ve erimiş polimerin akış karakteristiklerini gösterir. Genel bir kural olarak, akmaya direnci daha

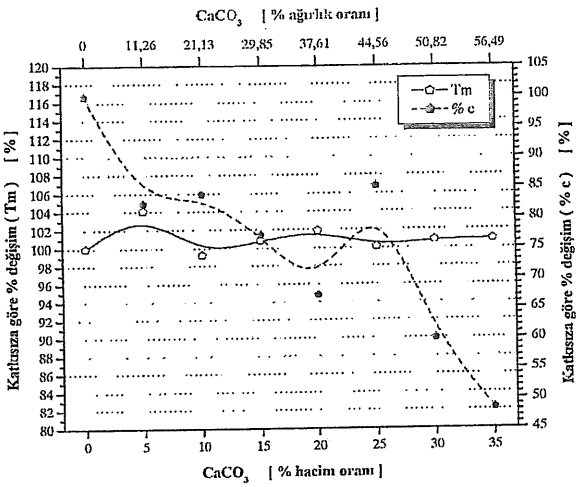
fazla olan plastiğin (küçük EAİ) molekül ağırlığı; direnci daha küçük olana (yüksek EAİ) göre daha fazladır [19].

Şekil 6 artan $CaCO_3$ miktarına bağlı olarak PP-R numunelerinin hem EAİ'lerinin, hacimce %5'e kadar kısmi sabitlik dışında, hem de yoğunluklarının kısmen orantılı olarak arttıklarını göstermektedir. Artan $CaCO_3$ miktarı ile EAİ artması kalıp boşluklarının daha düşük enerji ile daha iyi doldurulmasına olanak sağlarken, yoğunluğun artması elde edilen mamulün ağırlaşmasına ve buna bağlı olarak ta örneğin nakliye masraflarının artmasına neden olabilmektedir.

Diferansiyel tarama kalorimetre (Diffefencial Scanning Calorimeter-DSC) deneyleri için TS 2249 ve ISO 3146 standartları dikkate alınmıştır. Deneylerde, 10 mg. ağırlığındaki deney numuneleri kullanılmıştır. Bu numuneler, homojen bir ölçüm elde etmek için enjeksiyon kalıplama ile elde edilmiş olan üç nokta eğme numunelerinin enjeksiyon girişine en uzak kenarından kesilerek elde edilmiştir. DSC deneylerinde, Rheometric Scientific Polymer Laboratories cihazı kullanılmıştır. Thermal Sciences Division Plus V U5.40 yazılım programı ile desteklenen cihazın basınç odasında bulunan iki alüminyum keseciklerinden birine konulan deney numunesinin, diğerine bulunan karşılaştırma numunesine bağlı olarak odanın endotermik olarak ısıtılmasıyla erime davranışı gözlenmiştir.



Şekil 6. Naturel PP-R malzemesine göre ρ - $CaCO_3$ miktarı ve EAİ - $CaCO_3$ miktarı



Şekil 7. Naturel PP-R malzemesine göre T_m - $CaCO_3$ miktarı ve %c - $CaCO_3$ miktarı

Şekil 7 PP-R deney numunelerinin $CaCO_3$ miktarına bağlı olarak kristalin erime sıcaklığı (T_m) ile kristalleşme derecesi (%c) değerlerinin değişimlerini göstermektedir.

Deneyler 10 ml/dak hızındaki azot gazı atmosferinde 10°C/dak'lık ısıtma hızında gerçekleştirilmiştir. Erime grafiklerinden PP-R malzemelerin, kristalin erime sıcaklığı (T_m) ve kristalin erime enerjisi (entalpisi, ΔH_{sc}) değerleri okunmuştur. Ayrıca tamam (%100) kristalin PP-R malzemesinin ısıl füzyon (entalpi) değeri ΔH_c kullanılarak PP-R malzemelerin kristalleşme dereceleri (c) hesaplanmıştır. PP-R malzemelerin kristalleşme dereceleri (c) hesaplanırken denklem 2 kullanılmıştır [3, 9].

$$c = \frac{\Delta H_{SC}}{\Delta H_C} \cdot 100 \qquad (2)$$

Burada; ΔHc: %100 kristalin polimer malzemenin erime entalpisi (kJ/kg), ΔHsc: kısmi kristalin malzemenin erime entalpisi (kJ/kg) ve c: malzemenin kristalleşme derecesi (%) olarak göz önüne alınmıştır.

Malzemelerin mikro yapısal özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan DSC deneyleri ile PP-R malzemelerin mekanik özelliklerindeki değişimlerin kristalleşme derecesini nasıl etkilediğini incelemek ve ortaya koymak amacıyla yapılmıştır.

Şekil 7 artan $CaCO_3$ miktarına bağlı olarak PP-R numunelerinin T_m 'lerinin belirli bir bant içinde sabit kalmasına karşın % c'lerinin hacimce %5 ila %10 ile aralığında kısmi sabitlik göstermesinin dışında %c'lerinin kısmen orantılı olarak azaldığını göstermektedir.

4.SONUÇLAR

Bu çalışmada kalsiyum karbonat (CaCO3) mineral dolgu maddesinin polipropilen random kopolimer (PP-R) plastik boru malzemesinin performansına etkisi incelenmiştir. Sonuçlar aşağıda maddeler halinde özetlenebilir;

1- Plastik boru imalatında kullanılan polipropilene $CaCO_3$ ilavesi, malzemenin birim fiyatını azaltırken bazı mekanik özelliklerde olumlu, bazı özelliklere ise olumsuz yönde etki etmiştir.

2- Hacimce %15'in üzerindeki $CaCO_3$ ilavesi çentik darbe dayanımına önemli bir etki yapmamıştır.

3- Artan $CaCO_3$ ile malzemenin akma mukavemeti ve akma uzaması lineer olarak azalmıştır.

4- Malzemenin elastik modülü $CaCO_3$ içeriği arttıkça daha belirgin olarak artmakta. Elastik modüldeki bu artış yerden döşemeli ısıtma sistemlerinde ve bilhassa toprak altında çalışan ve üzerindeki yük dolayısı ile ovalleşmeye maruz kalan polipropilen atık su ve drenaj boru hatları için olumlu bir katkıdır. Böylece $CaCO_3$ katkısı sayesinde bir taraftan borunun birim maliyeti azaltılırken diğer taraftan da elastik modüldeki artış dolayısı ile elde edilen daha rijit bir borunun yük altındaki ovalleşmesi azaltılmaktadır.

5. KAYNAKLAR

1 YAYLA, P., "Günümüzde ve Gelecekte Plastik Borular", *PAGEV Plastik Araştırma Geliştirme ve İnceleme Dergisi, Yıl 12,* Sayı 61, Mart-Nisan 2002, s. 70-73

2 YAYLA, P. ve ŞAHİN, Ş.,"Plastik Boruların Sıhhi Tesisat ve Isıtma Sistemlerinde Kullanımı", *PAGEV Plastik Araştırma Geliştirme ve İnceleme Dergisi*, Yıl 12, Sayı 64, Eylül- Ekim 2002, s. 100-105

3 MENGES, G., Werkstoffkunde Kunststoffe, 4. Auflage, Carl Hanser Verlag, ISBN 3-446-19600-5, München, 1998.

4 DPT, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Plastik Ürünleri Sanayi Özel İhtisas Komisyonu Raporu, http//ekutup.dpt.gov.tr/imalatsa/plastik/oik563.pdf.

5 MÜLLER, A., 1995. "Zur Lage der Westeuropeaischen Kunststoffindustrie", *Kunststoffe* 85. 10. 1504-1512.

6 KILAVUZ, İ. ve Yayla, P.,." Plastikler Sürdürülebilir Bir Gelecek İçin İş Başında " Çev. APME, *PAGEV Plastik Araştırma Geliştirme ve İnceleme Dergisi*, Yıl 14, Sayı 74, Mayıs-Haziran 2004, s. 56-65

7 ÇETİNKAYA, M., *PAGEV Plastik Araştırma Geliştirme ve İnceleme Dergisi*, Ocak-Şubat, 98-103, 2001.

8 MICKLEY, R., "Use of fillers in pipe extrusion", BATTENFELD.

9 YAYLA, P. ve ŞAHİN, Ş., "Polipropilen Random Kopolimerin Yaşlanması (Depolanması) ile Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinde Meydana Gelen Değişimler ", *PAGEV Plastik Araştırma Geliştirme ve İnceleme Dergisi*, Yıl 13, Sayı 70, Eylül- Ekim 2003, s. 124-133

10 BRESSER, R., "PP Pipe Systems for Plumbing, Heating and Industrial Applications", 2001.

11 LEONG, Y.W., MOHD.ISHAK, Z.A., ARIFFIN, A., *Journal of Applied Polymer Science*, 91, 3327-3336, 2004.

12 LEONG, Y.W., ABU BAKAR, M.B., MOHD.ISHAK, Z.A., ARIFFIN, A., PUKANSZKY, B., *Journal of Applied Polymer Science*, 91, 3315-3326, 2004.

13 ZHOU, Y. and MALLICK, P.K., *Polymer Engineering and Science*, 42, 72, 2002.

14 ZHOU, Y. and MALLICK, P.K., *Polymer Engineering and Science*, 42, 12, 2002.

15 WAH, C.A., CHOONG, L.Y., NEON, G.S., *European Polymer Journal*, 36, 789-8001, 2000.

16 HADAL, R.S., DASARI, A., ROHRMANN, J., MISRA, R.D.K., *Materials Science and Engineering A*, 372, 1-2, 296-315, 2004.

17 PLATI, E., E. and WILLIAMS, J., G., *Polymer Engineering and Science*, 15, 470, 1975.

18 BREUER, H., DUPP, G., JANTZ, R., WÜBKEN, G., TIBA, M., H., and TÜLLMANN, R., Campus vor weltweiter Verbreitung Teil 1: Stand der internationalen Normung, Kunststoffe 84, 7, 1994.

19 SAVAŞÇI, Ö. T., UYANIK, N. ve AKOVALI, G., Ana Hatları İle Plastikler ve Plastik Teknolojisi, 2. Baskı, PAGEV Yayınları, ISBN 975-6816-02-8, İstanbul, 2002.

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Sayfa/Page

On the pre-fracture zone model in elastic body at the crack tip on the interface of media 1
Anatoly KAMINSKY, Leonid KIPNIS, Michael DUDIK, Genady KHAZIN

Özellikleri fonksiyonel olarak değişen malzemelerde karışık mod yükleme altında çatlak başlama açıları ve gerilim şiddet çarpanları 10
Crack initiation angles and stress intensity factors in functionally graded materials under mixed mode loading
Alpay ORAL, İbrahim Hakan ÇOPUR, Günay ANLAŞ

Fraktal geometriyle modellenmiş rijit pürüzlü yüzey ile kayma teması yapan yarı-sonsuz ortamdaki çatlak ilerlemesinin sonlu elemanlar yöntemiyle analizi 20
Finite element analysis of crack propagation in a semi-infinite medium in sliding contact with a rigid rough surface modeled by fractal geometry
Alaettin ÖZER, Hasan SOFUOĞLU

Crack initiation and growth in circular saw made from tool steel 31
İsmail UCUN, Mehmet ÇOLAKOĞLU, Süleyman TAŞGETİREN

Çatlaklı kirişlerde yer değiştirmelerin analitik olarak belirlenmesi 41
Analytical determination of deflections of cracked beams
M.Arif GÜREL, Murat KISA, Mustafa ÖZEN

The Dugdale's type crack model for elliptic crack at multiaxial loading 51
Gregory GALATENKO

Üzerinde delik bulunan kesici diskin sonlu elemanlar metodu ile gerilme analizi 57
Stress analysis of sawing disc having hole by using finite element method
İsmail UCUN, Kubilay ASLANTAŞ, Süleyman TAŞGETİREN, İ.Sedat BÜYÜKSAĞIŞ

Near-surface penny-shaped crack at the interface of physical-mechanical properties of a material 67
V. P. KUSHNIRENKO, V. M. NAZARENKO

The critical velocity of a moving time-harmonic load acting on a pre-stressed plate resting on a pre-stressed half-plane 74
Surkay AKBAROV, Nihat İLHAN

Fracture of a three layer elastic panel 84
Mehmet Tarık ATAY

HMK kafesli metal ve alaşımların kırılma tokluğu üzerine bir standart projesinin geliştirilmesi. 94
Development of a standard project on fracture toughness of bcc metals and alloys.
Galip SAİD, Halil AYTEKİN

Ti-6Al-4V alaşımlarında çentiklerde superpozisyon etkisinin incelenmesi 104
Investigation of superposition effect of notched Ti-6Al-4V alloy
Asım GÜVEN, Tamer SINMAZÇELİK, Volkan GÜNAY

On the plastic zone formation near a crack in anisotropic body 115
Eugene KURCHAKOV, Gregory GAVRILOV

Sayfa/Page

The delamination buckling of the elastic and viscoelastic rectangular composite plate containing a band-crack 126
Surkay D. AKBAROV, Nazmiye YAHNİOĞLU, Ordjali G. RZAYEV

On the theoretical strength limit of the layered elastic composites in compression 137
Arzu ÇİLLİ

Fracture of an orthotropic plate with periodical system of collinear cracks under biaxial loading, 147
Olga BOGDANOVA

Influence of the scheme of fixing the shaft border sections of the shaft over the frequency coefficient of responsiveness toward registered one-side transverse symmetrical cracks 153
Varvara VESELINOVA-GUTEVA, Nikolay MINCHEV

Hafif silahlara karşı preslenerek ve preslenmeden üretilen yüksek yoğunluklu polietilen (UHMW-PE) zırh plakalarının terminal balistik özelliklerinin incelenmesi 176
The examination of terminal ballistic qualifications of high density polythene (UHMW-PE) armor plaque which are produced with pressing and without pressing against small arms
Can CANDAN

Bor katkılı zırh çeliklerinin kırılma davranışı 186
The fracture behavior of boron added armor steels
Şadi KARAGÖZ, Hakan ATAPEK

Effects of mechanically drilled parts on tensile ductility and fracture behavior of a structural steel 197
Somayeh ALIPOUR, Hassan FARHANGI, Changiz DEHGHANIAN

Strength characteristics of molybdenum in high-temperature gas medium 207
Anatoly BASHTA, Mikhail SELIVANOV

A semi-analytical method for solution of the linear viscoelasticity problems 212
Yuri CHORNOIVAN

Vida açmada talaşın oluşmasına harcanan işin vidalı parçanın yorulma dayanımına etkisi 218
The effect of the cutting energy on the fatigue life of the threaded specimens
Eldar FETULLAYEV, Hamza Kemal AKYILDIZ, Atila Abir İĞCİ

AISI 1045 çeliğinin düz ve fretting yorulma davranışları üzerinde indüksiyonla sertleştirmenin etkisi 227
Influence of induction hardening on fretting fatigue behavior of AISI 1045 steel
Recep SADELER, Ahmet Bilal SENGUL, Ayhan CELİK, Yasar TOTİK

Ticari saf titanyumun yorulma davranışı 236
Fatigue behavior of commercially pure titanium
Mehmet CİNGİ, Onur MEYDANOĞLU, Murat BAYDOĞAN,
Hüseyin ÇİMENOĞLU, E. Sabri KAYALI

Bilyeli dövme işlemi ve yüksek sıcaklığın, bakır ilaveli toz metal çelik parçaların yorulma dayanımına etkisinin incelenmesi 342
Investigation of the shot peening effect of elevated temperature on the fatigue strength of cubber added p/m steels
Ali BAŞARAN, Süleyman BAŞTÜRK, Remzi VAROL, Gürsev PİRGE, Hatice VAROL

	Sayfa/Page
Anisotropy of fracture toughness characteristics of prestrained orthotropic material under uniaxial cyclic loading Vladimir BASTUN	253
Poliolefin malzemelerde çevresel gerilme çatlak ilerlemesi *Environmental stress crack propagation in poliolefine materials* Paşa YAYLA, Şenol ŞAHİN, İlbeyi KILAVUZ	259
Kalsiyum karbonat mineral dolgu maddesinin polipropilen random kopolimer boru malzemesinin performansına etkisi *Effects of calcium carbonate mineral filler on the performance of pipe grade polypropylene random copolymer* Tülin ŞAHİN, Şenol ŞAHİN	269
UV ışınları yardımıyla kaplanan polikarbonatların mekanik özelliklerinin incelenmesi *Investigation of mechanical properties of polycarbonate coating by UV beams* Yalçın BOZTOPRAK, M.Vezir KAHRAMAN, Z.Seden AKDEMİR, Atilla GÜNGÖR	280
İmalat yöntemlerinin yüksek yoğunluklu polietilen'in (YYPE) tek eksenli çekme davranışı üzerindeki etkisi *The effect of manufacturing methods on uniaxial tensile behavior of high density polyethylene (HDPE)* Necmi DÜŞÜNCELİ, Özgen U. ÇOLAK	290
On influence of residual stresses on fracture of composite materials containing interacting cracks Viacheslav BOGDANOV	302
Long-term crack growth in 3-D reinforced polymer Mikhail SELIVANOV	312
Kalsiyum karbonat katkılı polipropilen random kopolimer malzemenin mekanik özelliklerine soğuk çekmenin etkisi *Effect of cold drawing on mechanical properties of calcium carbonate filled polypropylene random copolymer.* Şenol ŞAHİN, Tülin ŞAHİN	320
Sol-jel tekniğiyle kaplanan polikarbonatların fiziksel özelliklerinin incelenmesi *Investigation of physical properties of coated polycarbonates by sol-gel methods* Yalçın BOZTOPRAK, M.Vezir KAHRAMAN, N. Apohan KAYAMAN, Atilla GÜNGÖR	330
Buckling, post-buckling and failure analysis of hat stiffened composite panel Faruk ELALDI	338
Al-Mg alaşımı üzerine yapılan farklı kompozit yamaların çentikli çekme dayanımına etkisi *Effect of different composite patches upon notched tensile strength of Al-Mg alloy* Ahmet SAMANCI, Ahmet AVCI	346
Effects of sebs and sebs-g-ma modifications on the fracture behavior of i-pp/glass bead and I-pp/wollastonite composites Onur BALKAN, Halil DEMİRER, Ayhan EZDEŞİR, Hüseyin YILDIRIM, Ülkü YILMAZER	351

Sayfa/Page

E-Camı/Epoksi tabakalı kompozitlerin düşük hızlı darbe davranışına numune boyutlarının etkisi 361
Size effect on low velocity impact behavior of laminated e-glass composite
Mesut UYANER, Memduh KARA, Necati ATABERK

Termal çevrimlere maruz bırakılmış polimer kompozitlerin düşük enerjili tekrarlı darbeler altındaki davranışlarının incelenmesi 369
Low velocity repeated impact behavior investigation of thermal aged polymer composites
Onur ÇOBAN, Mustafa Özgür BORA, Tamer SINMAZÇELİK, İsmail CÜRGÜL

Farklı enerjilerde ardışık tekrarlı darbelere maruz kalan polimer kompozitlerin darbe davranışlarının incelenmesi 380
Impact behavior investigation of repeatedly impacted polymer composites at various energies
Mustafa Özgür BORA, Onur ÇOBAN, Tamer SINMAZÇELİK, İsmail CÜRGÜL

Farklı çatlak açılarına sahip çelik tel takviyeli polietilen kompozitlerin yorulma yükü altında kırılma davranışlarının incelenmesi 390
Investigation of the fracture behavior of woven steel reinforced polyethylene composites on the fatigue load with inclined cracks
Ahmet AVCI, Ömer Faruk ERKENDİRCİ

Çelik tel takviyeli Zn-Al 5 (Zamak 5) alaşımının kırılma davranışı 401
Fracture behavior of steel wire reinforced Zn-5%Al (Zamac 5) alloy
Hüseyin ARIKAN, Füsun SAHAR

Yüzey çentikli Al-Mg alaşımı üzerine yapılan farklı kompozit yamaların çekme dayanımına etkisi 409
Effect of different composite patches upon tensile strength of Al-Mg alloy with a surface notch
Ahmet SAMANCI

Tabakalı kompozitlerin darbe cevabına vurucu şeklinin etkisi 415
Influence of the impactor shape on the impact response of composite laminates
Memduh KARA, Mesut UYANER

Cam kumaş takviyeli termoplastik kompozitlerde kırılma davranışlarının incelenmesi 422
Investigation of the fracture behavior of woven glass reinforced polyethylene composites
Ahmet AVCI, Mürsel EKREM, Ömer Faruk ERKENDİRCİ

Çelik tel takviyeli polietilen kompozitlerde yorulma çatlak büyümesi 435
Fatigue crack growth of woven steel reinforced polyethylene composites
Ömer Faruk ERKENDİRCİ, Ahmet AVCI, Ahmet AKDEMİR

Sürekli alümina fiberlerle takviyeli çok tabakalı seramik kompozitlerde fiber-matriks ara yüzeyinin hasar mekanizmaları ve mekanik özelliklere etkisi 445
The effects of matrix-fibre interface on the damage mechanisms and mechanical properties of continuous alumina fibre-reinforced multilayer ceramic matrix composites
Cengiz KAYA, Figen KAYA, Ted BUTLER, Krishan K. CHAWLA

An investigation on ITZ microstructure of the concrete containing waste vehicle tire 453
Mehmet EMİROĞLU, Servet YILDIZ, M. Halidun KELEŞTEMUR

Effect of extrusion process on ductility and fracture behavior of SiCp/ aluminum-alloy composites 460
Amir PAKDEL, H. FARHANGI, M. EMAMY

age		Sayfa/Page
361	Effect of hot extrusion temperature on particle breakage and fractography of silicon carbide-reinforced Al-6061 alloy composite materials Amir PAKDEL, H. FARHANGI, M. EMAMY	470
369	Yapıştırma bağlantılarının dayanımı üzerine kürleşme basıncının etkisi *The effect of curing pressure on the strength of adhesively bonded joints* Murat Demir AYDIN, Şemsettin TEMİZ, Adnan ÖZEL	470
380	Biçimlenebilen magnezyum alaşımlardan kaynaklı birleştirmelerin yorulma dayanımı değerlendirmelerinde mikro-destek etkisi konseptinin uygulanması *Application of the micro-support concept for assessment of the fatigue strength of the welded joints of the magnesium wrought alloy AZ31* Özler KARAKAŞ, Alper GÜLSÖZ, Christoph MORGENSTERN, C. Morris SONSINO, Martin VOGT, Klaus DILGER	480
390	Sürtünme karıştırma kaynağı ile birleştirilen polietilen levhalarda kaynak bölgesi özelliklerinin belirlenmesi *Determination of welded zone properties on friction stirs welded polyethylene sheets* Armağan ARICI, Alpay Tamer ERTÜRK	490
401	A parametric study on fatigue life behavior of spot welded joints Ahmet Hanifi ERTAŞ, Fazıl Önder SÖNMEZ	498
409	Horizontal split-web fractures of flash butt welded rails Hassan FARHANGI, Seyed Mostafa MOUSAVIZADEH	509
415	Investigation of the effects of aging on the room and high temperature tensile properties and fracture of stainless steel 316L weld metal Asadollah KARIMIYAN, Hassan FARHANGI and Ali Amari ALLAHYARI	518
422	Filaman sarım kompozit boruların mix moda göre statik iç basınç altındaki hasar davranışı *Failure behavior of filament wound composite pipes under static internal pressure according mix mode* Hüseyin ARIKAN	527
435	Bir ambulansa ait direksiyon çolak kolunun hasar analizi *Failure analysis of a steering arm at an ambulance* Ali GÖKŞENLİ, Barlas İ. ERYÜREK	534
445	Dizel otomobil pompa milinin yorulma kırılması analizi *Fatigue failure analysis of diesel automobile pump axle* Mustafa YAŞAR	544
453	Pim bağlantılı tabakalı kompozit plakada ön gerilme momenti ile geometrik parametre değişiminin hasar analizine etkisi *Effect of preload moment and geometrical parameters to failure behavior of pin-loaded laminated composite plates* Yeliz PEKBEY	554
460	An investigation on failure analysis of titanium gas turbine compressor blades H. Sepehri AMIN, A. KERMANPUR, S. Ziaei RAD, H. FARHANGI, M. MOSADDEGHFAR	563

	Sayfa/Page
Fractographic and microstructural investigation of the failure of high temperature Nimonic 80a insert bolts Hassan FARHANGI, Peyman SAMIMI	570
Fractographic investigation of the failure of second stage gas turbine blades Hassan FARHANGI, Ali Asghar FOULADI MOGHADAM	577
Fractographic investigation of failures in 316L stainless steel orthopedic condylar blade plate Fariba NAGHDI, Hassan FARHANGI, Maryam ZAHIRI AZAR, Ali AMMARI ALLAHYARI	585
Çeşitli kaynaklardan farklı seviyelerde çinko içeren rasyonlarla beslenen japon bıldırcınlarının kemik biyomekanik özellikleri *Bonebiomechanical characteristics of Japanese quails fed diets with different levels of zinc from various sources* Yılmaz BAHTİYARCA, Anakız KOLAŞ, Mesut UYANER	593
Kür süresinin betonun kırılma parametreleri üzerine etkisinin incelenmesi *Investigation of effect of curing time on fracture parameters of concrete* Kürşat Esat ALYAMAÇ, Ragıp İNCE	600
Kısa çevrimli yorulma çatlaklarının tahribatsız muayene yöntemi ile incelenmesi *Detection of low cycle fatigue cracks by non destructive inspection* Mehmet ŞİMŞİR, Alpay ANKARA	610
Kompozit demiryolu fren balatalarının sürtünme ve aşınma özellikleri *Friction and wear properties of composite railway brake linings* Ahmet TOPUZ, Ergin KORMAZ, Polat TOPUZ	619
Betonun çarpma mukavemetinin tesbiti *Determination of impact strength of concrete* Erdinç ARICI, Resul DURSUN, Ragıp İNCE	628
Geleneksel betonda nem oranı-kırılma parametreleri ilişkisinin belirlenmesi *Determination of relationship between moisture rate and fracture parameters for conventional concrete* Kürşat Esat ALYAMAÇ, Ragıp İNCE	634
SAE 304L çeliklerin tek V alın kaynak dikişinde porozitenin ultrasonik yöntemle optimum tespiti *Optimum ultrasonic inspection conditions of single V butt-welded SAE 304L austenitic stainless steels* Memduh KURTULMUŞ, Onur FİDANER, A.İrfan YÜKLER	644
Yağ analiz programı ile aşınmaya bağlı hasar analizi *Destruction analysis depend on the wearing with oil analysis program* Burak GÖKALP, H. İbrahim SARAÇ, Cenk ÇELİK	651
Tekrarlanan gaz nitrasyon işleminin AISI H13 ekstrüzyon kalıbının kırılma hasarına etkisi *Effect of repeated gas nitriding on the gross cracking failure of H13 extrusion dies* Nazım Özkan ASAN	665
Fracture under initial stresses acting along cracks: Approaches, Concepts and Results A.N. GUZ, V.M. NAZARENKO	677

ge		Sayfa/Page
70	Asymptotical solving behavior in fracture mechanics problem for near-surface crack under initial stresses M.V. DOVZHYK, V.M. NAZARENKO	696
77	Çelik tel takviyeli lamel grafitli dökme demirin kırılma davranışının incelenmesi *Investigation of fracture behavior of steel fiber reinforced lamellar graphite cast iron* Mehmet ŞİMŞİR	700
85		
93		
500		
510		
519		
628		
634		
644		
651		
665		
677		

BİLİM KOMİTESİ / SCIENTIFIC COMMITTEE :

Surkay AKBAROV	Yıldız Teknik Üniversitesi / Yildiz Technical University
Ahmet AVCI	Selçuk Üniversitesi / Selçuk University
Hüseyin ÇİMENOĞLU	İstanbul Teknik Üniversitesi / İstanbul Technical University
Mustafa DORUK	Orta Doğu Teknik Üniversitesi / Middle East Technical University
A.N.GUZ	Ukranian Acad. of Science
Şadi KARAGÖZ	Kocaeli University
Eyüp Sabri KAYALI	İstanbul Technical University
Mustafa KOÇAK	GKSS Res. Cent.
B.M. NAZARENKO	Ukranian Acad. of Science
Galip SAİD	Kocatepe Üniversitesi / Kocatepe University
Necati TAHRALI	Yıldız Teknik Üniversitesi / Yildiz Technical University
Ahmet TOPUZ	Yıldız Teknik Üniversitesi / Yildiz Technical University
Hikmet ÜÇIŞIK	Boğaziçi Üniversitesi / Bosphorus University
Ahmet ÜNAL	Yıldız Teknik Üniversitesi / Yildiz Technical University
Nazmiye YAHNİOĞLU	Yıldız Teknik Üniversitesi / Yildiz Technical University
Paşa YAYLA	Kocaeli Üniversitesi / Kocaeli University
Mehmet YÜKSEL	Pamukkale Üniversitesi / Pamukkale University
Öktem VARDAR	Işık Üniversitesi / Işık University
Sakin ZEYTİN	Sakarya Üniversitesi / Sakarya University

DÜZENLEME KURULU / ORGANIZING COMMITTEE

Mustafa DORUK	Orta Doğu Tek. Üniversitesi / Middle East Technical University
Ahmet TOPUZ	Yıldız Tek. Üniversitesi / Yildiz Technical University
Şadi KARAGÖZ	Kocaeli Üniversitesi / Kocaeli University
Surkay AKBAROV	Yıldız Teknik Üniversitesi / Yildiz Technical University
Ahmet AVCI	Selçuk Üniversitesi / Selçuk University
Eyüp Sabri KAYALI	İstanbul Tek. Üniversitesi / İstanbul TTechnical University
Halidun KELEŞTİMUR	Fırat Üniversitesi / Fırat University

YÜRÜTME KURULU / EXECUTIVE COMMITTEE

Prof. Dr. Ahmet TOPUZ	Yıldız Teknik Üniversitesi / Yildiz Technical University
Assit Prof.Dr. Ergün KELEŞOĞLU	Yıldız Teknik Üniversitesi / Yildiz Technical University
Assist.Prof.Dr. Reşat KÖŞKER	Yıldız Teknik Üniversitesi / Yildiz Technical University
Resarch Assist. Murat DANIŞMAN	Yıldız Teknik Üniversitesi / Yildiz Technical University

8. ULUSLARARASI KIRILMA KONFERANSI

BİLDİRİLER KİTABI

PROCEEDINGS OF THE 8th INTERNATIONAL FRACTURE CONFERENCE

07-09 KASIM / NOVEMBER 2007

Editörler / Editors:

Ahmet TOPUZ

Ergün KELEŞOĞLU **Murat DANIŞMAN**

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

YILDIZ TECHNICAL UNIVERSITY

İSTANBUL, TURKEY