

Polipropilen Malzemede Çatlak İlerlemesinin Görüntü İşleme Destekli Çekme Testi ile Değerlendirilmesi

Image Processing supported Tensile Test for Analysis of Crack Propagation in Polypropylene Material

Serhan Coşar¹, Oğuzhan Urhan¹, Sarp Ertürk¹, Tamer Sınmazçelik²

¹Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü
Veziroğlu Yerleşkesi, Kocaeli Üniversitesi, 41040, İzmit/KOCAELİ

²Makina Mühendisliği Bölümü
Veziroğlu Yerleşkesi, Kocaeli Üniversitesi, 41040, İzmit/KOCAELİ

serhancosar@yahoo.com, {urhano,sertur,tamersc}@kou.edu.tr

Özetçe

Bu çalışmada polipropilen malzemelerin çekme deneyi bir CCD kamera ile görüntülenmekte ve yakalanan imge çerçeveleri görüntü işleme yöntemleriyle değerlendirilerek deneyle ilgili istatistiksel sonuçlar elde edilmektedir. Çekme testinde kullanılan malzeme üzerinde çatlak başlangıcı oluşturan bir çentik ve dairesel delikler bulunmaktadır. Deliklerin bölgesi ile çentiğin bölgesi ayrı ayrı inceleneceğinden bu iki bölgenin birbirinden ayrılması gerekmektedir. Ortamdaki ışıklandırmanın sistemin çalışmasını kötü yönde etkilememesi için uyarlamalı eşikleme kullanılarak imgelerdeki delikler ve çatlak ayırt edilmektedir. Böylelikle sadece deliklerin ve sadece çatlağın bulunduğu iki imge oluşturulmaktadır. Bu imgeler üzerinde ikili etiketleme yapılarak deliklerin ve çatlağın malzeme üzerindeki yeri bulunmaktadır. Sonrasında deliklerin ve çatlağın kapladığı alan hesaplanarak büyüme hızları elde edilmektedir. Çekme deneyi sırasında malzeme üzerindeki çentikten ilerlemeye başlayan çatlak ve delikler bir süre sonra birleşmektedir.

Abstract

In this work, tensile test of polypropylene materials is recorded by a CCD camera. Afterwards, statistical results is obtained by evaluating the captured image frames employing image processing methods. A notch that forms the beginning of crack and circular holes are present on the material used in the test. Because the region of holes and region of the notch will be analyzed separately, these regions are initially segmented. In order to prevent negative influence of illumination changes in the environment while separating holes and the notch, adaptive thresholding is utilized. Afterwards the location of the holes and the notch is classified using binary labeling. The increase rate of the crack region is determined by calculating the area of the notch and the holes. After some time the crack propagates and joins the holes during the test.

1. Giriş

Polipropilen (PP) malzeme endüstride çok yaygın kullanım alanına sahip olan, mekanik, ısı ve korozyon özellikleri nedeniyle çok tercih edilen sünek bir polimerik malzemedir. 100 mm/dk çekme hızı ile Instron 4411 çekme makinasında gerçekleştirilen deneyde malzemeye çekme yönüne dik doğrultuda çentik açılmıştır (başlangıç çatlağı). Çekmenin etkisi ile çekme yönüne dik yönde ilerleyen çatlak ilerleme doğrultusu üzerinde açılan deliklere rastlamaktadır. Bu deliklerin makine gövdesi içerisinde kablo geçişi, soğutma amaçlı yada algılayıcı yerleştirilmesi için açılmış delikler olduğu düşünülebilir.

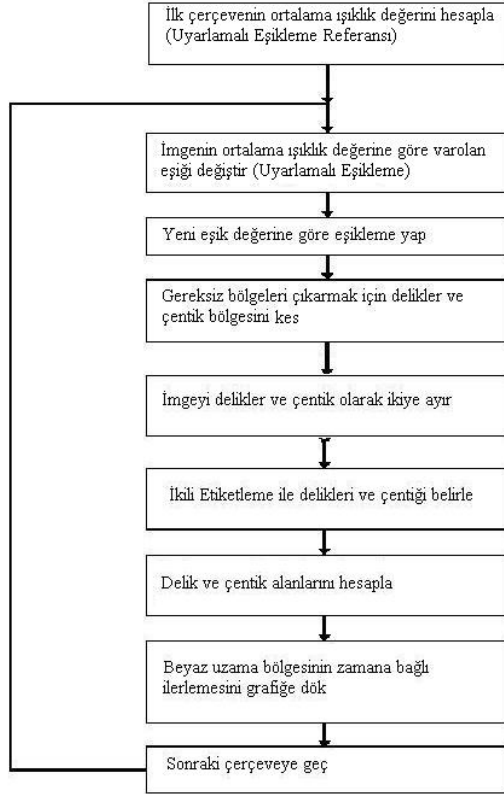
Bu tür çalışmalarda önemli olan çatlak ilerleme hızı ve ilerleme esnasında meydana gelen elastik-plastik deformasyonların analiz edilmesidir. Amorf Polistiren gibi rijit polimerlerde çatlak başlangıcı ve ilerlemesi ikizlenme mekanizması (çizgisel çatlak) ağırlıklıdır. PP gibi sünek olan polimerlerde ise kayma gerilmeleri sonrası malzemede akma ve ardından çatlak oluşumu geçerlidir. Deformasyon esnasında polimer malzeme içerisinde mikro boşluklar ve yırtılmalar oluşur.

Deformasyonun artmasıyla bunlar büyür ve birleşmeye başlar sonrasında daha büyük boşluklar ve çizgisel çatlaklar oluşur. Bunun literatürdeki ismi gerilme beyazlaşmasıdır (stress whitening). Bu bölge deformasyon sonrası polimerin kendi yapısından daha pekleşmiş bir bölgedir. Zaman zaman çatlak ucunda deforme olmuş plastik bölge oluşumu çatlak ilerlemesini yavaşlatır. Bu önemli bir mekanizmadır [1-4].

Çatlak ilerlemesinin takip edilmesi, çatlak hızının, izlediği yolun, ilerleme esnasında meydana gelen deformasyonların gözlenmesi çok popüler bir konudur. Malzemenin çatlak ucunda pek çok değişim olmaktadır. Çatlak ucu yarıçapı değişimi, çatlak şeklindeki değişimler, deformasyona uğrayan bölgenin genişliği, çatlak ucundan uzaklığı vs. tespit edilmeye çalışılmaktadır. Bu çalışmada olduğu gibi çatlağın karşılaştığı parça geometrisindeki kesintilerin bulunduğu bölgelerde yavaşlayıp yavaşlamadığı yada çatlağın yön değiştirip değiştirmediği ve özellikle de çatlak ucundaki bölgenin ilerleme karakteristiği önemlidir. Deforme olup pekleşmiş olan bu bölge kısa süre sonra çatlağın oluşacağı ve ilerleyeceği doğrultu olacaktır. Bu bölgenin oluşumu ve ilerlemesine deformasyon hızı, başlangıç çatlağının formu, malzemenin

mikro yapısı, sıcaklık vb. parametreler yakından etkilemektedir.

Bu çalışmada diğer yollarla ölçülemeyen çekme deneyine ait delik alanları, delik alanlarının büyüme hızları ve uzamanın zamana bağlı değişimi gibi önemli bilgilerin görüntü işleme yoluyla elde edilerek test malzemesi hakkında bilgi elde etmeye çalışılmaktadır. Bu amaçla çekme deneyi bir CCD kamera ile görüntülenip elde edilen imge çerçevelerinden öncelikle test malzemesinin bulunması hedeflenmektedir. Deneyde kullanılan malzeme beyaz renkli olduğundan basit bir bölütleme ile bu malzemenin imge çerçevesindeki yeri belirlenebilmektedir. Bu amaçla imge eşikleme kullanılmaktadır. Ortamdaki ışıklılık değişimlerinin eşikleme performansını düşürmesini engellemek için imge çerçevesinin ortalama ışıklılık değeri kullanılarak uyarlamalı eşikleme [5] kullanılmaktadır. Böylelikle test malzemesinin imge çerçevesindeki yeri ışıklandırmadan bağımsız olarak elde edilebilmektedir. Sonrasında bu imge bölgesi kesilerek çatlak ve delik bulma işleminde kullanılmaktadır. Çatlak ve deliklerin yerlerinin bulunmasında ikili etiketleme [6] kullanılmaktadır. Sonrasında deliklerin kapladığı alan ve büyüme hızı hesaplanarak çekme deneyi hakkında istatistiksel bilgiler elde edilmektedir.



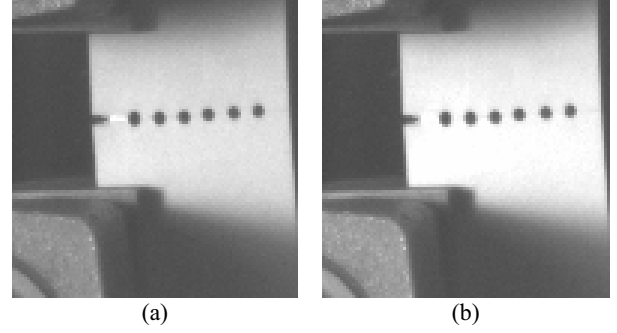
Şekil 1 : Yöntemin akış şeması

2. Uygulanan Yöntemler

Bu çalışmada çekme testinin istatistiksel değerlendirmesi için kullanılan yöntemin akış şeması Şekil-1’de verilmektedir.

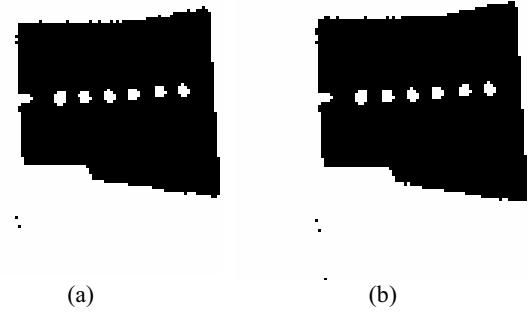
2.1. Uyarlamalı Eşikleme

Şekil-2’de ortadaki ışıklandırmadan kaynaklanan ışıklık farklarını göstermek üzere ardışıl iki imge çerçevesi verilmektedir. Yakalanan imgelerdeki ışıklık farklılıklar göz önüne alınarak uyarlamalı eşikleme kullanılmasına karar verilmiştir.



Şekil 2 : (a) Ortalama ışıklık değeri düşük imge #1415
(b) Ortalama ışıklık değeri yüksek imge #1416

Böylece herhangi bir imge için delik ve çentik alanlarının ek bir işlem yapılmadan bulunması hedeflenmektedir. Uyarlamaya referans değer olarak ilk imge çerçevesinin ortalama ışıklılık değeri alınmaktadır. Sonraki imgeler için kullanılacak eşik değeri ise referans imge ile işlenecek imgenin ortalama ışıklılık farkını referans imgenin ortalama ışıklılık değerine eklenmesi ile elde edilmektedir. Şekil-3’de uyarlamalı eşikleme kullanılarak Şekil-2’de verilen farklı ışıklandırmaya sahip imge çerçevelerinin eşiklenmesi sonucu elde edilen imge çerçeveleri verilmektedir. Bu şekillerden ortamdaki ışıklandırmadan bağımsız olarak test edilecek malzemenin başarı ile tespit edildiği görülmektedir.



Şekil 3 : (a) #1415 imgenin eşikleme sonucu
(b) #1416 imgenin eşikleme sonucu

2.2. Deliklerin ve Çentığın Kesilmesi

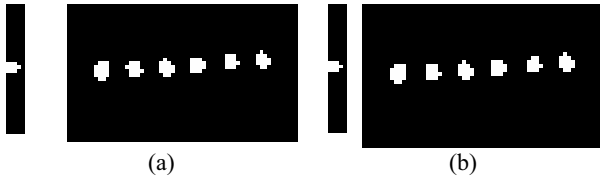
Şekil-3'de çentik ve delikler bölgesi dışında kalan gereksiz bölgeler görülmektedir. Bu bölgeler deney için bir anlam ifade etmediğinden uygun sınırlar dahilinde kesme yapılmaktadır. Böylece hem imge boyutu küçültülüp işlem yükü azaltılmakta hem de gereksiz bölgeler yok edilmektedir. Şekil 4'de kesme sonucu çıkan imgeler gösterilmektedir.



Şekil 4 : (a) #1415 imgenin kesme sonucu (b) #1416 imgenin kesme sonucu

2.3. Delikleri ve Çentiği Ayırma

Çentik ve deliklerin ayrı ayrı incelenmesi için bu iki bölge her imgede birbirinden ayrılmaktadır. Ayırma işleminde, yapılan kesmenin sınırları, sol kenarlar ve sağ kenarlar bulunarak elde edilmektedir. Kenar sınırları bulunurken, siyah piksel sayılarının belli bir değerden fazla olduğu yerler dikkate alınmaktadır. Anlatılan şekilde Şekil-4'deki imgelerin çentik ve deliklerinin ayrılmış hali Şekil-5'de gösterilmektedir.



Şekil 5 : (a) #1415 imgenin çentik ve delikleri (b) #1416 imgenin çentik ve delikleri

2.4. İkili Etiketleme ile Çentik ve Deliklerin Belirlenmesi

Elde edilen çentik ve delikler imgelerine ikili etiketleme [6] uygulanarak deliklerin ve çentiklerin yerleri belirlenmektedir. İkili etiketleme ile imgedeki nesnel bulunmakta ve her bir nesneye farklı bir numara vermektedir. Böylece deliklerin her birinin koordinatları elde edilmektedir. Elde edilen bu koordinatlar ile her bir deliğin ve çentiğin alanı bulunabilmektedir. Bulunan alanlar ve alanların ilerleme hızları üçüncü bölümde verilmektedir.

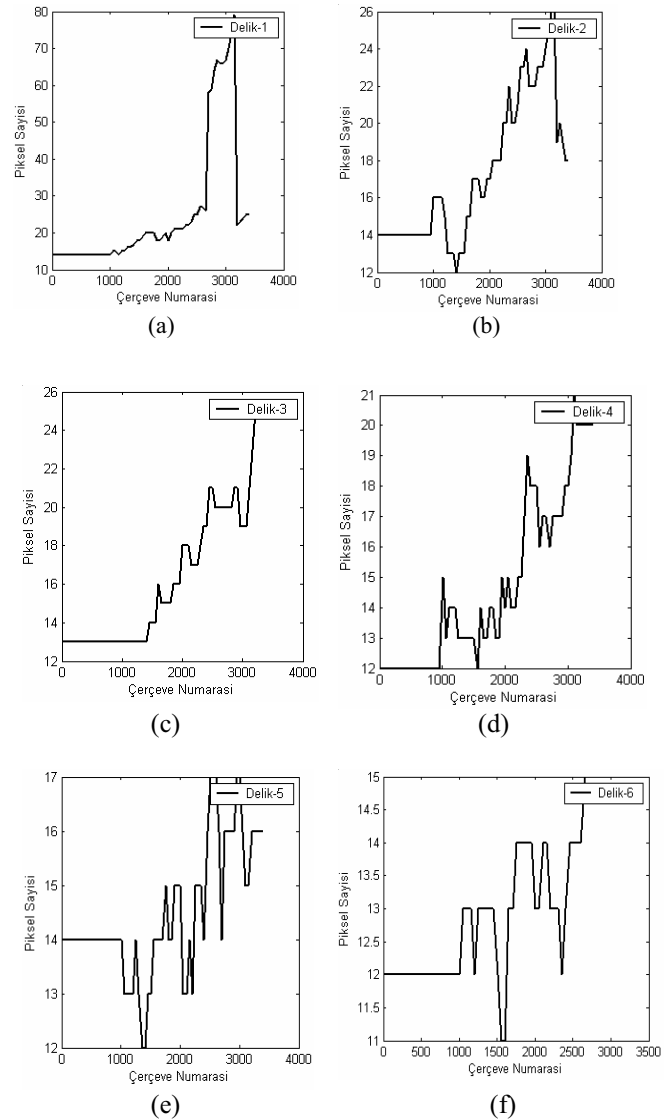
2.5. Uzama Bölgesinin Grafiği

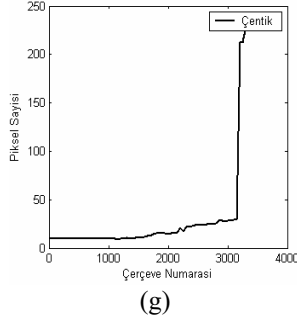
Çekme deneyi sırasında malzemenin esnemesiyle gerilme beyazlaşması oluşmaktadır. Bu bölgelerin yatayda ilerleyişinin zamana göre değişimi uzama bölgesinin büyüme grafiğini vermektedir. Beyaz noktaların yatayda ilerleyişinin piksel sayısı cinsinden değerleri çıkarılmakta ve zamana bağlı olarak grafiği elde edilmektedir. Elde edilen bu grafik üçüncü bölümde verilmektedir.

3. Deneysel Sonuçlar

Yapılan işlemler sonucunda elde edilen çentiklerin ve deliklerin alanları Şekil-6'da verilmektedir. Tablo 1'de deliklerin ve çentiklerin alanlarının büyüme hızları verilmektedir. Hızlar hesaplanırken toplam büyüme göz önünde alınmaktadır. Alanların ve ilerleme hızlarının mm² cinsinden değerleri malzeme eninin sabit değerinin piksel eş değeri yardımıyla bulunabilmektedir. Şekil-7'de uzama sonucunda oluşan gerilme beyazlaşması görüldüğü imgeler gösterilmekte, Şekil-8'de ise test sırasında oluşan gerilme beyazlaşmasının miktarı verilmektedir.

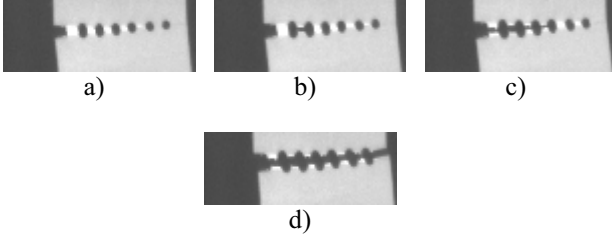
Şekil-6'da görüldüğü gibi, 1. delik 2. delik ile birleştiği andan itibaren piksel sayısı büyük bir artış göstermektedir. Bu andan itibaren delik sayısı bir azaldığı için, 2. delik 3. deliği, 3. delik 4. deliği ifade etmektedir.





Şekil 6: Deliklerin ve Çentiğin alanı (piksel)

6. delik ise son çerçeveye kadar en son değerinde kalmaktadır. Daha ilerideki çerçevelerde birkaç delik birden birleştiği için, delik numaralarındaki kaymalar yine olmakta ve boş kalan delikler yine en son değerlerinde son çerçeveye kadar gelmektedir. En son çerçevede malzeme tamamen koptuğu için o andan sonraki imgelerde düzgün sonuç elde edilememektedir. Şekil-7’de deliklerde oluşan birleşmeler ve malzemenin kopması gösterilmektedir.



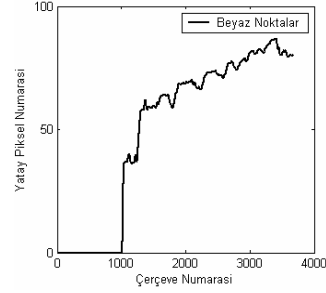
Şekil 7: a) #2481 imge b) #2482 imge c) #3202 imge d) #3429 imge

Malzemedeki kopmanın hızını tespit etmek üzere, çatlağın saniyede kat ettiği yol piksel birimde hesaplanmıştır. Tablo-1’de her bir delik için çatlağın ilerleme hızı verilmektedir.

Tablo 1: Deliklerin ve Çentiğin Büyüme Hızları

Delikler	Hız(Piksel/saniye)
Delik-1	0.56868
Delik-2	0.10499
Delik-3	0.087489
Delik-4	0.069991
Delik-5	0.0087489
Delik-6	0.026247
Çentik	0.16623

Malzemenin uygulanan gerilme ile kırılma öncesinde oluşan gerilme beyazlaşmasının konumu da tespit edilmektedir. Şekil-8’de gerilme bu beyazlaşmanın yatay eksende ilerleme grafiği verilmektedir.



Şekil 8: Beyaz noktaların yatayda ilerleme grafiği

4. Sonuçlar ve İleriki Çalışmalar

Bu çalışmada polipropilen malzemede çekme testi esnasında çatlak ilerlemesi görüntü işleme teknikleri kullanılarak incelenmektedir. Diğer yollarla ölçülemeyen çekme deneyine ait delik alanları, delik alanlarının büyüme hızları ve uzamanın zamana bağlı değişimi gibi önemli bilgilerin görüntü işleme yoluyla elde edilerek test malzemesi hakkında önemli bilgilere ulaşılmaktadır. Instron 4411 çekme makinasında gerçekleştirilen deneyde malzemedeki çentik ve delikler uyarlamalı eşikleme ve ikili etiketleme kullanılarak takip edilmektedir. Çentik ve delik alanlarının ilerleyişine ve gerilme beyazlaşmasının değişimine polinomsal eğriler uydurularak bu değişimlerin matematiksel modellenmesine yönelik çalışmalar devam etmektedir.

5. Kaynakça

- [1] I. N.G. McCrum, C.P. Buckley and C.B. Bucknall, "Principles of Polymer Engineering", Oxford Science Publications, New York, 1997.
- [2] N.J. Mills, "Plastics", John Wiley & Sons, New York, 1993
- [3] A.J. Kinloch and R.J. Young, "Fracture Behaviour of Polymers", Elsevier, London, 1983.
- [4] J . Scheirs, "Compositional and Failure Analysis of Polymers", John Wiley & Sons, New York, 2000.
- [5] R.C. Gonzalez and R.E. Woods, "Digital Image Processing," Addison-Wesley, 1992.
- [6] R.M. Haralick, and L. G. Shapiro "Computer and Robot Vision,"Volume I. Addison-Wesley, 1992.