2. ULUSAL BOR ÇALIŞTAYI
BİLDİRİLER KİTABI

17 - 18 Nisan 2008
MTA - ANKARA

EDİTÖRLER
Dr. Gaye Ö. ÇAKAL - Didem BUMİN
Uğur BİLİCİ - Tahsin TUFAN

BOREN
ULUSAL BOR ARAŞTIRMA ENSTİTÜSÜ

ETİ MADEN
İŞLETMELERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Yapım
Replik Reklamcılık ve
Araştırma Hizmetleri Ltd. Şti.
Tel : 0 312 442 57 87
www.replik.com.tr

Nisan 2008, Ankara

ISBN : 978-975-8964-95-6

Bu kitap Ulusal Bor Araştırma Entitüsü (BOREN) ile Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü (ETİMADEN)'nün
katkıları ile basılmıştır

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ IV

DÜZENLEME KURULU V

Avrupa Kimyasallar Politikasına Bor Penceresinden Bakış 1
Hakan Kanlı, Recep Akgündüz

BOR ÜRÜNLERİ VE ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ

Sodyum Borhidrür ve Hidrojen Üretimi

Sodyum Bor Hidrür Sentezi ve Pilot Ölçekte Üretimi 9
T. Bahar, İ. E. Kalafatoğlu, N. Örs, H. Baloğlu, B. İmamoğlu, H.Öz, M. Koral, H. J. Köroğlu, Ş. Sarıoğlan, S.Türdü, M. Tırıs

Taşınabilir Doğrudan Borhidrürlü / Peroksitli Yakıt Pili Test Hücresinde Performans Çalışması (ENJ-2) 15
E. Sanlı, B.Z. Uysal, M.L. Aksu, H. Çelikkan

Sodyumborhidrürün Elektrokimyasal Sentezi Çalışmaları 23
M. Şahin

Hidrojen Atmosferinde Susuz Boraks ve Mg Kullanılarak Sodyum Borhidrür Üretimi 33
İ.Kayacan, Ö. M. Doğan, B. Z. Uysal

Trimetil Borat ile Sodyum Borhidrür Üretimi 41
F. Bideci, B. Z. Uysal

Sodyum Borhidrürden Hidrojen Üretimine Çeşitli Faktörlerin Etkisi 49
Ö. Şahin, H. Dolaş, M. S. İzgi, H. Demir

Sodyum Metaboratın Geri Dönüşümü ile Sodyum Borhidrür Üretimi 55
Ö. Özer Gögce, U. Gündüz, B. Z. Uysal

CoB Katalizörlerinin Sodyum Borhidrürden Hidrojen Elde Edilmesi Üzerine Etkisi 61
P.H. Öz, J. Köroğlu, T. Bahar, E. Alper

Bor Nitrür (BN) Nanotüplerde Hidrojen Depolanması 69
K. Özdoğan , S. Berber

Bor Nanotüplerin Yapısal Özellikleri 77
P. P. Ak, S. Aydın, M. Şimşek

Potasyum Bor Hidrürden Hidrojen Üretiminin İncelenmesi 83
Ö. Şahin, H. Dolaş, M.S. İzgi

Rafine ve Özel Bor Ürünleri

Boraks Üretim Prosesinin On-Line Kontrol Parametrelerinin Geliştirilmesi 93
A.N. Bulutçu, B. Yücel, A.C. Tuskan, A.Sirkecioğlu

Borik Asit Esterlerinin Üretim Teknolojilerinin Aydınlatılması ve Pilot Üretimlerinin Yapılması 101
B. Ş. Büyüktaş, B. Uysal, S. Hısım

Katı-Hal Sentez Koşullarının Lityum Triboratın Termoluminesans Özelliğine Etkisi 109
T. Depci, G. Özbayoğlu, A. Yılmaz

Potasyum Tetraborat Tetrahidratın Kristalizasyonuna Çeşitli Safsızlıkların Etkisi 117
Ö. Şahin, H. Demir, E.S.Cennetkuşu, M.Özdemir, Ö. Durmuş

3.5 Mol Kristal Sulu Çinko Boratın Pilot Ölçekte Üretimi ve Karakterizasyonu 125
M. Kılınç, S. Yeşil, G.Çakal, G.Bayram, İ.Eroğlu, S.Özkar

Çinko Borat Parçacıklarının Süperkritik Karbondioksit ile Kurutulması 133
M.Gönen, S.A.Savrık, B.Alp, R.B.Gupta, D.Balköse, S.Ülkü

Çinko Borat Türleri $2ZnO{\cdot}3B_2O_3{\cdot}7H_2O$ ve $2ZnO{\cdot}3B_2O_3{\cdot}3H_2O$ nun Dehidratasyon Davranışı 139
M. Gönen, S. A. Savrık, B. Alp, D. Balköse, S. Ülkü

Taze Kağıt Hamurunun İşletme Koşullarında Sodyum Perborat Monohidrat ile Ağartılması 311
A. G. Çelik, M. Saka, M. E. Çelen, G. Çakal

Kimyasal Termomekanik Kağıt Hamurlarının (Ctmp) Kademeli Borlu Bileşikler İle Ağartılması 319
A. Tutuş, A. İstek

Seramik ve Cam

Hızlı Pişirim Duvar Karosu Cam-Seramik Sır Sistemlerinde Bor Oksidin Etkileri 325
K. K. Pekkan, B. Karasu, H.Ş. Önal

Fosfor Pentaoksit Katkısının Bor Camlarının Yapısı ve Kimyasal Dayanımına Etkisi 333
M. Bengisu

Seramiğin Fiziksel ve Mekanik Özelliklerini Geliştirmede Bor'un Katkısı 339
E. Sayın, T. Batar, O. Duman, K. Erdem

Tekstil

Borik Asit Kullanılarak Tekstil Ürünlerinin Yanmaya Karşı Dirençlerinin Arttırılması 345
R. Gemci, M.B.Kalın, A.Tutuş, G.Gülşen

Polimer Uygulamaları

Bakalit Özelliklerine hBN'ün Etkisi 351
T.Uğuz, Y.Göncü, N. Ay

Bor Mineralinin Kalsiyum Karbonat Dolgulu Polipropilen Plastik Boru Malzemesinin Performansına Etkisi 359
P. Yayla, Ş. Şahin, T. Şahin, İ. Kılavuz

Bor İçerikli Yüksek Sıcaklığa ve Aleve Dayanıklı Poliolefin Filmler 367
N. Dilsiz, H. Yavuz, Z. M. O. Rzaev

Bor Katkılı Ni-Zn Asetat Nanofiberlerin Eldesi 373
İ.Uslu, H.Çelikkan, O.Atakol, M.L.Aksu

İLERİ TEKNOLOJİ

Metalürji Uygulamaları

Metalotermik Prosesle TiB_2 Tozu Üretimi 381
M.Alkan, U.Demircan, C.B.Derin, F.Şahin, O.Yücel

Çeliklerde Bor Katkısı 389
Ş. Karagöz, A. Yılmaz, H. Atapek

Bor Katkılı Bir Çelikde Katılaşmanın Modellenmesi ve Isıl İşlemlerin Mikroyapı & Mekanik Özelliklere Etkisi 397
Ş. Karagöz, H. Atapek

Bor Oksit İlavesi ile Sentezlenen Borür Takviyeli Alüminyum Matrisli Döküm Kompozit Üretiminin İncelenmesi 405
R. Kayıkçı, Ö. Savaş, O. Kurtuluş

TiB_2:BN:MoS_2 Kompozit Yapıda Kendinden Yağlayıcı İnce Film Büyütülmesi 413
İ.Efeoğlu, F.Yetim, A.Alsaran, A.Çelik, İ.Kaymaz

Pb^{2+} Katkılı $MAl_2B_2O_7$ (M= Ca ve Sr) Bileşiklerinin Fotolüminesans Özelliklerinin İncelenmesi 423
S. Taşcıoğlu, İ. Pekgözlü, A. Mergen

Elektrodeoksidasyon Yöntemi ile Ferroborun Oksitlerinden Doğrudan Üretimi 427
T.Örs, K.Aydınol, T.Öztürk, İ.Karakaya

Ferrobor Tabanlı İri Hacimli Yumuşak Manyetik Metalik Camların Konvansiyonel Yöntemlerle Üretimi ve Karakterizasyonu 433
M. Aykol, M. V. Akdeniz, A. O. Mekhrabov

Nano-Boyutlu ZrB_2 Tozlarının Kendiliğinden İlerleyen Yanma Sentezi (SHS) Yöntemi ile Oluşumu 441
H.E. Çamurlu, F. Maglia

Bor Mineralinin Kalsiyum Karbonat Dolgulu Polipropilen Plastik Boru Malzemesinin Performansına Etkisi

P. Yayla, Ş. Şahin, T. Şahin, İ. Kılavuz

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

pyayla@kou.edu.tr, sensah@kou.edu.tr, tulsah@kou.edu.tr, ilbeyi@kou.edu.tr

ÖZET: Bu çalışmada, poliolefin grubu plastiklerden olan ve boru üretiminde kullanılan polipropilenin (PP) fiziksel ve mekanik özelliklerine bor mineralinin etkisi çalışılmıştır. Farklı % hacim oranlarında (%0, %10, %15, %17.5 ve %20) $CaCO_3$ mineral dolgulu polipropilenin çift vidalı ekstruder kullanılarak farklı % ağırlık (%0.5, %1 ve %1.5) oranında ilave edilen bor mineral maddesinin fiziksel ve mekanik özelliklere etkisi incelenmiştir. Çekme, instrumente edilmiş Charpy çentik darbe ve Shore D sertlik deneylerinin yanında yoğunluk ve erime akış indeksi deneyleri farklı oranlarda bor maddesi ilave edilmiş deney numunelerine uygulanmıştır. Fiziksel ve mekanik özelliklerdeki değişiklikler farklı oranda ilave edilen bor miktarına bağlı olarak belirlenmiştir.

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 daha yüksek ancak gelişmiş ülkelerin ise 3-5 kg/kişi gerisindedir. Bu sektörde gerçekleştirilen yıllık büyüme oranı %15'lerde olup bu ülke ortalamasının oldukça üzerindedir. Plastik kullanımındaki bu olumlu gelişmeye karşılık ülke genelinde kullanılan plastik hammaddenin sadece %25'i Türkiye'de üretilmekte, geri kalanı ise ithal edilmektedir. Hammadde açısından dışa bağımlılık ülke ekonomisi için önemli bir döviz çıktısı anlamına gelmektedir (Yayla 2002).

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 edilir. 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 hızla devam etmektedir. Poliolefin grubu 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 yeterli uygulamalar söz konusu değildir. Kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) türü katkıların poliolefin borularda kullanımı sayesinde plastik borular lehinde önemli bir kalite avantajı sağlanıp maliyetlerde kayda değer azalmalar ve dolayısıyla da ülke ekonomisine 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 kullanımları sürekli artmaktadır (Yayla & Şahin 2002).

Plastik boruların hem maliyetlerini düşürüp kalitelerini yükseltmek, hem de kullanım alanlarını ve oranlarını genişletmek için ana polimer içine birtakım dolgu ve katkı maddeleri katılmaktadır (Leong & diğ. 2004 a, b, Zhou & Mallick 2002 a, b, Wah & diğ. 2000). 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 çalışmada bor mineralinin $CaCO_3$ dolgusuz (naturel) ve $CaCO_3$ dolgulu polipropilen plastik boru malzemesinin performansına (mekanik ve fiziksel özelliklerine) etkisi farklı parametreler (% ağırlık oranında bor maddesi miktarına bağlı olarak) ele alınarak incelenmiştir. Katkı ve/veya dolgu maddesinden başka katkı ve/veya dolgu maddesi miktarının da malzemenin tüm fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisinin olduğu varsayılmıştır (Leong & diğ. 2004 b).

2 DENEYSEL ÇALIŞMA

2.1. Malzemeler

Polipropropilen (PP) bünyesinde çok sayıda çeşitli tiplerde doğal ve sentetik katkı ve dolgu maddesi kabul edebilen ve uyum gösterebilen, iyi mekanik özellikleri ve işlenebilirliği ile bilinmektedir. Değişkenlik kabiliyeti aynı zamanda partikül şeklindeki dolgularla birlikte üretilmesine olanak sağlamıştır (Leong & diğ. 2004 a, Hadal & diğ. 2004). Kısmi kristalli termoplastiklerin ve bunların katkılı olanlarının mekanik davranışları son yıllardaki çok sayıdaki araştırmanın konusu olmuştur. Bu malzemelerin şekil değiştirme karakteristiklerini anlamak üzere pek çok deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Zhou & Mallick 2002 b).

Çalışmada temel polimer olarak naturel renkte ve granül halde Borealis firması tarafından BEC5015 ticari ismi ile üretilen polipropilen blok kopolimer (PPB) kullanılmıştır. Önemli bazı fiziksel ve mekanik özellikleri konusunda, enjeksiyonla kalıplama yöntemiyle üretilen standart deney numunelerinden elde edilmiş üretici verileri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. PPB boru malzemesinin fiziksel ve mekanik özelliklerine ait üretici verileri (Anonim Borealis 2004)

	Test Metodu	Test Şartları	Birim Sistemi	BEC5015 Naturel
Çekme akma gerilmesi	ISO 527-2	50 mm/dak	MPa	30
Çekme akma uzaması	ISO 527-2	50 mm/dak	%	10
Çekme elastisite modülü	ISO 527	1 mm/dak	MPa	1500
Charpy darbe (çentikli)	ISO 179/1eU	+23°C	kJ/m^2	70
Charpy darbe (çentikli)	ISO 179/1eU	-20°C	kJ/m^2	7
Sertlik	ISO 2039-2	Rocwell-R Skala		72
Erime akış indeksi	ISO 1133	230°C / 2.16 kg	g/10 dak	0.3
Yoğunluk	ISO1183		g/cm^3	0.900

Mineral dolgulu PPB boru hammaddelerin elde edilmesinde toz halde Mikromineral firması tarafından İmercarb-2XG ticari ismi ile Ülkemizde üretilen kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) mineral dolgu maddesi tercih edilmiştir. Bu dolgu maddesinin temel bazı üretici verileri Çizelge 2'de bir araya getirilmiştir.

Çizelge 2. $CaCO_3$ mineral dolgu maddesine ait temel bazı üretici verileri (Anonim Mikromineral 2007)

	Test Metodu	Test Şartları	Birim Sistemi	Mineral Madde
$CaCO_3$ oranı	-	-	%	99.28
Ortalama partikül çapı (D%50)	-	-	µm	2.15
En büyük partikül çapı (D%97)	-	-	µm	11.6
Yoğunluk	ISO787/10	-	g/cm^3	2.7
Parlaklık	DIN 53163	Ry, C/2°	%	97-98

Çalışmada Ülkemiz yataklarından temin edilen ve Şekil 1'de görülen özgül ağırlığı 2.30 g/cm^3 olan yeşil renkli bor minerali yaklaşık olarak 10 mikrometre (µm) ortalama partikül çapında öğütülerek kullanılmıştır.

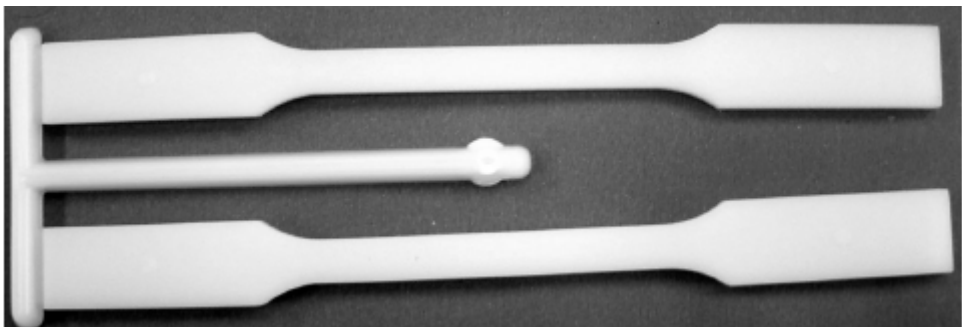


Şekil 1. Yeşil renkli bor minerali

2.2. Deney Numunesi Hazırlama

Bu çalışmada üç grup deney numunesi hazırlanmıştır. Birinci ve ikinci grup için teknik özellikleri Çizelge 3'te verilen birbirine paralel dönen çift vidalı ekstruderde naturel malzemeye sırasıyla önce hacimce %10, %15, %17.5 ve %20 (ağırlıkça %25.00 %34.62, %38.89 ve %42.86) kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) mineral dolgu maddesi ve ağırlıkça %0.5, %1 ve %2 bor mineral maddesi sonra da sadece bor mineral maddesi ağırlıkça %0.5, %1 ve %2 miktarlarında ilave edilerek malzemenin katkılanması sağlanmıştır. Üçüncü grup için naturel malzeme (katkısız) kullanılarak enjeksiyonda Şekil 2'de görülen deney numunesi elde edilmiştir.

Birinci, ikinci ve üçüncü grup deney numunelerinin basılmasında teknik özellikleri Çizelge 4'te verilen Arburg Allrounder firmasına ait 370 CMD model enjeksiyon makinesi Çizelge 5'te verilen enjeksiyon ayarlarında ve kalıp soğutma suyu sıcaklıklarında kullanılmıştır.



Şekil 2. Enjeksiyonla üretilen deney numunesi grubu

Çizelge 3. ZSK 25 Mcc Coperion model çift vidalı ekstrüzyon makinesinin teknik özellikleri

Enjeksiyon Ünitesi	Birim Sistemi	Boyutları
Etkili vida uzunluğu	L/D	45
Burgu boyu	mm	1125
Sıcaklıklar	^{o}C	220 – 230 – 240 – 240 – 240 – 240 – 240 – 240 – 240 – 240 – 245
Devir	1/dak	750
Kapasite	kg/h	25
Soğutma şekli	-	fitilli

Çizelge 4. Arburg Allrounder marka ve 370 CMD model enjeksiyon makinesinin teknik özellikleri

Enjeksiyon Ünitesi	Birim Sistemi	Boyutları
Vida çapı	mm	20 / 25 / 30
Etkili vida uzunluğu	L/D	25 / 20 / 16.7
Vida stroku (maksimum)	mm	100
Vida hızı	devir/dak	42 / 52 / 63
Eritme kapasitesi	kg/h	5.5 / 8 / 9.5
Maksimum strok hacmi	cm^3	31 / 49 / 70
Spesifik enjeksiyon basıncı	kg/cm^2	2500 / 2240 / 1550
Enjeksiyon meme dayanma kuvveti	kN	50
Isıtma gücü	kW	4.3
Isıtma bölgesi	bölge	4

Çizelge 5. Deney numunesi üretiminde kullanılan enjeksiyon ayarları ile soğutma suyu sıcaklıkları

Üretim	Meme	1. Bölge	2. Bölge	3.Bölge	4.Bölge	
Sıcaklık [^{o}C]	$225\ ^{+5}_{0}$	$225\ ^{+5}_{0}$	$220\ ^{+5}_{0}$	$220\ ^{+5}_{0}$	$215\ ^{+5}_{0}$	
Basınç ve hızlar	Enjeksiyon	Ütüleme Basıncı (bar)		Ütüleme Hızı	Enjeksiyon Hızı	
	1450 bar	1	2	3	6 m /s	1	2
		1,650	2,575	3,350		25 m/dak	10 m/dak
Bekleme	60 s	Soğutma Suyu Sıcaklığı			30°C		

3 BOR MİNERALİNİN ETKİSİ

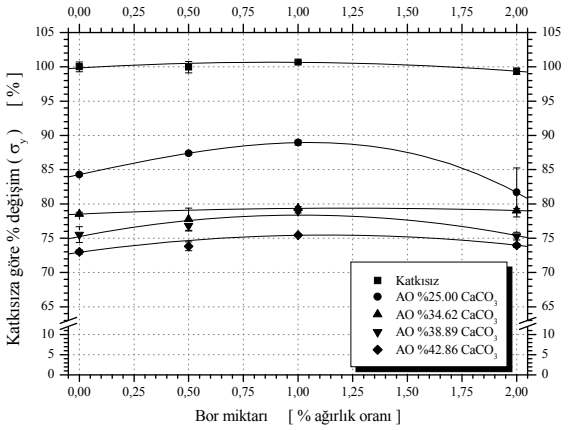
Mekanik deneyler ile sertlik deneyleri, ortam sıcaklığı ve nemi sırasıyla 20°C ± 1°C ve %50 ± 10 olan deney ortamlarında gerçekleştirilmiştir. Tüm deneylerde en az 5 deney numunesi kullanılmış olup elde edilen değerler Chouvenant kriterine göre istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve değişimler naturel (katkısız) PPB numunesi baz alınarak % olarak grafikleştirilmiştir..

3.1. Çekme Özelliklerine Etkisi

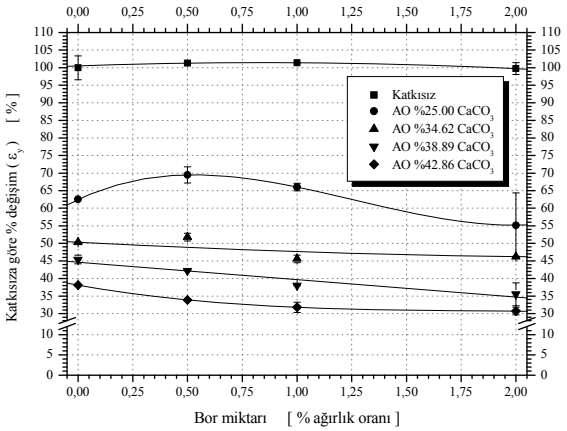
Çekme deneylerinde, çekme numuneleri, TS 1398-2 veya ISO 527-2 standardında verilen 216 mm x 10 mm x 4 mm boyutlarındaki Tip 1A çekme numunesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çekme numunesi, çekme cihazındaki çekme çenelerine, enjeksiyon girişi sabit çene tarafında olacak şekilde yerleştirilmiştir.

Çekme deneyi sonuçlarının, kullanılan çekme makinesi ve programına bağlı olarak belirli ölçüde farklılıklar gösterebilmektedir (Breuer & diğ. 1994). Sistem kodu 4411 H 4220 olan ve malzemelerin elastisite modüllerinin tespitinde kullanılan ekstansometreye (uzama ölçere) sahip 5 kN çekme kapasiteli Instron marka çekme makinesi kullanılmıştır. Elastisite modülünün tespitinde çekme hızı olarak 1 mm/dak diğer mekanik özelliklere etki eden parametrelerin tespitinde ise çekme hızı olarak 50 mm/dak tercih edilmiştir.

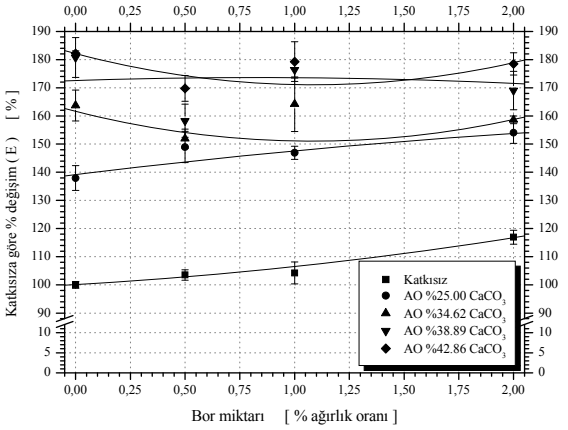
Farklı ağırlık oranlarında ilave edilen bor mineralinin Şekil 3 'te akma gerilmesine (σ_y), Şekil 4 'te akma uzamasına (ε_y), Şekil 5'te elastisite modülüne (E) ve Şekil 6'da kopma uzamasına (ε_B) etkisi verilmiştir. Ağırlıkça ilave edilen bor miktarına bağlı olarak akma gerilmesinin, akma ve kopma uzamasının ve elastisite modülünün $CaCO_3$ dolgusuz (naturel) PPB'de değişmediği $CaCO_3$ dolgulu PPB'de ise $CaCO_3$ dolgu miktarına bağlı olarak elastisite modülünün kısmen arttığı ve akma gerilmesi ile akma ve kopma uzamasının ise kısmen azaldığı görülmektedir. Artan $CaCO_3$ ve bor miktarına bağlı olarak elastisite modülünün artması buna karşılık akma gerilmesinin azalma eğilimi göstermesinin yanında akma ve kopma uzamasının $CaCO_3$ miktarına bağlı olarak azalma eğilimi göstermesi daha önceki çalışmalarda da tespit edilmiştir (Leong & diğ. 2004 b). Bu nedenle şekiller birlikte değerlendirildiğinde ana polimer ile $CaCO_3$ ve bor partikülleri arasında iyi bir yapışma oluşmadığı düşünülebilir (Leong & diğ. 2004 a). Çünkü elastisite modülü değerlerinin alındığı şekil değiştirme hızı (1 mm/dak) ve şekil değiştirme miktarı çok küçük iken akma gerilmesi ile akma ve kopma uzaması değerlerinin alındığı şekil değiştirme hızı (50 mm/dak) ve şekil değiştirme miktarı yüksektir.



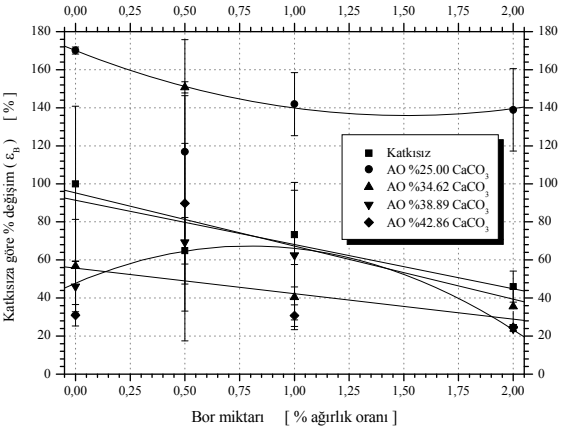
Şekil 3. Çekme testinden elde edilen $CaCO_3$ dolgusuz ve dolgulu PPB boru malzemesinin akma gerilmesine bor mineralinin etkisi



Şekil 4 Çekme testinden elde edilen $CaCO_3$ dolgusuz ve dolgulu PPB boru malzemesinin akma uzamasına bor mineralinin etkisi



Şekil 5 Çekme testinden elde edilen $CaCO_3$ dolgusuz ve dolgulu PPB boru malzemesinin elastisite modülüne bor mineralinin etkisi



Şekil 6 Çekme testinden elde edilen $CaCO_3$ dolgusuz ve dolgulu PPB boru malzemesinin kopma uzamasına bor mineralinin etkisi

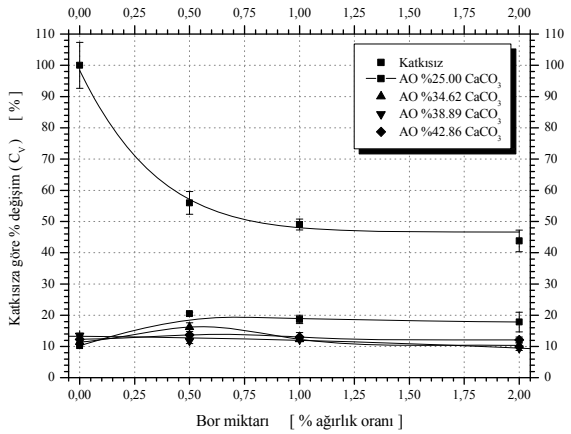
3.2. Charpy Darbe Enerjisine Etkisi

Kalsiyum karbonat dolgusuz (naturel) ve dolgulu PPB malzemelerin darbelere karşı davranışlarına bor mineralinin etkisini belirlemek üzere, Charpy numunelerine $20^oC \pm 1^oC$ sıcaklık ve %50 ± 10

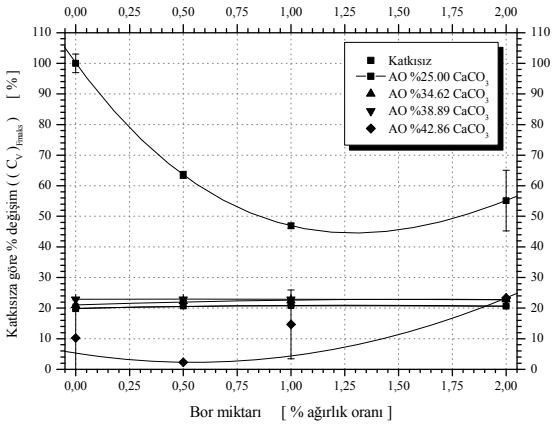
nem oranındaki ortamında ISO 179/1eU standardına uygun Charpy deneyleri uygulanmıştır. Deneyler çarpma hızı 2.74 m/s olan CEAST marka instrumente edilmiş Charpy darbe test cihazıyla gerçekleştirilmiştir.

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

İnstrumente edilmiş Charpy çentik darbe deneylerinden, ağırlıkça ilave edilen bor miktarına bağlı olarak C_V ile $(C_V)_{Fmax}$ $CaCO_3$ dolgusuz (naturel) PPB'de azaldığını ve $CaCO_3$ dolgulu PPB'de ise $CaCO_3$ dolgu miktarına bağlı olarak C_V ile $(C_V)_{Fmax}$ kısmen arttığını ve/veya değişmediğini gösteren grafikler Şekil 7 ve 8'de verilmiştir.



Şekil 7 Charpy testinden elde edilen $CaCO_3$ dolgusuz ve dolgulu PPB boru malzemesinin Charpy darbe enerjisine bor mineralinin etkisi

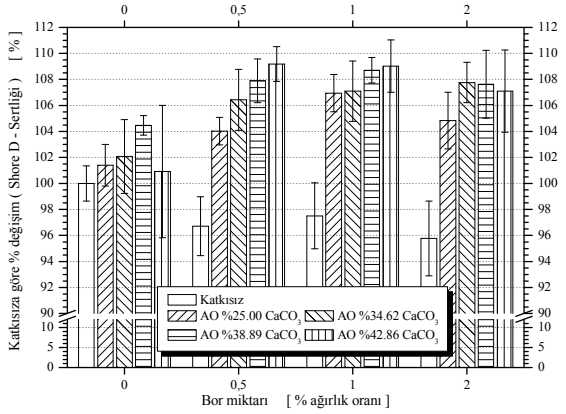


Şekil 8 Charpy testinden elde edilen $CaCO_3$ dolgusuz ve dolgulu PPB boru malzemesinin Charpy çentik başlatma enerjisine bor mineralinin etkisi

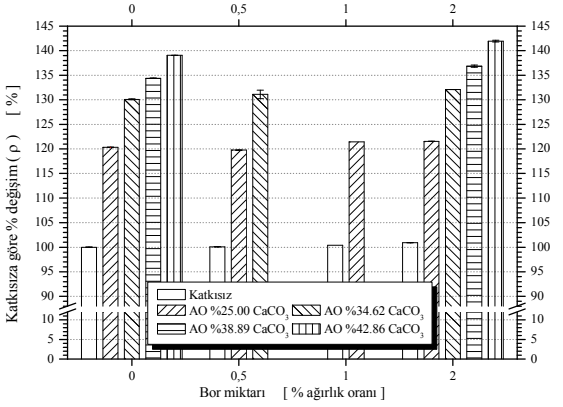
Şekillerden $CaCO_3$ dolgusuz (naturel) PPB malzeme yapısının sünek yapıdan gevrek yapıya geçişin ve $CaCO_3$ dolgulu PPB malzeme yapısının gevrek yapıdan sünek yapıya geçişin ağırlıkça ilave edilen bor miktarı ile gerçekleştiğini göstermektedir. Bu sonuçlar pratikte üç nedenden dolayı önemlidir. Birincisi PPB boruların $(C_V)_{Fmax}$ 'nin azalmasına karşın C_V 'nin ve $(C_V)_{iler}$ 'de artış göstermesi nedeniyle, hammadde tasarrufu, ikincisi boruda var olan veya oluşan bir çatlağın büyümesinin engellenmesi, üçüncüsü ise boruların ağırlaşması nedeniyle lojistiğinin ve döşenmesinin daha kolay olmayacağının ortaya koymaktadır. Bu üç önemli nokta boruların hem $CaCO_3$ hem de bor ile katkılandırılmasına dikkat çekmektedir.

3.3. Fiziksel özelliklere etkisi

PPB deney numunelerinin bor miktarına bağlı olarak Shore D sertlik değerlerinin değişimi şekil 9'da ve bor miktarına bağlı olarak yoğunluğun (ρ) değişimi ise şekil 10'da verilmiştir. Şekillerde ilave edilen bor miktarına bağlı olarak $CaCO_3$ dolgusuz (naturel) PPB'de Shore D sertliğinin kısmen düştüğü ve yoğunluğunun arttığı $CaCO_3$ dolgulu PPB'de ise $CaCO_3$ dolgu miktarına bağlı olarak Shore D sertlik ve yoğunluklarının arttığı görülmektedir.

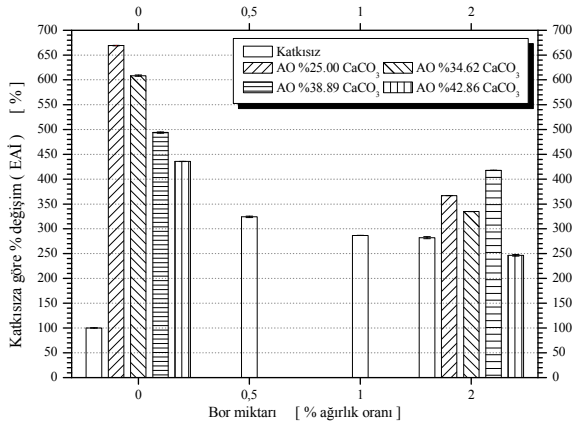


Şekil 9. Sertlik testinden elde edilen $CaCO_3$ dolgusuz ve dolgulu PPB boru malzemesinin Shore D sertliğine bor mineralinin etkisi

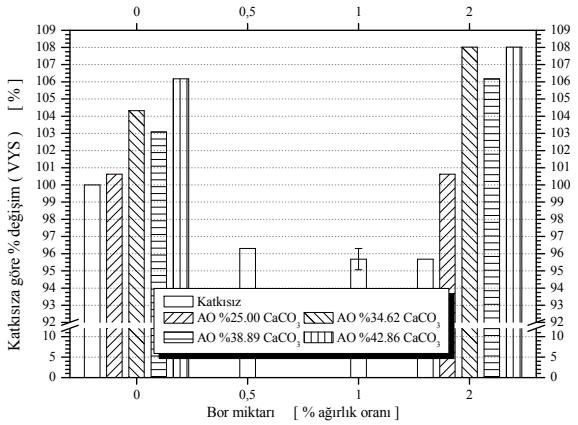


Şekil 10. Yoğunluk testinden elde edilen $CaCO_3$ dolgusuz ve dolgulu PPB boru malzemesinin yoğunluğuna bor mineralinin etkisi

PPB deney numunelerinin bor miktarına bağlı olarak erime akış indeksi (EAİ) ile Vicat yumuşama sıcaklığı (VYS) değerlerinin değişimleri sırasıyla Şekil 11 ve 12'de verilmiştir.



Şekil 11. EAİ testinden elde edilen $CaCO_3$ dolgusuz ve dolgulu PPB boru malzemesinin erime akış indeksine bor mineralinin etkisi



Şekil 12. Vicat testinden elde edilen $CaCO_3$ dolgusuz ve dolgulu PPB boru malzemesinin Vicat yumuşama sıcaklığına bor mineralinin etkisi

Erime akış indeksi (EAİ) deneyi, TS 1323 ve ISO 1333 standartları dikkate alınarak, Zwick/Roell 4106 marka ve model erime akış indeksi deney cihazı kullanılarak yapılmıştır. PPB malzemeler için deneyler 230°C ve 2.16 kg yükte gerçekleştirilmiştir. 20 mm. ön ısıtma batma derinliği, 116 mm. hurda alma mesafesinden sonra farklı (240 s., 120 s. ve 60 s.) aralıklardaki bekleme sürelerinde 6 adet numune alınarak ölçülmüş ve değerler g/10 dak olarak ifade edilmiştir (Zhou & Mallick 2002 b).

4 SONUÇLAR

Bu çalışmada bor mineral dolgu maddesinin, $CaCO_3$ dolgusuz (naturel) ve $CaCO_3$ dolgulu PPB plastik boru 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 artmaktadır. 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- Artan $CaCO_3$ ve bor miktarına bağlı olarak hammaddenin elastisite modülününde artma buna karşılık akma gerilmesinde kayda değer bir değişimin olmadığı gözlemlenmiştir. Ayrıca akma ve kopma uzamasının $CaCO_3$ ve bor miktarlarına bağlı olarak azalma eğilimi gösterdiği anlaşılmıştır.
6- Bor ve $CaCO_3$ takviyeli hammaddenin Charpy çentik darbe mukavemeti (C_V) ve Charpy çatlak başlatma dirençleri $(C_V)_{Fmax}$ ilave edilen bor miktarına bağlı olarak $CaCO_3$ dolgusuz (naturel) PPB'de azaldığını ve $CaCO_3$ dolgulu PPB'de ise $CaCO_3$ dolgu miktarına bağlı olarak C_V ile $(C_V)_{Fmax}$ kısmen arttığını ve/veya değişmediğini gözlenmiştir.
7- İlave bor miktarına bağlı olarak $CaCO_3$ dolgusuz (naturel) PPB'de Shore D sertliğinin kısmen düştüğü ve yoğunluğunun arttığı $CaCO_3$ dolgulu PPB'de ise $CaCO_3$ dolgu miktarına bağlı olarak Shore D sertlik ve yoğunluklarının arttığı görülmüştür..
8- Bor ilavesinin PPB malzemede Vicat yumuşama sıcaklığını kısmen de olsa azalttığı gözlenmiştir.

KAYNAKLAR

1- Anonim, Borealis, Polypropylene BEC5015 malzeme spektleri, 2004, www.borealisgroup.com.
2- Anonim, Mikromineral, İmercarb-2XG malzeme spektleri, 2007, www.mikromineral.com.tr.
3- BREUER, H., DUPP, G., JANTZ, R., WÜBKEN, G., TIBA, M., H., and TÜLLMANN, R., 1994, Campus vor weltweiter Verbreitung Teil 1: Stand der internationalen Normung, Kunststoffe 84, 7, 890-894 .
4- HADAL, R.S., DASARI, A., ROHRMANN, J., MISRA, R.D.K., 2004, Effect of wollastonite and talc on the micromechanisms of tensile deformation in polypropylene composites, *Materials Science and Engineering A*, 372, Issues 1-2, 296-315.
5- LEONG, Y.W., ABU BAKAR, M.B., MOHD.ISHAK, Z.A., ARIFFIN, A., PUKANSZKY, B., 2004 b, Comparison of the Mechanical Properties and Interfacial Interactions Between Talc, Kaolin and Calcium Carbonate Filled Polypropylene Composites, *Journal of Applied Polymer Science*, 91, 3315-3326.
6- LEONG, Y.W., MOHD.ISHAK, Z.A., ARIFFIN, A., 2004 a, Mechanical and Thermal Properties of Talc and Calcium Carbonate Filled Polypropylene Hybrid Composites, *Journal of Applied Polymer Science*, 91, 3327-3336.
7- SAVAŞÇI, Ö. T., UYANIK, N. ve AKOVALI, G., 2002, Ana Hatları İle Plastikler ve Plastik Teknolojisi, 2. Baskı, İstanbul, PAGEV Yayınları, ISBN 975-6816-02-8.
8- WAH, C.A., CHOONG, L.Y., NEON, G.S., 2000, Effects of titanate coupling agent on rheological behaviour, dispersion characteristics and mechanical properties of talc filled polypropylene, *European Polymer Journal*, 36, 789-801.
9- YAYLA, P. ve ŞAHİN Ş., 2002, Plastik Boruların Sıhhi Tesisat ve Isıtma Sistemlerinde Kullanımı, *PAGEV Plastik Araştırma Geliştirme ve İnceleme Dergisi, Yıl 12,* Sayı 64, Eylül-Ekim, 100-105.
10- YAYLA, P., 2002, Günümüzde ve Gelecekte Plastik Borular, *PAGEV Plastik Araştırma Geliştirme ve İnceleme Dergisi, Yıl 12,* Sayı 61, Mart-Nisan, 70-73.
11- ZHOU, Y. & MALLICK, P.K., 2002 a, Effects of Temperature and Strain Rate on the Tensile Behavior of Unfilled and Talc-Filled Polypropylene. Part II: Constitutive Equation, *Polymer Engineering and Science*, 42, 12, 2461-2470.
12- ZHOU, Y. & MALLICK, P.K., 2002 b, Effects of Temperature and Strain Rate on the Tensile Behavior of Unfilled and Talc-Filled Polypropylene. Part I: Experiments, *Polymer Engineering and Science*, 42, 12, 2449-2460.