KALSİYUM KARBONAT MİNERAL DOLGU MADDESİNİN POLİPROPİLEN PLASTİK BORU MALZEMESİNİN PERFORMANSINA ETKİSİ

Şenol ŞAHİN ve Paşa YAYLA

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

ÖZET

Bu çalışmada, poliolefin grubu plastiklerden olan ve boru üretiminde kullanılan polipropilenin (PP) 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, kalsiyum karbonat, mekanik özellikler.

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

ABSTRACT

In this study, the effects of calcium carbonate ($CaCO_3$) filler on the physical and mechanical properties of polyolefin pipe grade polypropylene 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, 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 Atofina firması tarafından PPC 2660 (heterofazlı polipropilen blok kopolimer) ticari ismi ile üretilen PP-B kullanılmıştır. Önemli bazı fiziksel ve mekanik özellikleri konusunda, enjeksiyonla kalıplama yöntemiyle üretilen standart deney numunelerinden elde edilmiş üretici verileri Tablo 1'de bir araya getirilmiştir.

Tablo 1. PP-B boru malzemesinin fiziksel ve mekanik özelliklerine ait üretici verileri

	Test Metodu	Test Şartları	Birim Sistemi	PPC 2660 Naturel
Çekme akma gerilmesi	ISO 527-2	50 mm/dak	MPa	24
Çekem akma uzaması	ISO 527-2	50 mm/dak	%	13
Çekme elastisite modülü	ISO 527	1 mm/dak	MPa	1200
Charpy darbe (çentikli)	ISO 179	+23°C	kJ/m^2	> 50
Charpy darbe (çentikli)	ISO 179	-20°C	kJ/m^2	6
Sertlik	ISO 2039-2	Rockwell-R scale		74
Erime akış indeksi	ISO 1133	230°C/2.16 kg	g/10 dak	0.8
Erime noktası	ISO3146		°C	165
Yoğunluk	ISO1183		gr/cm^3	0.905

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-B'in 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-B 'in 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 Tablo 2'de verilmiştir.

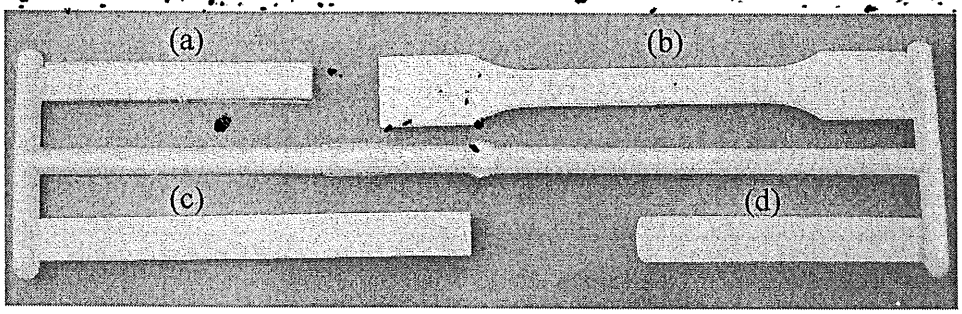
Tablo 2. Çalışmada kullanılan kalsiyum karbonata ($CaCO_3$) ait bazı veriler

	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 %11.2, %21, %29.7, %37.5, %44.4, %50.6 ve %56.4) 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 Tablo 3'te verilen ERAT FE130/95 Model Enjeksiyon Makinesi Tablo 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)

Tablo 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

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

Üretim	Meme	1. Bölge	2. Bölge	3. Bölge
Sıcaklık [°C]	$200\ ^{+5}_{0}$	$200\ ^{+5}_{0}$	$205\ ^{+5}_{0}$	$210\ ^{+5}_{0}$
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

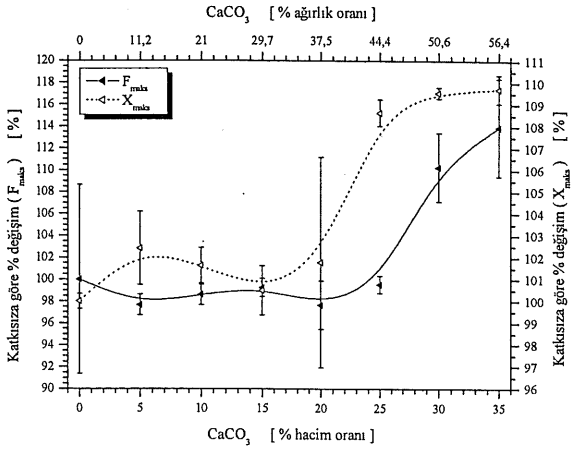
PP-B malzemelerin darbelere karşı davranışlarına kalsiyum karbonatın ($CaCO_3$) etkisini belirlemek üzere, Charpy numunelerine 22°C ± 1°C sıcaklık ve %50 ± 10 nem oranındaki ortamında ISO 179/1eU standardına uygun Charpy deneyleri uygulanmıştır. Deneyler çarpma hızı 2.53 m/s olan CEAST marka instrumente 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.

$$C_V = \frac{W}{h \cdot b \cdot \phi_c} \tag{1}$$

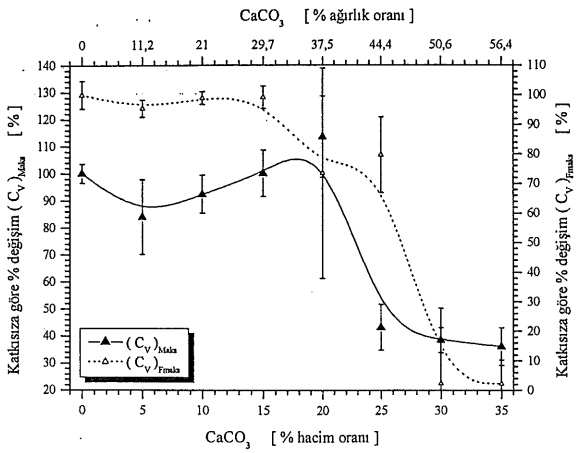
Burada; (C_V) Charpy çentik darbe mukavemeti [kJ/m^2], (W) Charpy darbe enerjisi [J], (h) numune kalınlığı [m], (b) numune genişliği [m] ve (ϕ_c) çentik numunesi geometrisine bağlı olarak Plati ve Williams [17] tarafından önerilen Charpy geometri düzeltme faktörüdür.

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.

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, darbe kuvvetinin ve çatlak ilerleme mesafesinin hacimce %20 $CaCO_3$ oranına kadar değişimlerinin zıt yönde meydana gelerek yaklaşık olarak sabit kaldıkları ve hacimce %20'den sonra $CaCO_3$ oranın artmasıyla darbe kuvvetinin ve çatlak ilerleme mesafesinin de hızlı bir şekilde arttığını gösteren hacimce $CaCO_3$ oranına bağlı olarak kuvvet ve yol değişimleri Şekil 2' de verilmiştir.



Şekil 2. Naturel PP-B malzemesine göre instrumente edilmiş Charpy darbe testinden elde edilen kuvvet-$CaCO_3$ miktarı ve çatlak ilerleme mesafesi-$CaCO_3$ miktarı



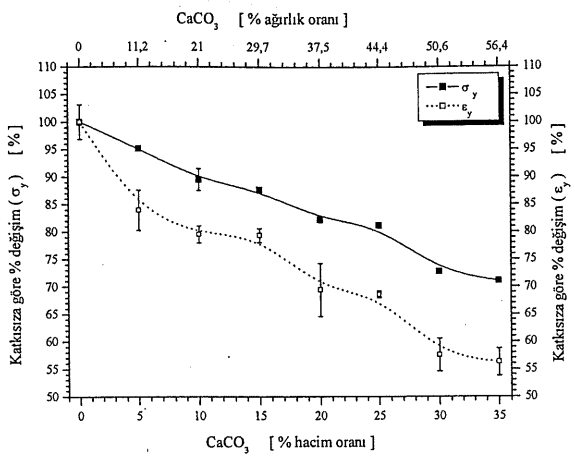
Şekil 3. Naturel PP-B malzemesine göre instrumente edilmiş Charpy darbe testinden elde edilen C_V -$CaCO_3$ miktarı ve $(C_V)_{Fmax}$ -$CaCO_3$ miktarı

Charpy çentik darbe mukavemetinin ve Charpy çatlak başlatma direncinin hacimce $CaCO_3$ oranına bağlı değişimleri Şekil 3'te verilmiştir. Hacimce %5 $CaCO_3$ oranına kadar C_V 'nin yaklaşık %15 azaldığı ve bundan sonra hacimce %20 $CaCO_3$ oranına kadar lineer bir şekilde %15 artmasına karşın, $(C_V)_{Fmax}$ enerjisinin hacimce %15 $CaCO_3$ oranına kadar kısmen sabit kalmasının ardından bu hacimce %15 $CaCO_3$ oranından sonra hızlı bir düşüş eğilim gösterdiğini göstermektedir. Şekil 3'ten malzeme yapısının sünek yapıdan gevrek yapıya geçişin yaklaşık hacimce %15 $CaCO_3$ oranından sonra gerçekleştiğini göstermektedir. Bu sonuçlar pratikte iki nedenden dolayı önemlidir: Birincisi yaklaşık hacimce %15 $CaCO_3$ oranında PP-B boruların hem C_V 'nin hem de $(C_V)_{Fmax}$ 'de kısmen bir değişiklik olmaması nedeniyle hammadde tasarrufu sağlanabilirken, ikincisi ise boruların ağırlaşması nedeniyle lojistiğinin ve döşenmesinin daha kolay olmayacağının ortaya koymaktadır. Bu iki önemli nokta boruların $CaCO_3$ ile katkılandırılmasına dikkat çekmektedir.

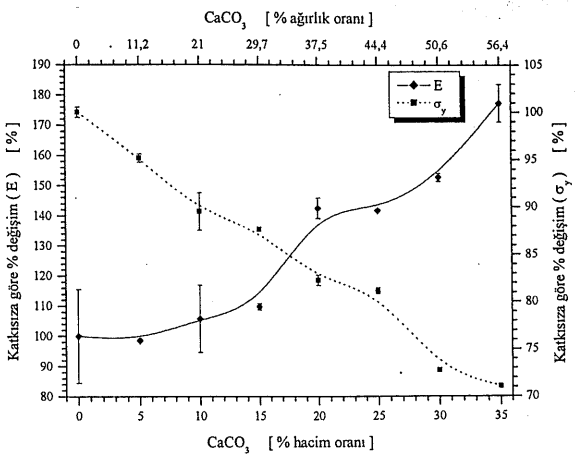
3.2. Çekme Özelliklerine Etkisi

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 Zwick Z10 kullanılmıştır. Çekme makinesi, mekanik tahrikli olup düşey hareketi, her iki yanında bulunan vidalı sütunlar sayesinde gerçekleştirmektedir. Kuvvet ve uzunluk değişimlerini elektronik olarak algılayan cihazın, bir kablo ve soket vasıtasıyla, bilgisayarla irtibatı sağlanmıştır. Bilgisayar hafızasında bulunan TestXpert isimli test programının 6.01 versiyonlu programı ile bilgisayar klavyesinden kumanda edilen test cihazında, ekstansometre (uzama ölçer) bağlantısı da sağlanmıştır ve test süresince kuvvette ve uzunlukta meydana gelen değişimleri saniyede 2 değer algılayarak hafızasına kaydetmektedir. 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 3 deney numunesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4. Naturel PP-B malzemesine göre Çekme testinden elde edilen σ_y - $CaCO_3$ miktarı ve ε_y - $CaCO_3$ miktarı



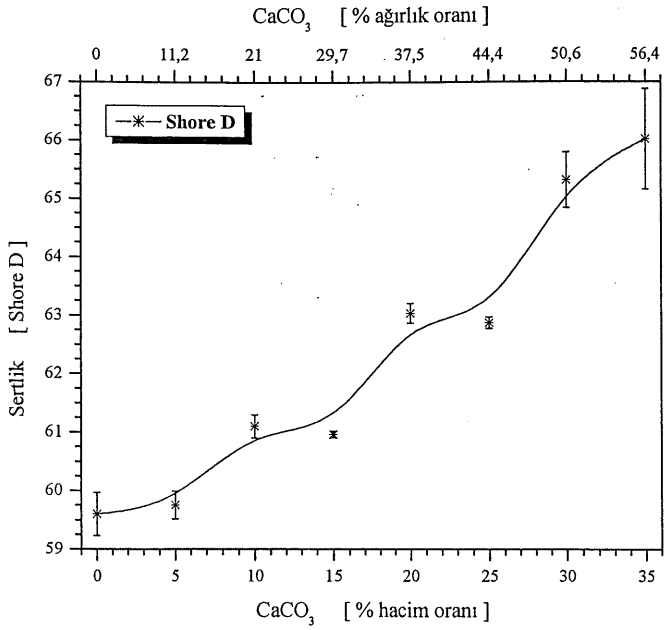
Şekil 5. Naturel PP-B malzemesine Çekme testinden elde edilen E - $CaCO_3$ miktarı ve σ_y - $CaCO_3$ miktarı

Farklı hacim oranlarında ilave edilen kalsiyum karbonatın ($CaCO_3$) akma gerilmesi (σ_y) ile yüzde akma uzamasına (%ε_y) etkisi Şekil 4'te ve elastisite modülüne (E) etkisi ise Şekil 5'te verilmiştir. Şekil 4 akma gerilmesinin ve yüzde akma uzamasının hacimce ilave edilen $CaCO_3$ miktarına bağlı olarak lineer bir düşüş eğilimi gösterdiklerini, Şekil 5 ise elastisite modülünün hacimce %5 $CaCO_3$ oranına kadar herhangi bir değişim göstermediğini, ancak hacimce %5 $CaCO_3$ oranından sonra elastisite modülün de kısmen lineer bir artma eğilimi içinde olduğunu göstermektedir.

Artan $CaCO_3$ miktarına bağlı olarak elastisite modülünün arttığı buna karşılık akma gerilmesinin de (σ_y) azalma eğilimi vermektedir. Öte yandan yüzde akma uzamasının (%ε_y) ise $CaCO_3$ miktarına bağlı olarak azalma eğilimi gösterdiğini veren sonuçlar daha önce yapılmış olan çalışmalarda [12] mevcuttur. Bu nedenle Şekil 4 ve Şekil 5 birlikte değerlendirildiğinde ana polimer ile $CaCO_3$ partikülleri arasında iyi bir yapışma oluşmadığı düşünülebilir [11]. Çünkü elastisite modülü (E) değerlerinin alındığı şekil değiştirme 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-B deney numunelerinin $CaCO_3$ miktarına bağlı olarak Shore D sertlik değerlerinin değişimi Şekil 6'da 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 6. Naturel PP-B malzemesine göre Sertlik testinden elde edilen Shore D - $CaCO_3$ miktarı

3.4. Fiziksel ve Isıl Özelliklerine Etkisi

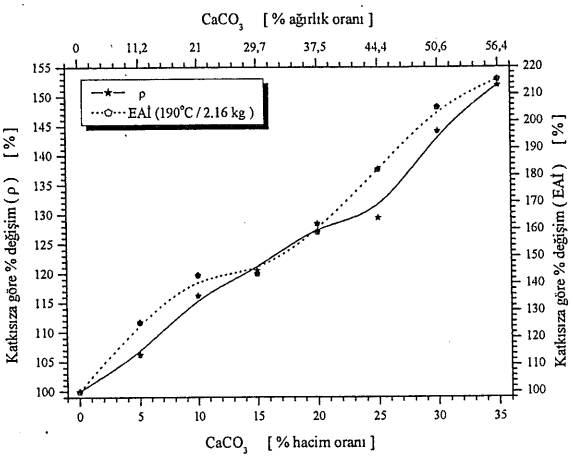
PP-B deney numunelerinin $CaCO_3$ miktarına bağlı olarak erime akış indeksi (EAİ) ile yoğunluk (ρ) değerlerinin değişimleri Şekil 7'de verilmiştir.

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 1339 standartları dikkate alınarak, Zwick 4105 erime akış indeksi deney cihazı kullanılarak yapılmıştır. PP-B 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.

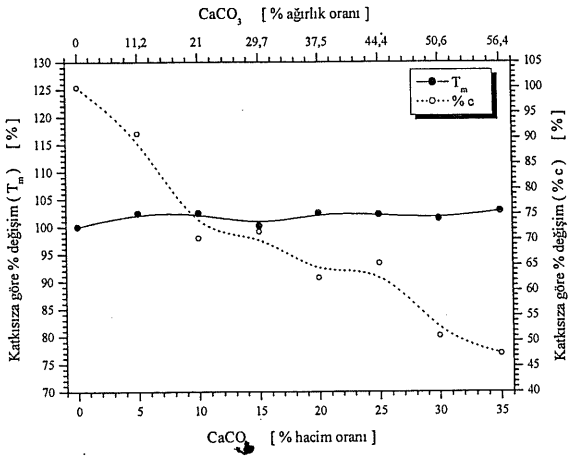
Bu deney, özellikle plastik hammaddesi üreten ve işleyen firmaların, üretimlerinin aynı kalitede olmasını kontrol edebilmeleri açısından çok faydalı olup plastiğin erimiş haldeki viskozitesinin ölçülmesinde kullanılmaktadır. EAİ deneyi, polimerin bozulma tipini (zincir kopması, çapraz bağlama gibi) ve 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 7 artan $CaCO_3$ miktarına bağlı olarak PP-B numunelerinin hem EAİ'lerinin, hacimce %10 ila %15 aralığındaki kısmi sabitlik dışında, hemde 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 mamülün 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 7. Naturel PP-B malzemesine göre ρ - $CaCO_3$ miktarı ve EAİ - $CaCO_3$



Şekil 8. Naturel PP-B malzemesine göre T_m - $CaCO_3$ miktarı ve %c - $CaCO_3$

Şekil 8 PP-B 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-B malzemelerin, kristalin erime sıcaklığı (T_m) ve kristalin erime enerjisi (entalpisi, ΔHsc) değerleri okunmuştur. Ayrıca tamam (%100) kristalin PP-B malzemesinin ısıl füzyon (entalpi) değeri ΔHc kullanılarak PP-B malzemelerin kristalleşme dereceleri (c) hesaplanmıştır. PP-B 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-B malzemelerin mekanik özelliklerindeki değişimlerin kristalleşme derecesini nasıl etkilediğini incelemek ve ortaya koymak amacıyla yapılmıştır.

Şekil 8 artan $CaCO_3$ miktarına bağlı olarak PP-B numunelerinin T_m 'lerinin belirli bir bant içinde sabit kalmasına karşın % c'lerinin hacimce %10 ila %15 ile hacimce %20 ila %25 aralıklarında kısmi sabitlik göstermesinin dışında %c'lerinin kısmen orantılı olarak azaldığını göstermektedir.

4.SONUÇLAR

Bu çalışmada kalsiyum karbonat (CaCO3) mineral dolgu maddesinin polipropilen (PP) 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 %20'lere kadar $CaCO_3$ 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 artmakta, %5've üzeri katkılarda bu artış oldukça belirgin hale gelmektedir. Elastik modüldeki bu artış 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., Şahin, 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., 1998. "Werkstoffkunde Kunststoffe", 4. Auflage, Carl Hanser Verlag, ISBN 3-446-19600-5, München.
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. Kılavuz, İ., 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., Şahin, 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*, XX, XXX, 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. Savaşcı ve diğerleri 2002

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Önsöz / Preface.....i-ii

MEKANİK ÖZELLİKLER / MECHANICAL PROPERTIES

KIRILMA MEKANİĞİ ÜZERİNDE HASAR ANALİZİ

Galip SAİD, Yevgeni M. MOROZOV, Halil AYTEKİN, Sinan ULU.....1

MOLİBDEN ÖNALAŞIMLANMIŞ TOZ METALURJİK ÇELİKLERDE NİKEL KATKISININ ETKİSİ (INFLUENCE OF NICKEL ADDITIONS TO MOLYBDENUM PREALLOYED PM-STEEL

Ş. KARAGÖZ, O. TANBERK, R. YAMANOĞLU, E. GÜR, M. ZEREN.....11

YAPI ÇELİKLERİNİN KIRILMA TOKLUĞU ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

Halil AYTEKİN, Sinan ULU, Galip SAİD.....23

ALT UYUMUN ÇATLAK UCU CİVARINDAKİ GERİLME ÜÇEKSENLİLİĞİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Hakan ÇETİNEL ve Tevfik AKSOY.....35

BILDIRCIN TİBİA KEMİKLERİNE RASYON BOR KAYNAKLARININ ETKİSİNİN KIRILMA MEKANİĞİ AÇISINDAN İNCELENMESİ

Yılmaz BAHTİYARCA, Gürol ÖNAL , Vildan DOĞAN.....45

İYON NİTRÜRLEME YÜZEY SERTLEŞTİRME ISIL İŞLEMİNİN AISI4340 ÇELİĞİNİN YORULMA DAVRANIŞINA ETKİSİ

Şule Yıldız ŞİRİN, Kahraman ŞİRİN, Erdinç KALUÇ.....51

BORLANMIŞ ORTA KARBONLU ÇELİKLERİN KIRILMA TOKLUĞUNUN BELİRLENMESİ

Adnan ÇALIK 63

YÜKSEK HIZDA ŞEKİLLENDİRİLEN AL ALAŞIMLARINDA MEYDANA GELEN YIRTILMALARIN MODELLENMESİ

Mustafa YAŞAR, İbrahim KADI, Osman YAZICIOĞLU.....71

DÖVME AMAÇLI ÜRETİLEN ORTA KARBONLU MİKROALAŞIM ÇELİKLERİNDE MİKROYAPI VE MEKANİK ÖZELLİK ARASINDAKİ İLİŞKİ

A. ÇAPAR, S. GÜNDÜZ, R. KAÇAR, Ahmet HASANBAŞOĞLU.....81

COUPLING OF FICTITIOUS STRESS METHOD AND DISPLACEMENT DISCONTINUITY METHOD FOR CRACK PROBLEMS

Bahattin KİMENÇE and M. Ertaç ERGÜVEN.....91

FATIGUE STRENGTH OF WELDED THICK SHEET METAL JOINTS WITH AND WITHOUT JOINT PREPARATION IN MARINE STRUCTURES

K. Turgut GÜRSEL and Hüseyin ÖZDEN 101

KABİN ÇERÇEVELERİNİN SONLU ELEMANLARLA MODELLENMESİ VE STATİK GERİLME ANALİZİ

Yusuf Aytaç ONUR ve C. Erdem İMRAK 109

YORULMA DENEYLERİNDE NUMUNELERİN TUTMA KISIMLARINDAN KIRILMASINI ÖNLEYEN TEKNOLOJİK VE KONSTRÜKTİF FAKTÖRLERİN BELİRLENMESİ

Eldar FETULLAYEV , Recep KILIK, H.Kemal AKYILDIZ,Mecit AKSU 117

RADYAL ÇATLAKLI HALKA PLAKTA SERBEST TİTREŞİM ANALİZİ

Aydın DEMİR ve Vahit MERMERTAŞ 125

ÇEMBERSEL ÇATLAKLI HALKA PLAKTA SERBEST TİTREŞİM ANALİZİ

Aydın DEMİR ve Vahit MERMERTAŞ 139

ON A PREDICTION CRITERION FOR INTERFACE CRACK PROPAGATION

A. Fethi OKYAR 153

KAYNAKLI BİRLEŞTİRMELERDE YORULMANIN SÖNÜMLEME KATSAYISI VE DOĞAL FREKANSA ETKİSİ

İsmail UÇUN, Mehmet ÇOLAKOĞLU 163

AŞIRI GERİLME ESASLI VİSKOPLASTİSİTE TEORİSİNİN TERMOMEKANİK SİMÜLASYONU

Murat MAKARACI ve İlbeyi KILAVUZ 171

BIOMECHANICAL MODELING AND DEFORMATION ANALYSIS OF LOWER CERVICAL SPINE UNDER COMPRESSION AND FLEXION MOMENT USING FINITE ELEMENT METHOD

Assistant Prof. Dr. Murat MAKARACI and İlke Çağrı AKSAKAL 183

YANIT YÜZEY METODU İLE OLASILIĞA DAYALI ELASTOPLASTİK KIRILMA ANALİZİ HESAPLAMA ZAMANININ AZALTILMASI

İrfan KAYMAZ, Ayhan ÇELİK, Eda KARADİŞOĞULLARI, Fatih YETİM 191

ADHESİV BİRLEŞTİRME İLE ONARILAN UÇAK PARÇALARININ YORULMA DAVRANIŞLARI

Hülya KAFTELEN, Ahmet BALDAN 203

A PREDICTION FORMULA FOR FRACTURE TOUGHNESS OF CONCRETE

Kürşat Esat ALYAMAÇ ve Ragıp İNCE 213

MULTIFRACTAL SCALING LAW FOR BEARING STRENGTH OF CONCRETE CUBES UNDER LOCAL PRESSURE

Erdinç ARICI ve Ragıp İNCE.....223

STABILITY ANALYSIS OF CRACKED COLUMNS

Mustafa OZEN, M. Emin DENIZ, Murat KISA, Arif GUREL.....233

YSA YÖNTEMİYLE REFRAKTER MALZEMELERİN ÇALIŞMA ORTAMININ BELİRLENMESİ

N. Sinan KÖKSAL.....245

THE INFLUENCE OF A FINITE INITIAL STRECHING (COMPRESSING) TO THE ENERGY RELEASE RATE AT THE CRACK TIPS IN A STRIP

Surkay D. AKBAROV and Arzu TURAN.....253

CAM ÜZERİNE SOL-JEL'DEN ÇIKILARAK HAZIRLANMIŞ TiO_2 KAPLAMA ÜZERİNE Ag-KOLLOİDLERİN DEPOLANMASI

A. KAYAN, P.W. OLİVEIRA, M. MENNİG ve H. SCHMİDT.....265

HALKA ŞEKLİNDE ÇATLAK İÇEREN EKSENEL ÇEKMEYE MARUZ SİLİNDİRİK BİR TÜP PROBLEMİNDE GERİLME ŞİDDETİ KATSAYILARININ HESAPLANMASI

Levent AYDIN ve H.Secil ALTUNDAĞ ARTEM.....273

INFLUENCE OF THE DEGREE OF PENETRATION OF CROSS CRACKS OVER THE VIBRATION STATUS OF SHAFTS

Varvara VESELINOVA – GUTEVA.....293

EVOLUTION OF A PLASTIC CRACK-TIP ZONE IN AN ORTHOTROPIC MATERIAL DEPENDING ON THE ANISOTROPY DEGREE

Vladimir BASTUN.....307

TWO-PARAMETERS FRACTURE CRITERIA FOR MODE I CRACKS

Gregory GALATENKO.....315

INITIAL DEVELOPMENT OF PLASTIC STRIPS FROM ENDS OF CRACKS AND CORNER POINTS

Leonid KIPNIS, Michael DUDIK and Genady KHAZIN.....323

MINIMIZING WEAR OF ELEMENTS OF FRICTIONAL PAIR THE BRAKE OF THE AUTOMOBILE

Shamil HEIDAROV.....331

INITIATION OF A CRACK AT A BEND OF BEAMS OF VARIABLE THICKNESS

Elxan DADASHEV and Asker TAGI-ZADE.....337

MODELLING INITIATION OF THE CRACK IN CIRCULAR HEATED UP DISK

Vagif MIRSALIMOV and Hailya KALANTARLY.....347

STRENGTH MODIFICATION OF ASPHALT PAVEMENT USING WASTE TIRES

M. ARABANI, Akbar K. HAGHI, M. SHAKERI, B. MOBASHER and M. HAJJAFARI.....355

A STUDY ON THE EFFECTS OF POLYMERS ON THE REDUCTION OF FATIGUE CRACKS IN THE ASPHALT PAVEMENT

A. K. HAGHI, M. ARABANI, M. SHAKERI, M. HAGHGOO and S. M. MIRABDOLAZIMI.....363

FATIGUE DAMAGE OF ALL-METAL AIRCRAFT FRAME

Jiří BĚHAL and Jiří VRHEL.....373

HYDROGEN EMBRITTLEMENT OF WELDED JOINTS OF HIGH STRENGTH STEELS

Fathi M.Abusaa.....379

AŞINMA / WEAR

ELMAS KESİCİ TAKIMLARDA KIRILMA TOKLUĞUNUN BELİRLENMESİ

Muzaffer ZEREN ve Şadi KARAGÖZ.....391

ALÜMİNYUM ALAŞIMLARININ AŞINMA DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ

Mustafa YILMAZ, Ahmet CAN ve Ahmet SAMANCI.....401

BETONUN AŞINMA DİRENCİNE YÜKSEK FIRIN CÜRUFUNUN VE KAZAN ALTI KÜLÜNÜN ETKİSİ

Turhan BİLİR, İsa YÜKSEL, İlker Bekir TOPÇU.....407

KALAY ESASLI YATAK MALZEMELERİNİN KURU SÜRTÜNME DAVRANIŞI

Adalet ZEREN, Erol FEYZULLAHOĞLU, Muzaffer ZEREN.....421

BİR TANKERİN KIRILMASININ YAPISAL İNCELENMESİ

Yalçın ÜNSAN ve Metin TAYLAN.....435

MÜHENDİSLİK PLASTİKLERİNDEN ÜRETİLEN RADYAL KAYMALI YATAKLARIN KURU SÜRTÜNME ŞARTLARINDAKİ SÜRTÜNME VE AŞINMA DAVRANIŞLARI

Yard.Doç.Dr. Erol FEYZULLAHOĞLU, Mak.Y.Müh. Zehra ŞAFFAK.....449

PLAZMA NİTRÜRLEMENİN SERT METAL PLAKETLERDE SÜRTÜNME KATSAYISI VE SERBEST YÜZEY AŞINMASINA ETKİSİ

Ufuk ÖZDEMİR.....463

TOZ METALURJİK PCD TAKIMLARIN AŞINMA PERFORMANSI ÜZERİNE KARŞILAŞTIRMALI ARAŞTIRMA

Muzaffer ZEREN ve Şadi KARAGÖZ.....479

STUDY ON THE STRESS CORROSION CRACKING BEHAVIOUR OF 7050-T73651 ALUMINUM ALLOY IN THREE DIFFERENT ORIENTATIONS

Gül ÇEVİK, Mustafa DORUK and Rıza GÜRBÜZ.....491

INVESTIGATION OF INFLUENCE OF TOOTH TEMPERATURE CHANGES AND WEAR OF SPUR GEARS

Ömer Sinan ŞAHİN, Hüseyin İMREK.....501

MACHINABILITY COMPARISION OF 30MnVS6 MICROALLOYED STEEL WITH AISI 1045 QUENCHED-TEMPERED STEEL

Ali EBRAHIMI and Mohammad Mohsen MOSHKSAR.....515

İMALAT / PRODUCTION

IF 7114 – AISI 304 NOKTA DİRENÇ BİRLEŞTİRMELERİNİN DAYANIMINA KAYNAK AKIMI VE FARKLI SOĞUMA ORTAMININ ETKİSİ

A. HASANBAŞOĞLU, R. KAÇAR, S. GÜNDÜZ, A. ÇAPAR..... 525

YÜKSEK YOĞUNLUKLU POLİETİLEN'İN (YYPE) TEK EKSENLİ BASMA YÜKLEME-BOŞALTMA DAVRANIŞININ MODELLENMESİ

Necmi DÜŞÜNCELİ ve Özgen Ümit ÇOLAK..... 533

YAPIŞTIRMA BAĞLANTILARININ DAYANIMI VE HASARI ÜZERİNE YAPIŞTIRILAN MALZEME KALINLIĞININ ETKİSİ

Murat Demir AYDIN, Adnan ÖZEL ve Şemsettin TEMİZ..... 543

ÇİFT-FAZLI ÇELİKLERİN NOKTA DİRENÇ KAYNAĞINDA MARTENZİT HACİM ORANI VE KAYNAK ZAMANININ KAYNAK KABİLİYETİ ÜZERİNE ETKİSİ

Fatih HAYAT, Mustafa ACARER, Bilge DEMİR, Ramazan KAÇAR.....553

CİLT 2

KOMPOZİT / COMPOSITE

ON A TIME-DEPENDENT REDISTRIBUTION OF STRESS NEAR A LINEAR CRACK IN A PLATE MADE FROM THE VISCOELASTIC COMPOSITE MATERIAL

Mikhail SELIVANOV.....563

EVOLUTION OF THE WEDGED CRACK IN VISCOELASTIC COMPOSITE

Yuri A. CHERNOIVAN.....569

STUDY OF LONG-TERM CRACKING OF AGING COMPOSITES FOR VARIOUS MODELS OF VISCOELASTIC DEFORMING.

Gregory GAVRILOV.....575

ALUMİNA-ZİRKONYA KOMPOZİTLERİNDE KIRILMA DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

Mediha İPEK, Sakin ZEYTİN ve Cuma BİNDAL.....581

ALÜMİNA PARTİKÜL TAKVİYELİ ALÜMİNYUM- SİLİSYUM ESASLI METAL MATRİKS KOMPOZİT MALZEMELERİN AŞINMA DAVRANIŞLARI

Serpil ÇINAR, Mehmet DURMAN, Ali ÇINAR.....589

DOKUMA CAM FİBER TAKVİYELİ POLİMER KOMPOZİTİN MOD I' E GÖRE KIRILMA DAVRANIŞI

Ahmet AVCI, Hüseyin ARIKAN ve Ayşegül KÜÇÜKSUCU.....599

FARKLI GEOMETRİK BİRLEŞTİRME PARAMETRELERİNİN VE FİBER YÖNLENME ŞEKİLLERİNİN KOMPOZİT PANELLERİN PİM İLE YÜK TAŞIMA PERFORMANSINA ETKİSİ

Taner YILMAZ ve Tamer SINMAZÇELİK.....609

THE FATIGUE BEHAVIOR OF FILAMENT WOUND COMPOSITE PIPES IN CORROSIVE ENVIRONMENT

Ahmet AVCI, Ömer Sinan ŞAHİN, Ahmet AKDEMİR.....623

HİDROKSİAPATİTLE TAKVİYE EDİLMİŞ BİOUYUMLU POLİMERLERİN KARAKTERİZASYONU

Sibel ŞAHİNLER, İsmail AYDIN, M.Ali GÜRKAYNAK,Faruk ÖKSÜZÖMER.....641

KAFES ÇELİK TEL TAKVİYELİ POLİMER KOMPOZİTLERİN KIRILMA DAVRANIŞI VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Ahmet SAMANCI.....649

POLYESTER REÇİNESİ İÇERİSİNE İLAVE EDİLEN CAM KÜRECİKLERİN POLYESTERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Arş. Gör. Yalçın BOZTOPRAK, Arş. Gör. Mustafa ÇAKIR, Arş. Gör. İlyas KARTAL.....659

YÜZEY ÇATLAKLI CAM ELYAF TAKVİYELİ EPOKSİ REÇİNE KOMPOZİT MALZEMELERDE KIRILMA DAVRANIŞI

Behcet DAĞHAN, Cumali DİNÇER, Ömer Sinan ŞAHİN.....665

SÜREKLİ CAM FİBER TAKVİYELİ POLYPHENYLENESULPHIDE (PPS) MATRİSLİ KOMPOZİTLERDE ASİT ORTAMIN PİM İLE YÜK TAŞIMA PEFORMANSINA ETKİSİ

Taner YILMAZ ve Tamer SINMAZÇELİK.....671

UÇUCU KÜL DOLGULU EPOKSİ MATRİSLİ KOMPOZİT MALZEMELERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Ahmet TOPUZ, Hatice MOLLAOĞLU, Z.NihanYADELİ.....687

$(\pm 55°)_3$ FİLAMAN SARIM YÜZEY ÇATLAKLI CTP BORULARIN İÇ BASINÇ ALTINDA YORULMA DAVRANIŞI

Ahmet SAMANCI, Ahmet AKDEMİR, Necmettin TARAKÇIOĞLU.....693

YÜZEY ÇATLAKLI ±75° FİLAMAN SARIM CTP BORULARIN İÇ BASINÇ ALTINDA YORULMA DAVRANIŞI

Ahmet AVCI, Ahmet SAMANCI ve Hüseyin ARIKAN.....707

POLYESTER-EPOKSİ KARIŞIMININ MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Arş.Gör. İlyas KARTAL, Arş.Gör. Mustafa ÇAKIR, Arş.Gör. Yalçın BOZTOPRAK
Yrd. Doç. Dr. Halil DEMİRER 725

THE FATIGUE BEHAVIOR OF FILAMENT WOUND COMPOSITE PIPES IN CORROSIVE ENVIRONMENT

Ahmet AVCI, Ömer Sinan ŞAHİN, Ahmet AKDEMİR.....731

FRACTURE OF LAYERED COMPOSITE MATERIALS UNDER STATIC AND BALLISTIC LOADINGS

Erol ÜNALER and Metin TANOĞLU.....749

NEAR-SURFACE FRACTURE OF THE VISCO-ELASTIC LAYERED COMPOSITES IN COMPRESSION

Surkay D. AKBAROV ve Ramazan TEKERCIOGLU 763

FAILURE ANALYSIS OF AN ADHESIVELY BONDED CFRP COMPOSITE SINGLE LAP JOINT UNDER FLEXURE LOADS

Z. Gül APALAK, M. Serdar GENÇ, M. Kemal APALAK.....775

ON THE THEORETICAL STRENGTH LIMIT IN COMPRESSION OF VISCOELASTIC UNIDIRECTIONAL FIBROUS COMPOSITE MATERIALS

Surkay. D. AKBAROV Resat. KOSKER, Kadriye SİMSEK.....791

THE FRACTURE OF THE VISCO-ELASTIC MATRIX CONTAINING A ROW UNIDIRECTED PERIODICALLY LOCATED FIBERS

Surkay. D. AKBAROV Resat. KOSKER, Yasemen UCAN.....801

IMPACT BEHAVIOR OF E-GLASS/EPOXY LAMINATED COMPOSITE

Mesut UYANER, Memduh KARA and Necati ATABERK.....813

FRACTURE BEHAVIOR of an Al-Fe-Si-V / SiC_p COMPOSITE

Mahdi ARHAMİ, Filiz SARIOĞLU , Ali KALKANLI.....823

HASAR ANALİZİ / FAILURE ANALYSIS

FRACTURE STUDY OF HIGH LOADED PARTS IN THE NOSE LANDING GEAR

Bojana TABAKOVA and Preslav MILCHEV.....831

FRACTOGRAPHIC ANALYSIS AND FATIGUE LIFE EVALUATION OF THE FAILURE OF GENERATOR-ROTOR FAN BLADES

Hassan FARHANGI and Mahmood SAMEEZADEH.....837

IMPACT FRACTURE BEHAVIOR OF THERMALLY AGED TYPE 316L STAINLESS STEEL WELD METAL

Ali Amari ALLAHYARI, Hassan FARHANGI and Seyed Mohammad Mehdi HADAVI.....845

FRACTOGRAPHIC INVESTIGATION OF THE STUB SHAFT OF A TURBOCOMPRESSOR ROTOR IN A THERMAL POWER PLANT

Hassan FARHANGI, Saeed ASADI and Esmaeil POUR-SAEEDI.....853

FRACTOGRAPHIC OBSERVATIONS AND STATISTICAL ANALYSIS OF CLINICALLY FRACTURED NICKEL-TITANIUM ROTARY ENDODONTIC INSTRUMENTS

Masoud VATANARA, Hassan FARHANGI, Mohammad Hosein NEKOOFAR, Mohammad Saeed SHEIKH-REZAEE and Tahereh SHAH-HOSEINI.....859

BİR KAMYONA AİT DİZEL MOTOR KRANK MİLİN HASAR ANALİZİ

Prof. Dr. Barlas ERYÜREK, Araş.Gör. Ali GÖKŞENLİ ve Araş.Gör. A. Özgür ILGAZ.....867

KOROZYONUN BİR YÜZER HAVUZ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Metin TAYLAN ve Yalçın ÜNSAN.....877

HAFİF SİLAH TEHDİDİNE KARŞI UHMW-PE VE SERAMİK ZIRHLARIN BALİSTİK KORUMA PERFORMANSLARININ İNCELENMESİ

Can CANDAN , Ahmet AKDEMİR, Ömer ŞAHİN.....891

REFRAKTER MALZEMELERDE KİMYASAL YAPI VE SICAKLIK DEĞİŞİMLERİYLE OLUŞAN HASARIN ARAŞTIRILMASI

N. Sinan KÖKSAL.....901

KIRILMA MEKANİĞİ ÜZERİNDE HASAR ANALİZİ

Galip SAİD, Yevgeni M. MOROZOV, Halil AYTEKİN, Sinan ULU 909

HASAR TESPİT ANALİZLERİNDE İŞLETME DAYANIMI

Hüseyin ÖZDEN ve K. Turgut GÜRSEL.....919

PLASTİK / PLASTIC

YÜKSEK DARBE DAYANIMLI POLİSTİREN (YDDPS) MALZEMENİN FARKLI ENERJİLİ DARBELER ALTINDAKİ KIRILMA DAVRANIŞI

Tülin ŞAHİN, Tamer SINMAZÇELİK, Taner YILMAZ..... 933

SOĞUK ÇEKİLMİŞ YÜKSEK DARBE DAYANIMLI POLİSTİREN (YDDPS) MALZEMEDE DOĞAL YAŞLANDIRMANIN KIRILMA MORFOLOJİSİNE ETKİSİ

Tülin ŞAHİN, Tamer SINMAZÇELİK..... 945

FINITE ELEMENT IMPLEMENTATION OF AN ISOTROPIC UNIFIED VISCOPLASTIC MODEL AND APPLICATIONS TO ALLOYS AT HIGH HOMOLOGOUS TEMPERATURE DEFORMATIONS

Murat MAKARACI..... 953

CRACK PROPAGATION IN PRESSURIZED PLASTIC PIPES

Prof.Dr. Paşa YAYLA..... 961

YAĞ ANALİZ PROGRAMI İLE MOTOR YAĞLARININ KULLANIM SÜRELERİNİN UZATILMASI

Burak GÖKALP, Ozan ÇİLDİR, H.İbrahim SARAÇ 971

COMPARISON OF MEASURED AND EMPIRICALLY PREDICTED CREEP BEHAVIOUR OF HIGH-DENSITY POLYETHYLENE (HDPE)

Guralp A. URAL, Senol ATAOGLU and Arif N. GULLUOGLU..... 983

AN EFFICIENT CONTINUUM MATERIAL TANGENT OPERATOR FOR NONLINEAR ELASTO-VISCO-PLASTIC DEFORMATIONS

Murat MAKARACI..... 991

FİBER LİF VE ENDÜSTRİYEL ATIK İÇEREN BETONUN YÜKSEK SICAKLIK DAYANIMI

İsa YÜKSEL Arcan ÖZCAN, Ömer ÖZKAN..... 999

KALSİYUM KARBONAT MİNERAL DOLGU MADDESİNİN POLİPROPİLEN PLASTİK BORU MALZEMESİNİN PERFORMANSINA ETKİSİ

Şenol ŞAHİN ve Paşa YAYLA..... 1007

BETON / CONCRETE

ÇELİK LİFLİ BETONLARDA LİF BOYUTUNUN EĞİLME DAYANIMI VE ENERJİ EMME KAPASİTESİNE ETKİSİ

S. Taner YILDIRIM ve Adnan ÖNER.....1019

KARIŞIK LİFLİ BETONLARDA DARBE YÜKÜ ETKİSİ İLE OLUŞAN KIRILMA DURUMUNUN İNCELENMESİ

S. Taner YILDIRIM Fehim FINDIK C.Emin EKİNCİ.....1027

DRAMİKS ÇELİK TEL TAKVİYELİ POLİMER BETONUN KIRILMA DAVRANIŞI

Necati ATABERK Ahmet CAN ve Füsun SAHAR.....1035

TÜRK ÇİMENTOLARININ KIRILMA PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

Ragıp İNCE, Mehmet FIRAT ve Kürşat E. ALYAMAÇ.....1043

BETONUN MEKANİK ÖZELLİKLERİ VE AŞINMAYA DAYANIKLILIĞI ÜZERİNE ÖĞÜTÜLMÜŞ YÜKSEK FIRIN CÜRUFUNUN ETKİSİ

A. ÖNER ve S. T. YILDIRIM.....1053

YÜKSEK DARBE DAYANIMLI POLİSTİREN (YDDPS) MALZEMEDE DARBELİ YORULMA DAVRANIŞI

Tülin ŞAHİN, Tamer SINMAZÇELİK, Taner YILMAZ.....1067

BETONUN AŞINMA DİRENCİNE YÜKSEK FIRIN CÜRUFUNUN VE KAZAN ALTI KÜLÜNÜN ETKİSİ

Turhan BİLİR, İsa YÜKSEL, İlker Bekir TOPÇU.....1079

EKLENEN F SINIFI UÇUCU KÜL MİKTARININ BETONUN AŞINMAYA DİRENCİ ÜZERİNE ETKİSİ

A. ÖNER ve R. YILDIZ.....1093

POSTER BİLDİRİLER / POSTERS

YÜKSEK DARBE DİRENÇLİ POLİSTİREN MALZEMEDE SOĞUK ÇEKMENİN, ÖN DARBE VE ÖN EĞMENİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Tülin ŞAHİN, A.Armağan ARICI, Tamer SINMAZÇELİK.....1111

HERTZ UZAYI'NIN DEPREM ÖNGÖRME İÇİN GENİŞLETİLMESİ ÜZERİNE

Mustafa Kemal OYMAN.....1123

7. ULUSLARARASI KIRILMA KONFERANSI

7th. INTERNATIONAL FRACTURE CONFERENCE

DANIŞMA VE BİLİM KURULU
SCINTIFIC COMMITTEE

Prof. Dr. Surkay AKBAROV	Yıldız Teknik Üniversitesi
Prof.Dr. Tevfik AKSOY	Dokuz Eylül Üniversitesi
Prof. Dr. Ahmet AVCI	Selçuk Üniversitesi
Prof. Dr. Mustafa DORUK	Middle East Technical University
Prof. Dr. A.N. GUZ	Ukranian Academy of Sciences
Prof. Dr. David HUI	University of Neworleons, USA
Prof. Dr. A.A. KAMINSKY	Ukranian Academy of Sciences
Prof. Dr. Şadi KARAGÖZ	Kocaeli Üniversitesi
Prof. Dr. Eyüp Sabri KAYALI	İstanbul Teknik Üniversitesi
Prof.Dr. B.M. NAZARENKO	Ukranian Academy of Sciences
Prof.Dr. Galip SAİD	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Prof.Dr. Filiz SARIOĞLU	Middle East Technical University
Prof.Dr. Necati TAHRALI	Yıldız Teknik Üniversitesi
Prof.Dr. V.P. TAMUZS	Institute of Polymer Mechanics, LATVIA
Prof.Dr. Ahmet TOPUZ	Yıldız Teknik Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr.Naki TÜTÜNCÜ	Çukurova Üniversitesi
Prof. Dr. Hikmet ÜÇIŞIK	Boğaziçi Üniversitesi
Prof.Dr. Öktem VARDAR	Boğaziçi Üniversitesi
Prof.Dr. Paşa YAYLA	Kocaeli Üniversitesi
Prof.Dr. Vebil YILDIRIM	Çukurova Üniversitesi

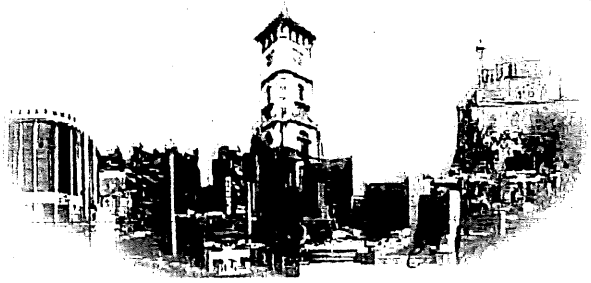
DÜZENLEME KURULU
ORGANIZING COMMITTEE

Prof. Dr. Mustafa DORUK	Middle East Technical University
Prof. Dr. Şadi KARAGÖZ	Kocaeli Üniversitesi
Prof.Dr. Ahmet TOPUZ	Yıldız Teknik Üniversitesi
Prof.Dr. Öktem VARDAR	Boğaziçi Üniversitesi
Prof. Dr. Ahmet AVCI	Selçuk Üniversitesi
Prof.Dr. Paşa YAYLA	Kocaeli Üniversitesi
Assoc.Prof.Dr.Halidun KELEŞTİMUR	Fırat Üniversitesi

YÜRÜTME KURULU
EXECUTIVE COMMITTEE

Assoc. Prof. Dr. Muzaffer ZEREN	Kocaeli Üniversitesi
Asst. Prof. Dr. Ahmet KARAASLAN	Yıldız Teknik Üniversitesi
Asst. Prof. Dr. Şenol SAHIN	Kocaeli Üniversitesi
MSc. Onur BIRBASAR	Kocaeli Üniversitesi
MSc. Rıdvan YAMANOĞLU	Kocaeli Üniversitesi

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ ★1992★



UK

7. ULUSLARARASI KIRILMA KONFERANSI BİLDİRİLER KİTABI

7th INTERNATIONAL FRACTURE CONFERENCE PROCEEDINGS

EDİTÖR / EDITOR
ŞADİ KARAGÖZ

CİLT 1
VOLUME 1

19 - 21 EKİM 2005
19 - 21 OCTOBER 2005