Yrd. Doç. Dr. Şenol ŞAHİN - Prof. Dr. Paşa YAYLA, Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü

Kalsiyum Karbonat Mineral Dolgu Maddesinin Polietilen Plastik Boru Malzemesinin Performansına Etkisi

Plastik malzemeler; havacılıktan otomotiv endüstrisine, tıptan tarımsal kullanıma, gıda sanayinden inşaat sektörüne günlük yaşamın hemen her alanında artan bir oranda 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 oran, 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.

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. 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 gör-meye başlamıştır.

Yüzyılımızın malzemesi olan plastik malzemeler dünya petrollerinin %4'lük gibi çok ufak bir kısmını tüketmesine rağmen, petrokimyanın arz-talep durumu, plastik ürünlerin arz-talep durumunu doğrudan etkilerken dünya ham petrol fiyatları termoplastik ürünlere genellikle gecikmeli olarak ta olsa yansımaktadır.

Ülkemizdeki plastik sektörü girdi olarak kullandığı termoplastiklerin yaklaşık %70'lik kısmını yurt dışı pazarlardan sağlamaktadır. İthal 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 inin 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 de tahmin edilebilir.

Plastik hammaddeler çeşitli yöntemlerle ürünlere dönüştürülürken nihai ürünün gerek maliyetlerini azaltmak gerekse performansını iyileştirmek için şekillendirme esnasında ana plastiğe birtakım katkı ve dolgu maddeleri de ilave edilirler.

Polivinilklorürden (PVC) 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 gru-

Tablo 1. YYPE boru malzemesinin fiziksel ve mekanik özelliklerine ait üretici verileri

	Test Metodu	Test Şartları	TUB 172 Sarı
Çekme akma gerilmesi [MPa]	ISO 527-2	50 mm/dak	20
Çekme kopma uzaması [%]	ISO 527-2	50 mm/dak	> 600
Çekme elastisite modülü [MPa]	ISO 527	1 mm/dak	600
Vicat erime noktası [°C]	ISO 306	1 kg	121
Vicat erime noktası [°C]	ISO 306	5 kg	69
Erime akış indeksi [g/10 dak]	ISO 1133	190°C/5 kg	0,85
Erime akış indeksi [g/10 dak]	ISO 1133	190°C/2.16 kg	0,2
Yoğunluk [kg/m^3]	ASTM D 792	23°C	941

bu plastiklerden olan polietilen (PE) ve polipropilen (PP) malzemelerden üretilen ürünlerde de bu katkıların (kalsiyum karbonat, talk ve baryum sülfat) kullanılabileceği konusunda son yıllarda sürdürülen birtakım araştırmalar ve pilot uygulamalar olmakla birlikte ülkemizde bu konuda teknik bilgi birikimi ve herhangi bir uygulama söz konusu değildir. Kalsiyum karbonat (CaCO3) türü katkıların poliolefin borularda kullanımı sayesinde plastik borular lehinde önemli bir kalite avantajı sağlanıp maliyetlerde kayda değer oranda azalmalar ve dolayısıyla da ülke ekonomisine ve ekolojiye katkı sağlanmış olunacaktır.

Plastiklerin yaygın olarak kullanıldığı yerlerden olan boru 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 sistemlerinde çok yaygın olarak kullanılmakta ve bu kullanımı sürekli artmaktadır.

Plastik boruların hem maliyetlerini düşürüp kalitelerini yükseltmek hem de kullanım alanlarını ve oranlarını genişletmek için ana polimer içine birtakım dolgu ve katkı maddeleri katılmaktadır. 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 CaCO3 mineral dolgu maddesinin poliolefin grubu boru malzemelerinin performanslarına etkileri konusunda ciddi bir çalışma yapılmamış olmasının yanında mineral dolgulu poliolefin grubu boruların regresyon eğrileri olarak ta bilinen Basınç-Sıcaklık-Zaman eğrileri de hala belirsizliğini korumaktadır. Bu çalışma sayesinde CaCO3 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.

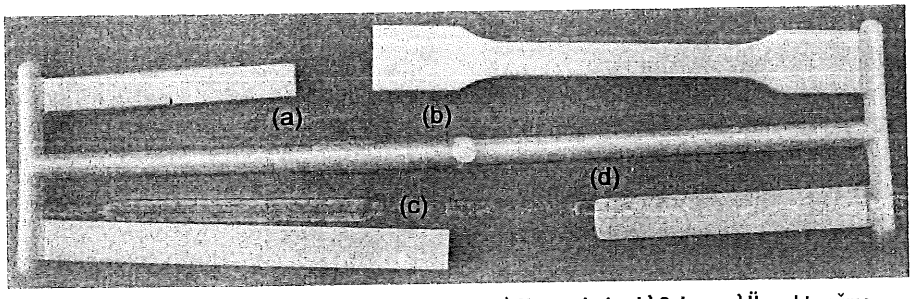
Deneysel Çalışma

Malzemeler

Çalışmada kullanılan temel polimer sarı renkte ve granül halde BP-Solvay firması tarafından üretilen ve ELTEX TUB 172 ticari ismi ile pazarlanan yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) kullanılmıştır. Bu hammaddenin önemli bazı fiziksel ve mekanik özellikleri konusunda, enjeksiyonla kalıplama yöntemiyle üretilen standart deney numunelerinden elde edilmiş üretici verileri Tablo 1'de bir araya getirilmiştir. Konvansiyonel termoplastiklere mineral dolgu maddesi ilavesi, mineral dolgulu karışımların genel maliyetlerini azaltır ve yeni özellik kombinasyonlarına ulaşılmasına imkan sağlar. Kısmi kristalli termoplastiklerin ve bunların katkılı olanlarının mekanik davranışları çok sayıdaki araştırmanın son yıllardaki konusu olmuştur. Bu malzemelerin şekil değiştirme karakteristiklerini anlamak için çok farklı deneysel teknikler kullanılarak pek çok araştırmalar yapılmıştır. Çok sayıda araştırmacı polimerlerin çekme uzamasına dolgu maddelerinin etkisini çalışmıştır. Bazı teori ve modeller önerilmiştir. Partikül şeklindeki dolgulu karışımların çekme uzamasını etkileyen çok sayıda parametrenin varlığı teorik modellerin kullanılabilirliğini güçleştirmektedir. Dolgu ağırlık oranı yada hacim oranı, partikül şekli, partikül büyüklüğü, matrisin cinsi ve dolgu partiküllerine tutunması (yapışması) nihai ürünün özellikleri etkileyen ana pa-

Tablo 2. Çalışmada kullanılan kalsiyum karbonata (CaCO3) ait bazı veriler

	Test Metodu	Test Şartları	Mineral Madde
$CaCO_3$ oranı [%]	-	-	98
Ortalama partikül çapı (D%50) [µm]	-	-	2
En büyük partikül çapı (D%98) [ing. TopCut] [µm]	-	-	10
Yoğunluk [g/ml]	ISO787/10	-	2.17
Erime akış indeksi [g/10 dak]	ISO 1133	230°C/2.16 kg	18
Erime akış indeksi [g/10 dak]	ISO 1133	190°C/2.16 kg	10
Parlaklık [%]	DIN53163	Ry, C/2°	85



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/saat	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

rametreler olduğu vurgulanmıştır. Bu çalışmada CaCO3 katkısının YYPE'in mekanik özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Katkı maddesi miktarının da malzemenin tüm mekanik özelliklerine etkisinin olduğu varsayılmıştır.

Katkının ve katkı miktarının YYPE'in mekanik özelliklerine etkisini ortaya koymak üzere mineral dolgu maddesi olarak CaCO3 kullanılmıştır. OMYA AG firması tarafından OMYALENE 102 M OG kodlu granül halde üretilen ve tüm poliolefin grubu için hazırlanmış olan CaCO3 'ın temel bazı özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Deney Numunesi Hazırlama

Bu çalışmada iki grup deney numunesi hazırlanmıştır. Birinci grup için sarı malzemeye enjeksiyon esnasında CaCO3 mineral dolgu maddesi hacimce %5, %10, %15, %20, %25, %30 ve %35 (ağırlıkça %10.8, %20.4, %28.9, %36.6, %43.5, %49.7 ve %55.4) miktarlarında ilave edilerek malzemenin katkılanması sağlanmıştır. İkinci grup için sarı 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.

Kalsiyum Karbonatın Etkisi

Charpy Darbe Enerjisine Etkisi

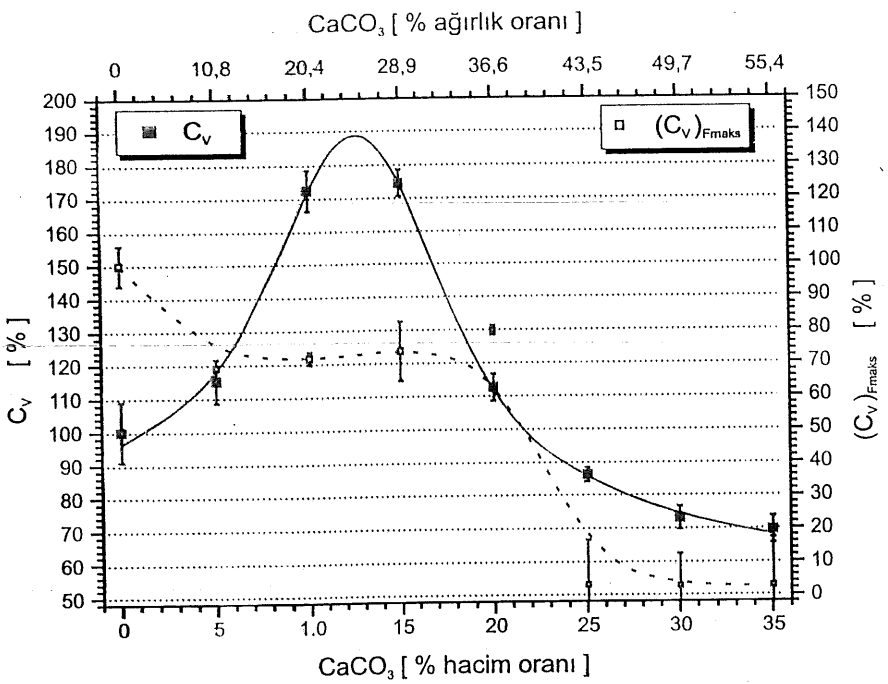
YYPE malzemelerin, darbelere karşı davranışlarına CaCO3'ın etkisini belirlemek üzere, 80 mm. x 10 mm. x 4mm. boyutlarında ve üzerine 2 mm. uzunluğunda 45o 'lik V çentiği olan Charpy numunelerine 22°C ± 1oC sıcaklık ve %50 ± 10 nem oranındaki ortamda ISO 179 /1eU standardına uygun Charpy deneyleri uygulanmıştır. Deneyler çarpma hızı 2.53 m/s. olan CEAST marka enstrumente edilmiş Charpy darbe test cihazıyla gerçekleştirilmiştir. Charpy deneyleri ile elde edilen kuvvet (F)-zaman (t) ve kuvvet (F)-yol (x) diyagramlarından malzemenin çatlak başlatma enerjisi (WFmaks) ve toplam Charpy darbe enerjisi (W) gibi malzeme büyüklükleri saptanmıştır. Her bir deneyden elde edilen enerji (W) değerleri denklem 1'de yerine konarak malzemelerin kJ/m2 cinsinden Charpy çentik darbe mukavemeti (CV) hesaplanmıştır. Burada; (CV) Charpy çentik darbe mukavemeti [kJ/m2], (W) Charpy darbe enerjisi [J], (h) numune kalınlığı [m], (b) numune genişliği [m] ve ( ) çentik numunesi geometrisine bağlı olarak Plati ve Williams 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 [(CV)Fmaks] olarak düşünülebilir ve ikincisi ise konvansiyonel olarak Charpy darbe enerjisi [CV] olarak bilinen ve darbe boyunca dağılmış olan toplam enerjidir. Her bir değer için kullanılan 5'er adet Charpy numunesinden elde edilen değerler Chouvenant kriterine göre istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve değişimler katkısız Charpy numunesi değerleri baz alınarak % olarak grafikleştirilmiştir.

Charpy çentik darbe mukavemetinin ve Charpy çatlak başlatma enerjisinin hacimce % CaCO3 oranına bağlı değişimleri Şekil 2'de verilmiştir. Şekilden hacimce % CaCO3 ilavesi ile CV'nin artmaya başladığını ve hacimce %13 CaCO3 miktarın da yaklaşık %90'lık bir değer artışıyla bir maksimuma ulaştığı tespit edilebilmektedir. Ayrıca bu orandan itibaren artan her hacimce % CaCO3 miktarın da CV değerinin maksimum değerinden değer kaybederek hacimce yaklaşık %21 CaCO3 miktarın da ancak başlangıç değerine kadar düştüğü görülebilmektedir. Bu orandan itibaren artan her hacimce yaklaşık %5 CaCO3 miktarın da CV'nin değeri yaklaşık %10 azalarak hacimce %35 CaCO3 miktarın da değerinde sadece %30 azalma tespit edilebilmektedir. Buna karşılık, çatlak başlatma direnci (CV) Fmaks olarak bilinen enerjisinin hacimce %5 CaCO3 miktarına kadar %30 azaldıktan sonra hacimce %18 CaCO3 miktarına kadar

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

Üretim	Meme	1. Bölge	2. Bölge	2. Bölge
Sıcaklık	200_0^{+5}	200_0^{+5}	200_0^{+5}	200_0^{+5}
Basınç ve hızlar [°C]	Enjeksiyon	Ütüleme	Enjeksiyon	Mal alma
	100 bar	70 bar	2 m/s	9 m/s
Zamanlar	Enjeksiyon	Mengene bekleme	Birim bekleme	Ütüleme
	11 s	3 s	40 s	10 s
Soğutma suyu [°C]	1 nolu giriş	2 nolu giriş	3 nolu giriş	
	10_0^{+5}	20_0^{+5}	15_0^{+5}	



Şekil 2. Katkısız YYPE malzemesine göre enstrumente edilmiş Charpy darbe testinden elde edilen çentik darbe mukavemeti (CV)'nin ve çatlak başlatma direncinin CaCO3 miktarı ile değişimi

bu değerinde kısmen sabit kalmasının ardından bu orandan itibaren artan her hacimce % CaCO3 miktarı ile (CV)Fmaks değeri azalarak hacimce %35 CaCO3 miktarın da değerinde yaklaşık %98 azalma meydana geldiği tespit edilebilmektedir. Bu sonuçlar pratikte iki nedenden dolayı önemlidir. Birincisi yaklaşık hacimce %18 CaCO3 oranında YYPE boruların CV 'de bir değişiklik olmaması ve (CV)Fmaks'de sadece %30'luk bir azalmanın olması nedeniyle hammadde tasarrufu sağlanabilirken, ikincisi ise CaCO3 katkısı dolayısı ile boruların ağırlaşması nedeniyle lojistiğinin ve döşenmesinin daha kolay olmayacağıdır. Bu iki önemli nokta boruların CaCO3 ile katkılandırılmasına dikkat çekmektedir.

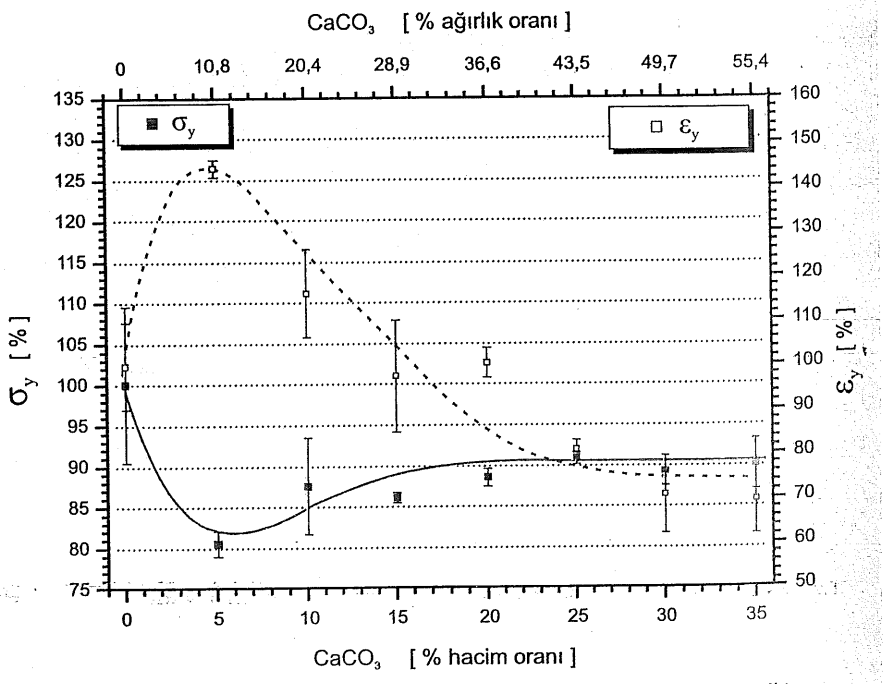
HDPE malzemenin morfolojisindeki değişiklikler (daha fazla bağ moleküllü daha büyük küreselleşmiş yapı) ve matriste ve dolgudaki daha fazla plastik deformasyon darbe mukavemetinin artışına neden olabilir. Öte yandan HDPE malzemenin darbe mukavemetinin artan CaCO3 oranı ile birlikte azalmasının nedenleri olarak da iki önemli fiziksel oluşum etkili olabilmektedir. Bunlardan ilki CaCO3 ilavesi çatlak başlatıcı olarak rol oynayabilir. İkincisi ise CaCO3'nın varlığı bir gerilme yığılması etkisi yaparak CaCO3 etrafında bir gerilme artışına neden olabilir.

Çekme Özelliklerine Etkisi

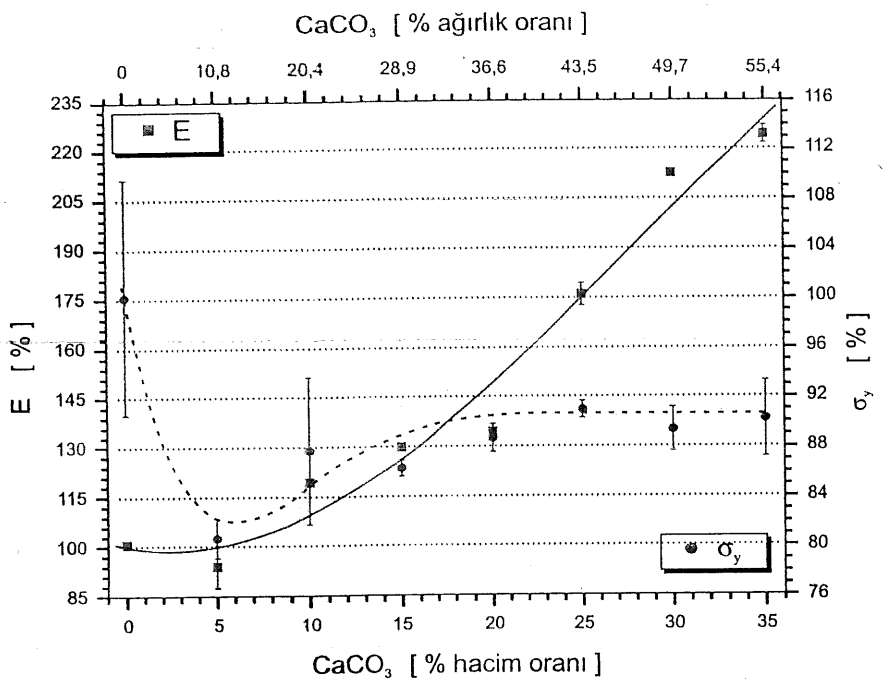
Çekme deneylerinde, bütün çekme numuneleri, TS 1398-2 veya ISO 527-2 standardında verilen 156 mm. x 10 mm. x 4 mm. boyutlarındaki Tip 1A çekme numunesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çekme numunesi, çekme cihazındaki çekme çenelerine, enjeksiyon girişi sabit çene tarafında olacak şekilde yerleştirilmiştir.

Çekme deneyi sonuçlarının, kullanılan çekme makinesi ve programına bağlı olarak belirli ölçüde farklılıklar gösterebildiğine dair sonuçlar bilinmektedir. 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 Test-Xpert isimli test programının 6.01 sürümlü 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. Çekme deneyi süresince mekanik özelliklere etki eden parametrelerin tespitinde çekme hızı olarak 50 mm/dak. kullanılmıştır. De-



Şekil 3. Katkısız YYPE malzemesine göre çekme testinden elde edilen óy - CaCO3 miktarı ve åy - CaCO3miktarı



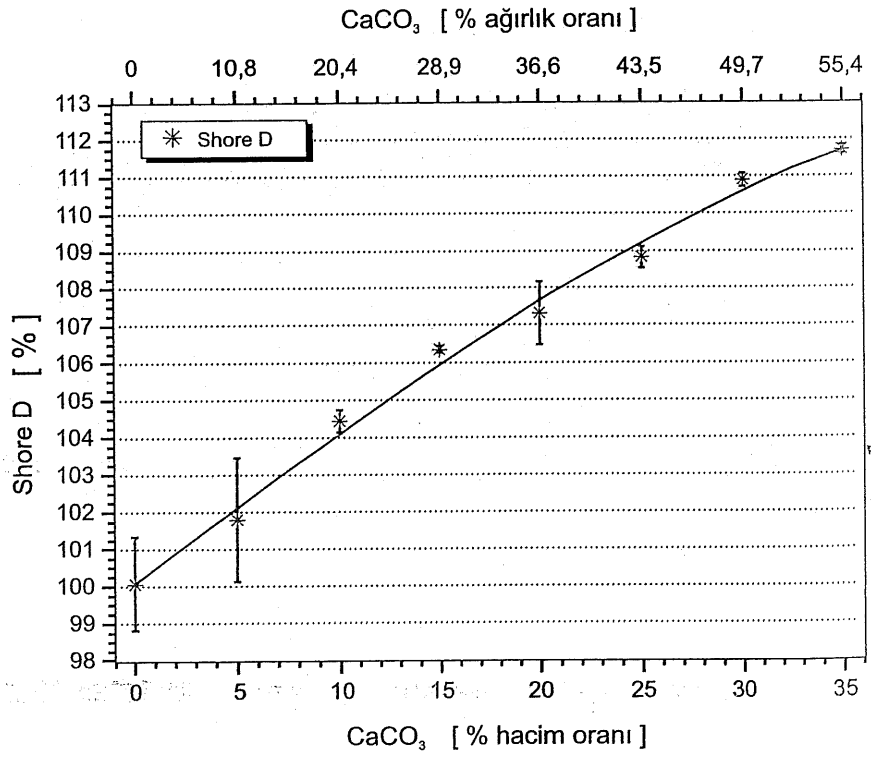
Şekil 4. Katkısız YYPE malzemesine çekme testinden elde edilen E - CaCO3 miktarı ve σy - CaCO3 miktarı

neyler 22 °C ± 1°C sıcaklık ve %50 ± 10 nem oranındaki ortamda en az 3 deney numunesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Farklı % hacim oranlarında ilave edilen kalsiyum karbonatın akma gerilmesi (σy) ile yüzde akma uzamasına (% εy) etkisi Şekil 3'te ve elastisite modülüne (E) etkisi ise Şekil 4'te verilmiştir. Şekil 3 hacimce % CaCO3 ilavesi ile σy'nin azalmaya başladığını ve hacimce %5 CaCO3 miktarın da yaklaşık %20'lik bir değer kaybıyla bir minimuma ulaştığı tespit edilebilmektedir. Ayrıca bu orandan itibaren artan her hacimce % CaCO3 miktarın da σy değerinin minimum değerinden değer kazanarak hacimce yaklaşık %21 CaCO3 miktarın da ancak başlangıç değerinin yaklaşık %10 daha düşük bir değerine kadar yükseldiği görülebilmektedir. Bu orandan itibaren artan her hacimce % CaCO3 miktarın da σy'nin değeri değişmeyerek sabit kalmaktadır. Buna karşın hacimce % CaCO3 ilavesi ile % εy'nın artmaya başladığını ve hacimce %5 CaCO3 miktarın da yaklaşık %45'lik bir değer artışıyla bir maksimuma ulaştığı tespit edilebilmektedir. Ayrıca bu orandan itibaren artan her hacimce % CaCO3 miktarın da % εy değerinin maksimum değerinden değer kaybederek hacimce yaklaşık %20 CaCO3 miktarın da ancak başlangıç değerine kadar düştüğü görülebilmektedir. Bu orandan itibaren artan her hacimce % CaCO3 miktarın da % εy'nın değeri azalarak hacimce %25 CaCO3 miktarın da yaklaşık %23'lük bir değer kaybıyla bir minimuma ulaşarak bu değerde artan her hacimce % CaCO3 miktarın da değişmeyerek sabit kalmaktadır. Şekil 4 ise hacimce % CaCO3 ilavesi ile elastisite modülü değerinde hacimce %5 CaCO3 miktarına kadar herhangi bir değişim göstermediğini ancak hacimce %5 CaCO3 miktarından sonra elastisite modülü değerinde artan her hacimce % CaCO3 miktarı için bir artma eğilimi olduğunu göstermektedir.

Konvansiyonel termoplastiklerde artan CaCO3 miktarına bağlı olarak elastisite modülünün arttığını buna karşılık belirli bir CaCO3 miktarına kadar akma gerilmesinin de artma eğilimi verdikten sonra düştüğünü ve yüzde akma uzamasının ise CaCO3 miktarına bağlı olarak azalma eğilimi gösterdiğini veren sonuçlar daha önce yapılmış olan çalışmalarda mevcuttur.

Bu nedenle Şekil 3 ve Şekil 4 birlikte değerlendirildiğinde ana polimer ile CaCO3 partikülleri arasında iyi bir yapışma oluşmadığı düşünülebilir. Çünkü elastisite modülü değerlerinin alındığı şekil değiştirme miktarı çok düşük iken

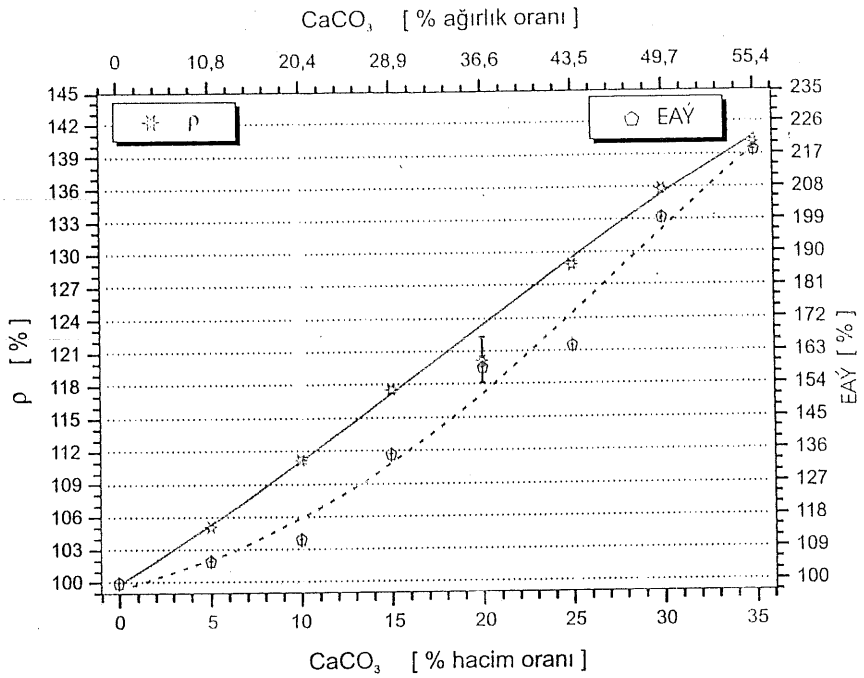


Şekil 5. Katkısız YYPE malzemesine göre sertlik testinden elde edilen Shore D - CaCO3 miktarı

akma gerilmesi ile yüzde akma uzaması değerlerinin alındığı şekil değiştirme miktarı yüksektir.

Sertlik Özelliklerine Etkisi

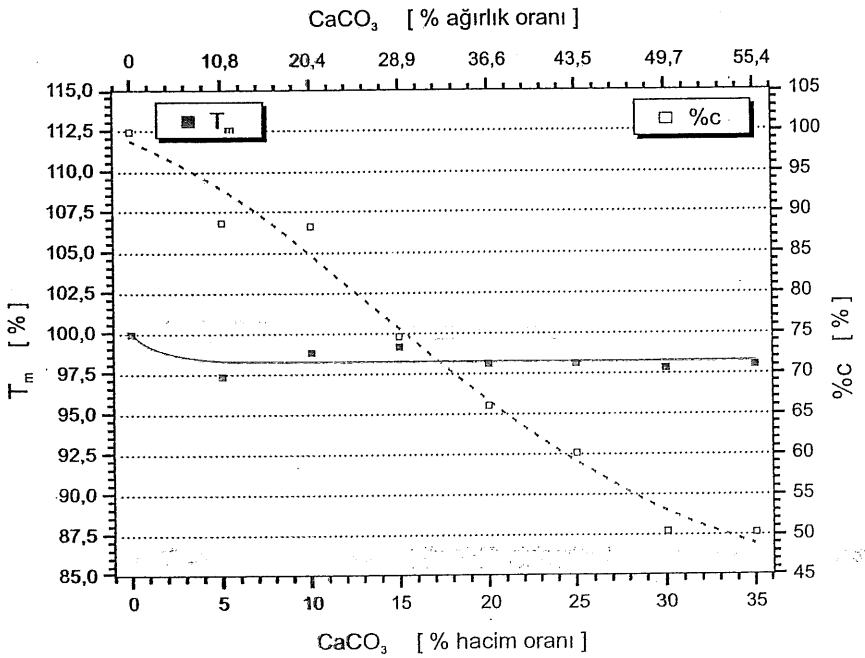
YYPE deney numunelerinin CaCO3 miktarına bağlı olarak Shore D sertlik değerlerinin değişimi Şekil 5'de verilmiştir. Shore D sertlik numunesi olarak enjeksiyon kalıplama ile elde edilmiş olan üç nokta eğme numunesi kullanılmış olup boyutları 12 mm. x 124 mm. x 4 mm.'dir. Beklendiği üzere malzeme de, çekme testinde elde edilen sonuçlarla uyum içinde artan her hacimce % CaCO3 miktarı ile Shore D sertlik değerinin de arttığı görülmektedir.



Şekil 6. Katkısız YYPE malzemesine göre ñ - CaCO3 miktarı ve EAİ - CaCO3

Fiziksel ve Isıl Özelliklerine Etkisi

YYPE deney numunelerinin CaCO3 miktarına bağlı olarak erime akış indeksi (EAİ) ile yoğunluk (ñ) değerlerinin değişimleri Şekil 6'da verilmiştir. Erime akış indeksi (EAİ) numunesi olarak enjeksiyon kalıplama ile elde edilmiş olan üç nokta eğme numuneleri kullanılmış olup boyutları 12 mm. x 124 mm. x 4 mm.'dir. EAİ deneyi, TS1323 ve ISO1333 standartları dikkate alınarak, Zwick 4105 deney cihazında yapılmıştır. YYPE 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 3 adet numune alınarak ölçülmüş ve değerler g/10 dak. olarak ifade edilmiştir. Bu deney, özellikle plastik hammaddesi üreten ve işleyen firmaların, üretimlerinin aynı kalitede olmasını kontrol edebilmeleri açısından çok yararlı 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 ancak önemli bir ters metodudur. 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.



Şekil 7. Katkısız YYPE malzemesine göre Tm - CaCO3 miktarı ve %c - CaCO3

Şekil 6, YYPE numunesinin artan hacimce % CaCO3 miktarına bağlı olarak hem EAİ'nin hem de yoğunluğunun kısmen orantılı olarak arttıklarını göstermektedir. Artan CaCO3 miktarı ile EAİ 'nin artması kalıp boşluklarının daha düşük enerji ile daha iyi doldurulmasına imkan sağlarken, yoğunluğun artması elde edilen mamulün ağırlaşmasına ve buna bağlı olarak ta örneğin nakliye masraflarının artmasına neden olabilmektedir.

Şekil 7, YYPE deney numunelerinin Ca CO_3 miktarına bağlı olarak kristalin erime sıcaklığı (Tm) ile kristalleşme de-

recesi (%c) değerlerinin değişimlerini göstermektedir. Diferansiyel tarama kalorimetre (DSC) deneyleri için TS 2249 ve ISO3146 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, diğerinde bulunan karşılaştırma numunesine bağlı olarak, odanın endo-termik olarak ısıtılmasıyla erime davranışı gözlenmiştir. Deneyler 10 ml/dak. hızındaki azot gazı atmosferinde 10°C/dak'lık ısıtma hızında gerçekleştirilmiştir.

Erime grafiklerinden YYPE malzemelerin, kristalin erime sıcaklığı (Tm) ve kristalin erime enerjisi (entalpisi, ÄHsc) değerleri okunmuştur. Ayrıca tamam (%100) kristalin YYPE malzemesinin ısıl füzyon (entalpi) değeri ÄHc kullanılarak YYPE malzemelerin kristalleşme dereceleri (c) hesaplanmıştır. YYPE malzemelerin kristalleşme dereceleri (c) hesaplanırken denklem 2 kullanılmıştır.

Burada; ÄHc: %100 kristalin polimer malzemenin erime entalpisi (kJ/kg), ÄHsc: Kısmi kristalin malzemenin erime entalpisi (kJ/kg) ve c: malzemenin kristalleşme derecesi (%)'dir. Malzemelerin ısıl ve mikro yapısal özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan DSC deneyleri ile YYPE malzemelerin mekanik özelliklerindeki değişimlerinin kristalleşme derecesi tarafından nasıl etkilediğini incelemek ve ortaya koymak amacıyla yapılmıştır. Şekil 7 YYPE numunesinde artan her hacimce % CaCO3 miktarına bağlı olarak Tm değerinin belirli bir bant içinde sabit kalmasına karşın %c değerinin yaklaşık lineer olarak azaldığını göstermektedir.

Sonuçlar

Bu çalışmada kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) mineral dolgu maddesinin yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) plastik boru malzemesinin performansına etkisi incelenmiştir. Sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

1- Plastik boru imalatında kullanılan polietilene CaCO3 ilavesi, malzemenin birim fiyatını azaltırken bazı mekanik özelliklerde olumlu, bazı özelliklere ise olumsuz yönde etki etmiştir.

2- Hacimce %21'lere kadar CaCO3 ilavesi çentik darbe dayanımı artırıcı yönde olumlu bir katkı yapmıştır.

3- Hacimce %5 CaCO3 ilavesi ile malzemenin akma mukavemeti minimum ve akma uzaması ise maksimum değerine ulaşmıştır. Artan kalsit oranı ile birlikte malzemenin sünekliliği azalmıştır.

4- Malzemenin elastik modülü CaCO3 içeriği arttıkça artmakta, hacimce %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 drenaj ve pis su hatları ile drenaj ve telekom kablo sistemlerinde kullanılan korruge borular gibi basınçsız polietilen boru hatları için olumlu bir katkıdır. Böylece CaCO3 katkısı sayesinde bir taraftan borunun birim maliyeti azaltılırken diğer taraftan da elastik modüldeki artış dolayısı ile daha rijit boru elde edilerek borunun yük altındaki ovalleşmesi azaltılmaktadır.

Kaynaklar / References / Resource

[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., 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., 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 pi-pe extrusion", BATTENFELD.

[9] YAYLA, P., 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"

[11] LEONG, Y.W., MOHD ISHAK, Z.A., ARIFFIN, A., Journal of Applied Polymer Science.

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

[13] ZHOU, Y., MALLICK, P.K., Poly-mer Engineering and Science,42,12, 2449-2460, 2002.

[14] ZHOU, Y., MALLICK, P.K., Poly-mer Engineering and Science, 42, 12, 2461-2470, 2002.

[15] WAH, C.A., CHOONG, L.Y., NE-ON, G.S., European Polymer Journal, 36, 789-8001, 2000.

[16] SAHNOUNE, F., LOPEZ-CUES-TA, J.M., CRESPY, A., Journal of Mate-rials Science, 34, 535-544, 1999.

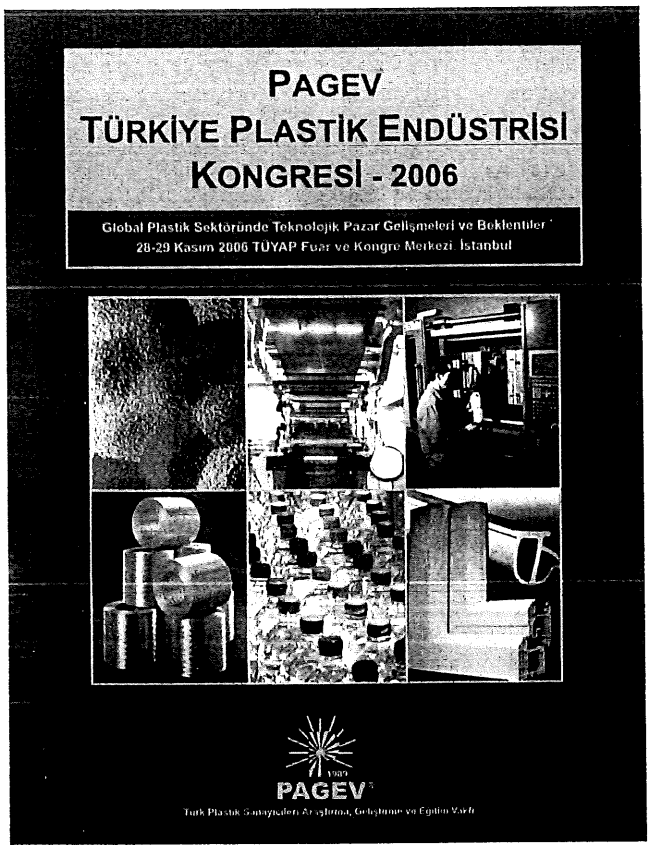
[17] PLATI, E., WILLIAMS, J. G., Polymer Engineering and Science, 15, 470, 1975.

[18] BREUER, H., DUPP, G., JANTZ, R., WÜBKEN, G., TIBA, M.H., TÜLL-MANN, R., Campus vor weltweiter Verbreitung Teil 1: Stand der internatio-nalen Normung, Kunststoffe 84, 7, 1994.

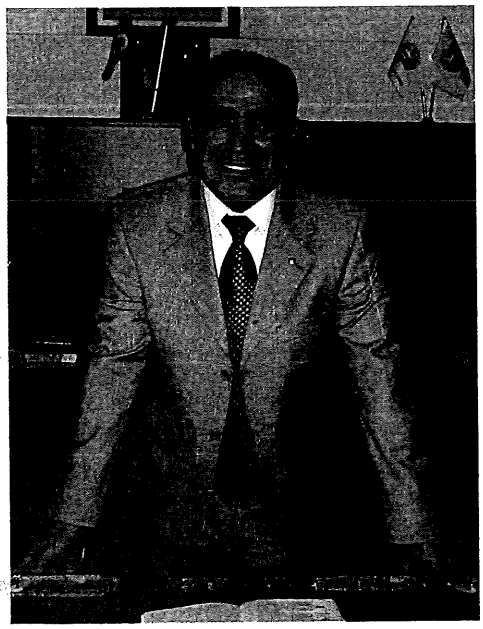
[19] SAVAŞÇI, Ö. T., UYANIK, N., AKOVALI, G., Ana Hatları İle Plastikler ve Plastik Teknolojisi, 2. Baskı, PAGEV Yayınları, ISBN 975-6816-02-8, İstanbul, 2002.

[20] ŞAHİN, Ş., YAYLA, P., "Kalsiyum Karbonat Mineral Dolgu Maddesinin Polipropilen Plastik Boru Malzemesinin Performansına Etkisi", Kocaeli Uni-versity 7th International Fracture Conference 19-21 October Kocaeli/Türkiye, Cilt-2, s. 1007-1016, 2005.

[21] HOLMAN, J.P., Experimental Methods for Engineers, 6th Ed., Mc-Graw-Hill, 1994.



16 İmalat sanayimizin en genç ve en hızlı büyüyen plastik sanayii, faaliyetlerini tüm yönleri ile geliştirmek, firmalarımızı dünya plastik teknolojisindeki en son gelişmeler hakkında bilgilendirmek, yüksek katma değer yaratan mamul üretimi sağlayarak sektörümüzün global pazarlarda rekabetçi üretim olanaklarını arttırmak amacıyla;
28-29 Kasım 2006 tarihlerinde İstanbul TÜYAP Fuar ve Kongre Merkezi'nde "PAGEV TÜRKİYE PLASTİK ENDÜSTRİSİ KONGRESİ - 2006" yı düzenliyoruz.



42 "Sektörün Duayenleri" Altan Plastik Genel Müdürü Celal ALTAN; "Global Pazarlarda Etkin Olarak Var Olmak İçin, AB Çerçeve Uyum Yasalarını Mutlaka Uygulamalıyız."



20 İtalyan Makina Üreticileri Birliği ASSOCOMAPLAST, İtalyan Ticaret Merkezi ICE ve Vakfımız PAGEV arasında imzalanan protokol kapsamında İtalyan teknik uzmanlar belirli aralıklarla Türkiye'ye gelerek, uzmanlık alanlarında seminerler düzenlenmektedir. Bu seminerlerin 3.sü 21 Eylül Perşembe günü 09:00-18:00 saatleri arasında Gebze PAGEV Anadolu Meslek Lisesi Konferans Salonunda "Genel Enjeksiyon Kalıplaması ve Çok Komponentli, Çok Renkli, Gaz Destekli, Hızlı Enjeksiyon Kalıplaması; Hat Otomasyonu" konularında verilecek Teknik Seminerle gerçekleştirilecektir.

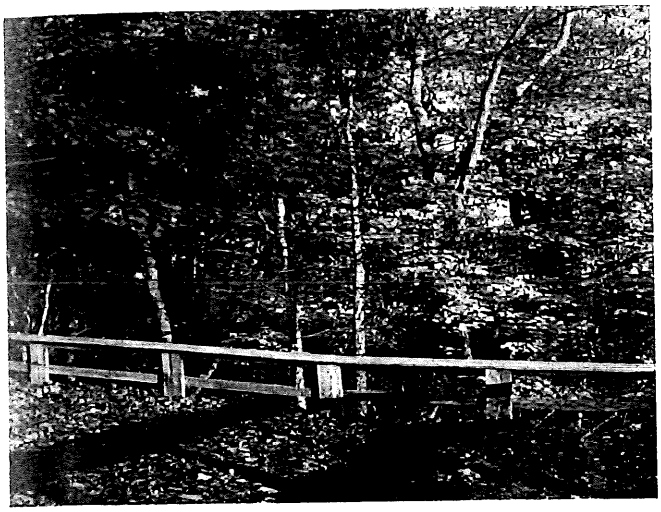
Başkan'dan
9 Başkan'dan

PAGEV'den
14 Eğitim Kompleksimize Destek Olmak İstermisiniz ?
16 PAGEV Türkiye Plastik Endüstrisi Kongresi'2006
18 Plastik Teknoloji Ödülleri Yarışması Eylül Ayında
20 PAGEV'den Yeni Bir Seminer...
22 Yeşil Kamu İhalesinden, Sürdürülebilir Kamu İhalesine Doğru...

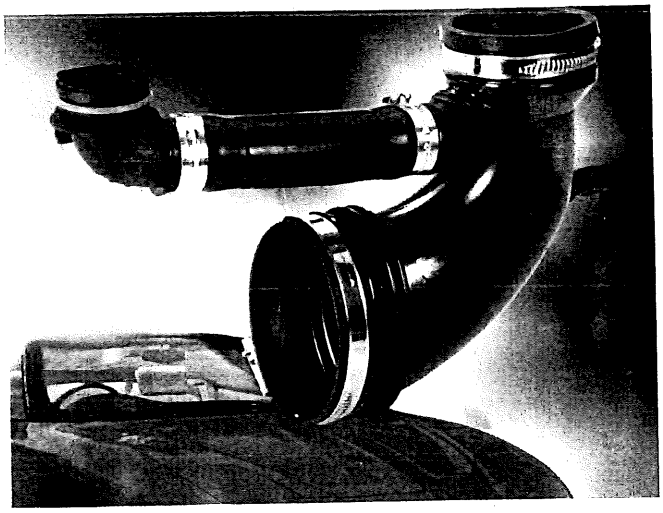
Sektörden
26 1. Ulusal Polimer Bilim ve Teknoloji Kongresi Yapıldı
28 Altın Ambalaj Yarışması Yapıldı
28 Polinas, Ödül Kazandı
30 Recycling Fuarı İstanbul'da Yapıldı
32 Assab Korkmaz Yeni Tesislerini Açtı
36 Soğutma Maliyetleri Artık Cebinizi Yakmıyor !
40 II. Ambalaj Tasarımı Ulusal Öğrenci Yarışması Yapıldı

Sektörün Duayenleri
42 Altan Plastik - Celal Altan

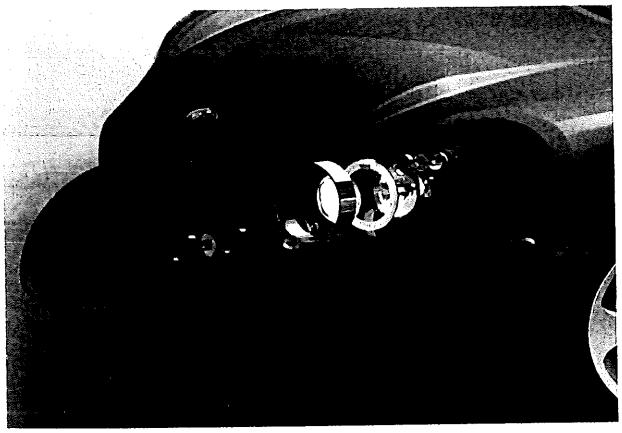
Dünyadan
48 Plastik Atıklardan Dizel Yakıt Üretildi
50 Termoplastik Bileşik İmalatında Yeni Teknolojiler
52 Yüksek Performanslı Tel ve Kablo Uygulamaları
54 On Yıl Sonra Plastik Uçaklar Geliyor
56 Portakal Kabuğundan Plastik Üretildi
58 Daha Parlak ve Aydınlık Oto Aksamları
60 Yeni Teknoloji ile Yarı Şeffaf Binalar



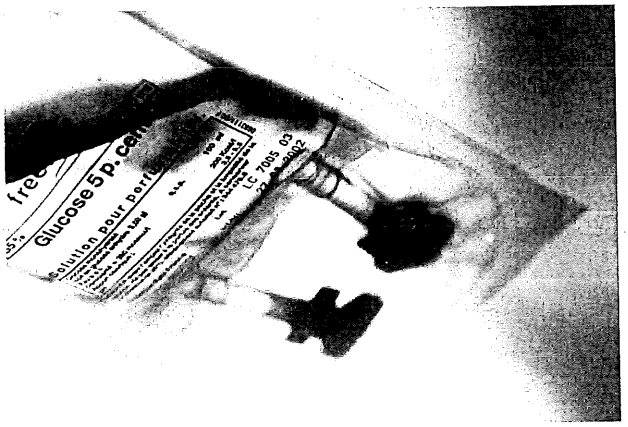
48 Yıllarca çevre sağlığına zarar verdiği ve görsel kirlilik yarattığı gerekçesiyle eleştirilen plastik atıklar Amerikalı Clyvia Technology Şirketi tarafından geliştirilen teknolojiyle dizel yakıta dönüştürüldü.



62 Arnitel Termoplastik kopolyester elastomeri (TPE-E veya COPE) kullanarak motor ve motor kapağının altındaki hava kanallarında maliyetleri düşürüp performansı arttırıyor.



58 Yer ve ağırlık kısıtlamaları daha kompakt, daha ince ön aydınlatma bileşenlerini gerektirdiğinden, otomotiv tedarikçileri de ampullere yakınlıktan kaynaklanan yüksek ısılar ve kütlenin azaltılması için daha ince cidarlı parçalar da dahil olmak üzere bu yeni tasarımların getirdiği sorunlarla başa çıkabilecek malzemeler arıyor.



72 Borealis, sağlık bakımı polyolefinleri ailesine yeni yapılan katılımla birlikte kaliteli film serisini genişletiyor. Bu yeni sınıf, Bormed TD109CF, işleme avantajlarını yüksek saydamlık, saflık, mükemmel sızdırmazlık davranışları ve sterilize edilebilirlik ile bir araya getiren bir polipropilen (PP) sızdırmazlık malzemesi.

Yeni Ürün

62 Otomotivde Yüksek Verimli Plastik Hava Kanalları
64 Cerrahlar Artık Daha Temiz Kesik Atacaklar !
66 Synventive'den Yeni Ürünler
68 Ödül Kazanan Koç Boynuzu Kilidi
70 Okyanus Yarışlarının Galipleri Yüksek Teknoloji Kullanıyor
72 Medikal Sanayide Yeni Ürünler

Makale

76 Stiren İzopren Stiren Kopolimerinin Etkisinin İncelenmesi
92 Şişirme Kalıplamada Mikroyapı ve Yönlenme,
100 Nanoboyalar
104 Avrupa Birliği 7. Çerçeve Programı ve İnovasyon
106 Finansal Regülasyon ve Türkiye
112 Kalsiyum Karbonat Mineral Dolgu Maddesinin Polietilen Plastik Boru Malzemesinin Performansına Etkisi
124 Öğütülmüş Lastik Atıklarının Termoplastik Elastomer TPE Üretiminde Kullanımı

Dünyadan Ekonomi

128 Dünyadan Ekonomik ve Finansal Göstergeler

Fuar Takvimi

130 Uluslararası Plastik, Ambalaj ve Makina Fuarları Takvimi

Yayın İstek Formları

133 Abonelik ve Yayın Talep Sayfası

Reklam İndeksi

135 Alfabetik Reklam Dizini



PAGEV Plastik Araştırma, Geliştirme ve İnceleme Dergisi
Yıl:16 Temmuz-Ağustos 2006 Sayı: 87 İki Ayda Bir Yayınlanır
Plastik Araştırma-Geliştirme ve İnceleme Dergisi, PAGEV'in Yayın Organıdır.
PAGYAY Yayıncılık Turizm ve Ticaret Ltd. Şti. adına,

Sahibi
İ. Selçuk AKSOY

Genel Koordinatör
Murat ÖZADAM

Yayın Yönetmeni
Ertan GÜNEŞ

Yazı İşleri Asistanı
Deniz DERELİ

Reklam ve Halkla İlişkiler
Erdoğan SIĞIN

Yayın Yürütme Kurulu
Mak. Yük. Müh. İ. Selçuk AKSOY
Dr. Zafer ÇİÇEK
Kim. Yük. Müh. Tülin BİLGİÇ

Yayın Danışma Kurulu
Prof. Dr. Atilla GÜNGÖR / M.Ü.
Prof. Dr. Duygu KISAKÜREK / O.D.T.Ü.
Prof. Dr. Erhan PİŞKİN / H.Ü.
Prof. Dr. Güneri AKOVALI / O.D.T.Ü.
Prof. Dr. Hüseyin YILDIRIM / Y.T.Ü
Prof. Dr. İsmail DALAY / S.Ü.
Prof. Dr. M.Ali GÜRKAYNAK / İ.Ü.
Prof. Dr. Mehmet Emin YURCİ / Y.T.Ü.
Prof. Dr. Murat ORBAY / İ.Ü.
Prof. Dr. Nurseli UYANIK / İ.T.Ü.
Prof. Dr. Paşa YAYLA / K.Ü.
Prof. Dr. Tekin ARDA / Newport Ün.
Doç. Dr. Mustafa ÖKSÜZ / M.Ü.T.E.F.
Yrd. Doç. Dr. Çetin KARATAŞ / G.Ü.
Yrd. Doç. Dr. Recep YENİTEPE / M.Ü.T.E.F.
Yrd. Doç. Dr. Soner ÇELİKKOL / K.Ü.
Dr. Mevlüt ÇETİNKAYA / PETKİM
Dr. Yakup ÜLÇER / RESINEX
Metin BİLGİLİ / ARÇELİK
Ekin KURT / CLARIANT
Elçin OĞUZHAN / TEKNOPOLİMER

Grafik Çalışma
PAGYAY Yayıncılık

Baskı
Cem Ofset

Merkez
Halkalı Cad. Tez-İş İş Merkezi No: 132/1 Kat:4
Sefaköy 34295 İstanbul
Tel.: 0212.425 13 13 - 3 Hat Faks: 0212.624 49 26

İletişim
e-mail: pagyay@pagev.org.tr
http://www.pagev.org.tr

Banka Hesap No
PAGYAY Turizm ve Ticaret Ltd.Şti.
Garanti Bankası Sefaköy Şubesi - 6200599

PAGEV Türkiye Plastik Endüstrisi Kongresi'ne Doğru...

İmalat sanayimizin en genç ve en hızlı büyüyen plastik sanayii, faaliyetlerini tüm yönleri ile geliştirmek, firmalarımızı dünya plastik teknolojisindeki en son gelişmeler hakkında bilgilendirmek, yüksek katma değer yaratan mamul üretimi sağlayarak sektörümüzün global pazarlarda rekabetçi üretim olanaklarını arttırmak amacıyla; 28-29 Kasım 2006 tarihlerinde İstanbul TÜYAP Fuar ve Kongre Merkezi'nde **"PAGEV TÜRKİYE PLASTİK ENDÜSTRİSİ KONGRESİ - 2006"** yı düzenliyoruz. Kongremizde her bir konu başlığı altında, Türkiye ve dünya global plastik endüstrisinde AR-GE ve ÜR-GE faaliyetinde bulunmuş en az dört firma ve kurum temsilcisi konuşmacı olarak yer alacak ve geleceğin plastik sanayiine damgasını vuran uygulamalar konusunda katılımcıları bilgilendireceklerdir.

Türk ve global plastik sektörünün en büyük firmalarından, plastiği yaygın olarak kullanan otomotiv, beyaz eşya, elektrik ve ambalaj gibi sektörlerin AR-GE uygulayan global firmalarından, TÜBİTAK Polimer Bölümünden ve benzeri kurumlardan kongremize davet edilecek temsilciler, firmalarının AR-GE uygulamalarını ve ürün tasarımlarını bizlerle paylaşacaktır. Diğer taraftan, dünya plastik sektöründeki en son teknoloji ve tasarım uygulamalarını ve geleceğe meydan okuyan gelişmeleri bizlere aktarmak amacıyla, EuPC, PlasticEurope, CIPAD, Society of Plastics Engineers gibi yurt dışı plastik derneklerinin önde gelen üye temsilcileri de konuşmacı olarak kongremizde yer alacaklardır. İlk defa düzenlenecek olan kongrenin plastik sektörümüze yeni ve uzun soluklu bir sinerji katacağına inanıyoruz.

Tüm yayınlarımızda da belirttiğimiz üzere, İstanbul Halkalı'da Vakfımız PAGEV öncülüğünde plastik sektörümüze yeni ve donanımlı yüzler kazandırmayı amaçlayan Eğitim Kompleksimizin inşaat çalışmaları hızla devam ediyor. Bu bağlamda, kısa bir süre içerisinde yayınlayacağımız, Türkiye Plastik ve Kauçuk Rehberi, PAGEV-PAGDER Üye Kataloğu, dergi ve diğer yayınlarımızın reklam gelirlerinin önemli bir bölümü bu amaç için kullanılacaktır. Sektörümüzün değerli temsilcilerinin, bu kutsal amaca yönelik sunacağı katkılar, eğitim kompleksinin daha hızlı gerçekleşmesine katkıda bulunacaktır.

Ertan Güneş
Yayın Yönetmeni

Pagev Plastik Dergisi'nde yayınlanan yazılardaki görüşler yazarlarına, yayınlanan ilanların sorumluluğu ise ilan verene aittir. Pagev Plastik Dergisi hakemli bir dergidir. Dergimize gönderilen, makaleler ihtiyaç duyulduğu takdirde uzmanlık alanlarına göre Yayın Danışma Kurulu üyelerine veya konusunda uzmanlaşmış kişilere incelettirildikten sonra yayınlanır. Dergimize gönderilen yazılar yayınlansın veya yayınlanmasın iade edilmez. Bu dergide kullanılan yazılardan kısmen ya da tamamen izin alınmadan ve kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz. Yazı ve fotoğrafların tüm hakları, Pagev Plastik Dergisi'ne aittir. Plastik Dergisi, Basın Ahlak Yasasına uymayı taahhüt eder.

1989 PAGEV®

Plastik

Araştırma, Geliştirme ve İnceleme Dergisi ■ Yıl 16 ■ Temmuz-Ağustos 2006 ■ Sayı 87 ■ ISSN: 1302-6925

PAGEV Türkiye Plastik Endüstrisi Kongresi'2006 Yapılıyor



Otomotivde Yüksek Verimli Plastik Hava Kanalları

Plastik Atıklardan Dizel Yakıt Üretildi

Nanoboyalar

Türk Plastik Sanayicileri Araştırma, Geliştirme ve Eğitim Yakıt PAGEV'in Tayin Organıdır. Her Vaggazine Abonesi Sayısı Dergisi Yıl 16 Temmuz-Ağustos 2006 Sayı 87 ISSN: 1302-6925

Akdeniz Kimya

PVC için; Pb ve Ca/Zn bazlı ısı ve Işık Stabilizatörleri Aktik bazlı Darbe Mukavemet Artırıcıları ve Proses Yardımcıları