



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy
2011, Volume: 6, Number: 1, Article Number: 1A0133

ENGINEERING SCIENCES

Received: October 2010

Accepted: January 2011

Series : 1A

ISSN : 1308-7231

© 2010 www.newwsa.com

Eyyüp Gülbandılar¹

Ali Ucar²

Uğur Kut³

Fatih Apaydın⁴

Dumlupınar University¹⁻²⁻³

Bartın University⁴

egul50@dumlupinar.edu.tr

Kutahya-Turkey

BULANIK MANTIK YÖNTEMİ KULLANILARAK SERAMİKLERDE DEFORMASYONUN TAHMİN EDİLMESİ

ÖZET

Bu çalışmada, seramik sektöründeki bu kayıpları azaltmak için bir bilgisayar yazılımı geliştirilmiştir. Seramik döküm çamuru ve kuvars kullanılarak farklı bileşimlerde silindirik formda numuneler hazırlanmıştır. Bu numuneler kurutulduktan sonra 3 B tarayıcı ile taranarak ve klasik metotlarla ölçüleri alınmıştır. Daha sonra bu numuneler farklı sıcaklıklarında ve sinterleşme sürelerinde seramik fırınında pişirilerek tekrar aynı yöntemlerle ölçümleri alınmıştır. Böylece silindirik numunelerin taban, yanıl yüzey ve ağız bölgelerinde ki deformasyonlar belirlenmiştir. Bu deneysel bilgiler ışığında bulanık sistem tasarlanmıştır. Seramik numunelerin bileşimleri, pişirme sıcaklığı ve sinterleşme süreleri bulanık sistemin giriş bilgisi, deformasyon miktarları da çıkış bilgisi olarak kullanılmıştır. Geliştirilen bulanık sistem, silindirik formların taban deformasyonunu %80, yanıl yüzey deformasyonunu %77,5 ve ağız deformasyonunu %55 oranında ki doğrulukla tespit edebilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Seramik, Deformasyon, Bulanık Mantık, Akıllı Sistemler, Üç Boyut

DETERMINING OF DEFORMATION ON THE CERAMICS USING FUZZY LOGIC

ABSTRACT

In this study, it is aimed to develop computer software to reduce these losses in the ceramic industry. In this study, in different compositions, firing temperatures and sintering times cylindrical form samples are created. These samples, after the drying process have been scanned with the 3D scanner at the same time measured using classical methods. Later on these samples are fired at different sintering times and temperatures in ceramic firing and measured using the same methods. Thus the deformations in the base, side and mouth regions of the cylindrical samples are identified. In the light of this experimental data fuzzy systems have been designed. In the fuzzy system, the firing temperature, sintering time and composition of ceramic samples have been used as the input data while the amount of deformation is used as the output data. In the fuzzy system we have developed, an accuracy of 80% for the base deformation, 77.5% for the edge deformation and 55% for the mouth deformation of the cylindrical form have been achieved.

Keywords: Ceramic, Deformation, Fuzzy Logic, Expert Systems, Three Dimensional

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Bir cismin veya yapının biçiminin bozulması deformasyon olarak adlandırılır [1]. Deformasyonlar iki şekilde meydana gelebilir. Bu deformasyonlar, ısı ve çamur bileşimi gibi etkenler nedeniyle ya yapının içinde ve dışında çatlama, eğilme ve bel verme gibi ya da yatay ve düşey yöndeki konum değişmesi şeklinde ortaya çıkabilir [2]. Deformasyonlar, farklı bileşimlerdeki seramik çamurlarının, farklı biçimlerde ve farklı pişme sıcaklıklarında göstermiş olduğu reaksiyonlar sonucu biçimsel olarak oluşmaktadır. Seramik üretim sektörlerinde yeni ürün tasarımlarında uygun biçimin bulunmasında çok sayıda prototip ürün denemesi yapılmaktadır. Bu açıdan konu incelendiğinde işletmeler açısından işçilik kaybı, zaman kaybı ve araştırma-geliştirme maliyetlerinin önemli miktarda artması söz konusudur.

Deformasyon, cismin yatay ve düşey konumlarındaki değişimlerin ölçülmesi ile belirlenmektedir [2]. Ayrıca son zamanlarda bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler sonucunda bu deformasyonların belirlenmesi bilgisayar ortamında da yapılabilmektedir. Fukuda ve Hasegawa seramik üretim hatlarında üretilen cisimlerin çatlama, büzülme ve kırılmasını tespit etmek için yazılım geliştirmişleridir. Bu yazılım ile üretim hattında cisimlerin kamera ile görüntülerini kaydedip veri tabanındaki görüntüler ile eşleştirme yaparak deformasyonu belirlemişleridir [3]. Xianming vd. seramiklerde kabuk kalınlığı, kabuk yapısı ve yorulma mukavemetini sonlu elemanlar ve bulanık mantık ile birlikte geliştirdikleri yazılımlarda belirlemişlerdir [4]. Yeung ve Fong Çince el yazısındaki tam çıkmayan harflerin bulanık mantık ile tanımlanabileceğini göstermişlerdir [5]. Hanmandlu vd. de İngilizce el yazısı karakterlerdeki deformasyonun bulanık mantık ile belirlenip karakterlerin tamamlanabileceğini ortaya koymuşlardır [6]. Ichirou vd. olasılık tipi bulanık mantık algoritması geliştirerek el işçiliklerindeki deformasyon türlerinin belirlenmesini gerçekleştirmişlerdir [7]. Roller seramik fırınlarında bulanık mantık, yapay sinir ağları ve neuro-bulanık kuralları ile deformasyonu belirleyecek sistemler de tasarlanmıştır [8 ve 9]. Tsutsumi vd. sinir ağları ile depremde hasar görmüş binaların resimlerinden hasar durumlarının ve hasarın onarım durumlarını değerlendirmesini yapabilecek algoritma geliştirmişlerdir [10]. Bielen vd. LDMOS transistörlerin imalatında, seramik oyuk içindeki alüminyumların deformasyonlarını sonlu elemanlar yöntemiyle deneysel sonuçlara bağlı olarak bilgisayar ortamında malzeme yorulması simülasyonu gerçekleştirmişlerdir [11]. Nanayakkara ve Samarabandu düşük çözünürlüklü resimlerden bulanık çıkarım sistemiyle yüksek çözünürlüklü resimler elde edilebileceğini ortaya koymuşlardır [12].

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Bu çalışma, seramik üretim işletmelerinde ürünün tasarlanması aşamasında bulanık mantık sistemi ile oluşan deformasyonları belirleyerek işçilik, zaman ve maliyet kayıplarını en aza indirebilmek amacıyla yapılmıştır. Bu amaç doğrultusunda, temin edilen granül seramik çamur içersine daha önceden belirlenmiş oranlarda kuvars katılarak kimyasal bileşimi değiştirilmiştir. Bileşimleri değiştirilmiş olan karışımlardan hazırlanan slip seramik çamuru kullanılarak silindirik formlu numuneler şekillendirilmiştir. Numuneler farklı pişirme sıcaklıklarında ve sinterleme sürelerinde pişirilmiş ve oluşan deformasyonlar ölçülmüştür. Bu ölçüm bilgileri kullanılarak bir veri tabanı oluşturulmuştur. Bu veri tabanı kullanılarak herhangi bir seramik üründe oluşabilecek deformasyonun, bulanık mantık sistemi kullanılarak tahmini yapılmıştır.

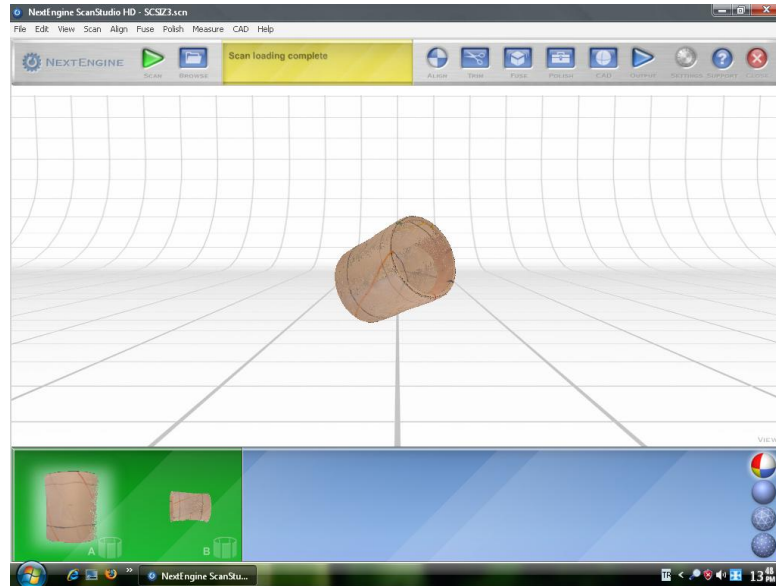
3. MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

Çalışmada kullanılan çamur, Refsan'dan alınmış olup %50 SiO₂, %19,5 Al₂O₃, %9,6 CaO kimyasal bileşimine sahip Eczacıbaşı ECS-1 kodlu granül seramik çamurudur. Seramik üretim sektöründe 1000-1200 °C'lerdeki

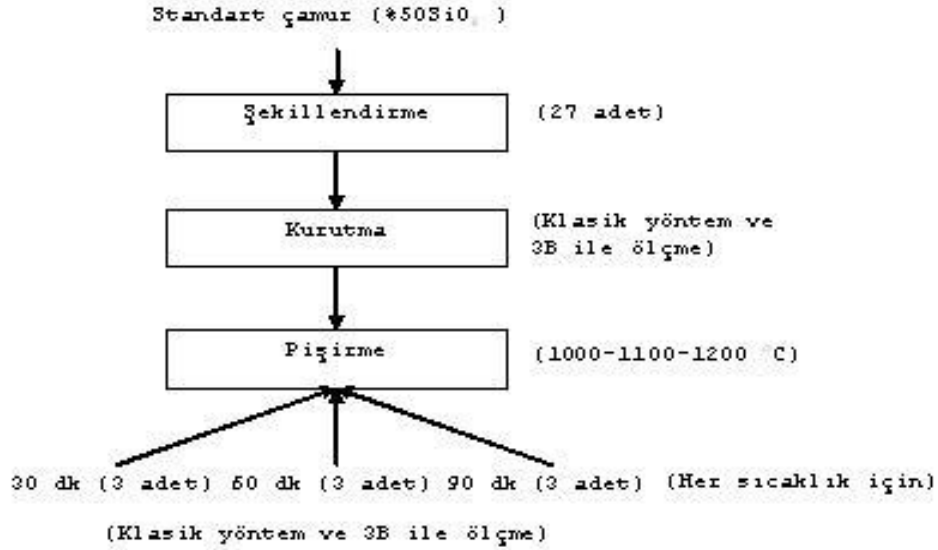
pişirimlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kuvars ise Eczacıbaşı ESAN'dan alınmıştır (%98-99 SiO₂ içerikli). Pişirme işlemleri Kütahya Meslek Yüksekokulunda bulunan elektrikli deneme fırınında yapılmıştır.

3.1. Seramik Numunelerin Hazırlanması ve Pişirilmesi (Firing and Preparation of the Ceramic Samples)

Alçı torna makinesinde model alçısı kullanılarak şekillendirilen silindir çekirdek üzerinden döküm alçısı kullanılarak işletme kalıpları çoğaltılmıştır. Bir tanesi Eczacıbaşı ECS-1 kodlu granül çamuru diğer ikisi de bu çamura farklı miktarlarda kuvars katılarak (%55 ve %60 SiO₂ olacak şekilde) üç farklı slip çamur hazırlanmıştır. Hazırlanmış olan slip çamurlar ile silindir biçimli işletme kalıpları kullanılarak aynı şartlar altında dökümle şekillendirme yapılmıştır. Kalıptan alınan numuneler rötuşlandıktan sonra kodlaması yapılmıştır. Bu kalıplardan her bir çamur bileşimi için 27 adet olmak üzere toplam 81 adet 8 cm yüksekliğinde 8 cm çapında ve 0,5 cm et kalınlığında içi boş silindirik seramik numuneler elde edilmiştir. Seramik sektöründe sofraya eşyası ürünlerin silindirik ve dairesel yapıdaki formlarının çoğunluğu nedeniyle çalışmada silindir formu tercih edilmiştir. Pişirilmeden önce 3 B tarayıcı ile taranarak ve klasik yöntemlerle ölçülerek her bir numunenin biçimsel ölçümleri alınmıştır (Şekil 1). Üç farklı çamur bileşiminden şekillendirilen ve her gruptaki (27 adet) silindir formu seramik numunelerden üçerli gruplar halinde 1000, 1100 ve 1200 °C sıcaklıklarında, 30, 60 ve 90 dakika sinterleme süresinde pişirilmiştir. Pişirilen seramik numunelerin deformasyonları 3 B tarayıcı ve klasik yöntemle tekrar ölçülmüştür. Her bir numunenin tarama ölçüm sonuçları matris formunda kayıt edilmiştir. Standart çamurdan (%50 SiO₂) elde edilen numunelerin işlem akış şeması Şekil 2'de verilmiştir. Diğer numunelerde işlem, aynı akış şemasına uygun olarak tekrarlanmıştır.



Şekil 1. 3B tarayıcı ile taranmış silindirik numunenin görüntüsü
(Figure 1. The scanned image of a cylindrical sample using 3D scanner)



Şekil 2. İşlem akış şeması
(Figure 2.Process flow chart)

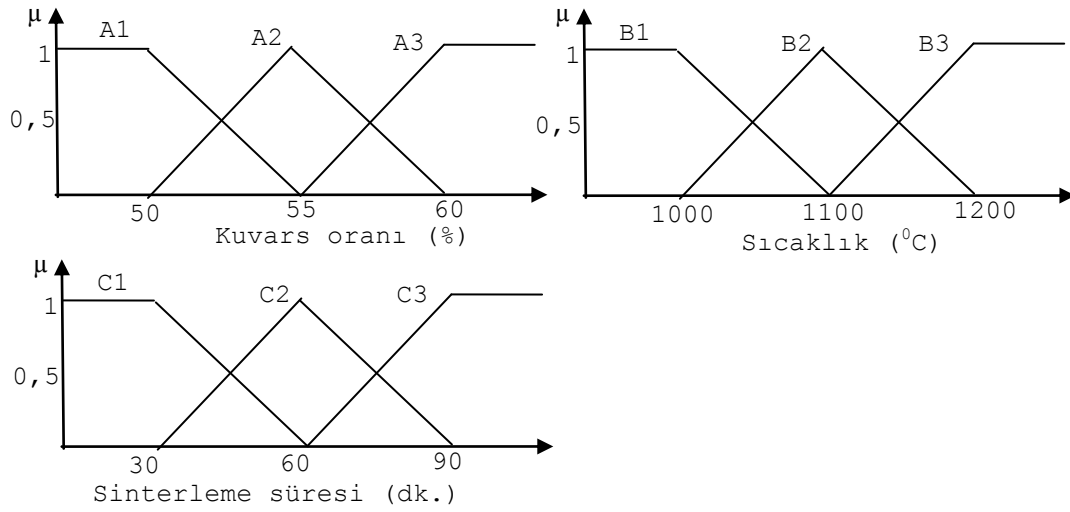
3.2. Bilgisayar Yazılım Sistemi (Computer Software System)

Bulanık mantık kontrol sistemi için giriş değişkenleri seramik çamurun kuvars içeriği, şekillendirilmesi yapılmış seramik numunenin pişirme sıcaklığı ve sinterleme süresi çıkış bilgisi ise deformasyon oranı (taban, ağız ve yan yüzey) olarak belirlenmiştir. Her üç değişken için üçgen üyelik fonksiyonları seçilmiş ve Şekil 3'deki gibi değişkenlerin üyelik kümeleri bulanıklaştırma için kullanılmıştır.

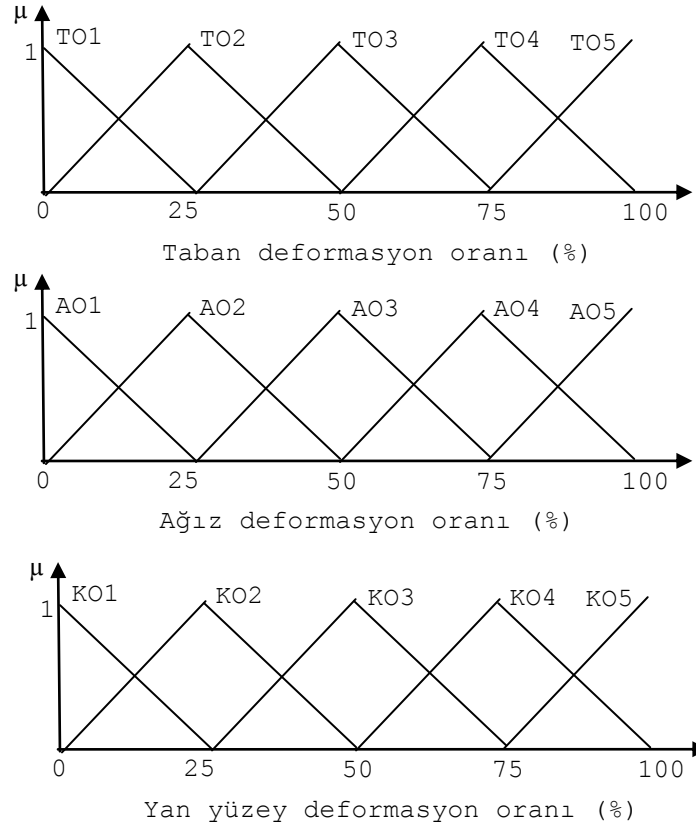
Kuvars oranı, sinterleme süresi ve sıcaklık değişkenleri bulanıklaştırılırken üç ayrı giriş kümesine bölünmüştür. Bulanık kümelerin şekilleri ve değerleri belirlenirken deneysel olarak elde edilen sonuçlar dikkate alınmıştır. Bu bilgiler doğrultusunda giriş değerleri bulanıklaştırılmıştır. Üçgen üyelik fonksiyonlarının üyelik derecelerinin hesaplanmasında;

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & \text{ise } x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & \text{ise } a < x < b \\ \frac{c-x}{c-b} & \text{ise } b < x < c \\ 0 & \text{ise } c > x \end{cases} \quad (1)$$

bağıntısı kullanılmıştır [13]. Burada a, b ve c indisleri üçgen üyelik fonksiyonlarının bulanıklaşmamış ham sınır değerlerini göstermektedir. Yamuk üyelik fonksiyonlarının üyelik derecelerinin hesaplanmasında da aynı bağıntılar tercih edilmiştir. Yamuğun düz kısımlarında ise üyelik derecesi 1'e eşit olarak alınmıştır. Örneğin kuvars oranı %53 için A3'ün üyelik dereceleri 0 iken A2 kümesinin üyelik derecesi 0,6 ve A1 kümesinin üyelik derecesi 0,4 olarak Eşitlik 1'ile hesaplanmıştır. Eğer kuvars oranı %60 ise A3 kümesinin üyelik derecesi 1 iken diğer kümelerin üyelik dereceleri 0 olacaktır. Sıcaklık ve sinterleme süresi kümelerinin üyelik derecelerinin hesaplanmasında da Eşitlik 1 kullanılarak bulanıklaştırma işlemi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. Giriş değişkenlerinin üyelik fonksiyonları
(Figure 3. Membership function of input variables)



Şekil 4. Çıkış değişkenlerinin üyelik fonksiyonları
(Figure 4. Membership function of output variables)

Çıkış değişkenleri olan seramik cismin deformasyon oranları verilerinin üyelik fonksiyonları Şekil 4'de görüldüğü gibi üçgen olarak tercih edilmiştir. Çıkış üyelik kümeleri deformasyon oranları için beş adet olarak seçilmiştir. Örneklerdeki milimetrik deformasyonlar yüzdelik değerlere dönüştürülmüştür. Çıkış üyelik fonksiyonlarının şekli belirlenirken yine deneysel sonuçlar dikkate alınmıştır.

Bulanık karar sistemlerinin esas ana çatısını oluşturan kural tabanıdır. Bilgisayar, karar verme işleminde bu kural tabanlarını dikkate almaktadır. Kural tabanları oluşturulurken uzman kişilerin görüşlerine başvurulmuştur. Çalışmada kural tabanını oluştururken tecrübeler ve deneysel sonuçlar dikkate alınarak standart seramik çamurdan elde edilen (%50 SiO₂) numuneler için oluşturulan kural tabanları Tablo 1, 2 ve 3'de verilmiştir. Diğer seramik çamurlardan elde edilen numuneler içinde kural tabanı tabloları ayrıca yapılmıştır.

Tablo 1. Taban deformasyonu oranı için kural tabanı
(Table 1. Rule base of base deformation rate)

	B1	B2	B3
C1	TO1	TO2	TO2
C2	TO1	TO1	TO2
C3	TO2	TO2	TO2

Tablo 2. Ağız deformasyonu oranı için kural tabanı
(Table 2. Rule base of mouth deformation rate)

	B1	B2	B3
C1	AO4	AO3	AO3
C2	AO3	AO3	AO2
C3	AO1	AO2	AO2

Tablo 3. Yan yüzey deformasyonu oranı için kural tabanı
(Table 3. Rule base of side deformation rate)

	B1	B2	B3
C1	KO2	KO2	KO2
C2	KO2	KO2	KO2
C3	KO2	KO1	KO2

Giriş değişkenleri için yazılımda her bir sütun için deformasyon noktaları kural tablosuna bağlı olarak her bir satır için noktasal tanımlamayı kapsayan döngü içinde toplam 27 adet "Eğer-ise" bağıntısı elde edilmiştir.

If input1=A1 and input2=B1 and input3=C1 then output1=TO1 and output2=AO4and output3=KO2

If input1=A1 and input2=B2 and input3=C1 then output1=TO2 and output2=AO3and output3=KO2

If input1=A1 and input2=B3 and input3=C2 then output1=TO2 and output2=AO2and output3=KO2

"Eğer-ise" bağıntılarının girişleri dikkate alındığında bağlaç olarak *and* ile bağlandıkları görülmektedir. "And" bağlacı mantıksal ilişkide çıkış kümelerine üyelik dereceleri atarken giriş üyelik derecelerinin en küçük olanını atamaktadır. Bulanık çıkarım işleminde bu mantıksal ilişki sonucunda *min-max* çıkarım yöntemi kullanılmıştır. Bulanıklaştırma işleminin son aşaması olan berraklaştırma ise;

$$x^* = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_i(x) \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n \mu_i(x)} \quad (2)$$

eşitliği ile verilen *ağırlık ortalaması* yöntemi seçilmiştir. Burada x^* berraklaştırılmış çıktı değerini, μ_i her bir kuralın çıktısının üyelik derecesini ve x_i her bir kuralın ağırlık ortalamasını göstermektedir [13,14 ve 15].

4. BULGULAR (RESULTS)

Silindir form şeklinde hazırlanan 81 adet (1 adet zayıf) numunenin değerlendirme sonuçları Tablo 4, 5 ve 6'da görülmektedir. Tablolardaki veriler seramik cismin deformasyon noktalarını belirlemedeki uygunluğunu göstermektedir.

Tablo 4 incelendiğinde klasik değerlendirme sonucunda deformasyon olmayan 50 numuneden 42 tanesi bulanık sistem deformasyon yok şeklinde bulurken 8 tanesine 1 mm deformasyon var şeklinde bulunmuştur. Aynı şekilde görsel olarak 30 numunenin 1 mm'lik deformasyon bulgusundan bulanık sistem 22 tanesinde deformasyon bulurken, diğer 8 tanesinde deformasyon yok şeklinde sonuç ortaya koymuştur. Bu bulgular doğrultusunda taban deformasyonu için bulanık sistem %80 (64 adet) oranında doğrulukla sonuç vermiştir.

Tablo 4. Silindirik form için taban deformasyon sonuçlarının karşılaştırılması

(Table 4. The comparison of results of the base deformation for cylindrical form)

		Klasik değerlendirme		
		0 mm	1 mm	Toplam
Bulanık Mantık	0 mm	42	8	50
	1 mm	8	22	30
	Toplam	50	30	80

Tablo 5'deki yan yüzey deformasyon incelendiğinde toplam 80 adet numuneden 62 adetinde deformasyon doğru olarak bulanabilmiştir. Bu bulgular ışığında geliştirilmiş olan bulanık sistemin performansı %77,5 doğrulukla sonuçlar ortaya koymaktadır.

Tablo 5. Silindirik form için kenar deformasyon sonuçlarının karşılaştırılması

(Table 5. The comparison of results of the side deformation for cylindrical form)

		Klasik değerlendirme				
		0 mm	1mm	2 mm	3 mm	Toplam
Bulanık Mantık	0 mm	4	2	0	0	6
	1 mm	3	52	7	0	62
	2 mm	0	5	6	1	12
	Toplam	7	59	13	1	80

Tablo 6. Silindirik form için ağız deformasyon sonuçlarının karşılaştırılması

(Table 6. The comparison of results of the mouth deformation for cylindrical form)

		Klasik değerlendirme					
		0 mm	1mm	2 mm	3 mm	4 mm	Toplam
Bulanık Mantık	0 mm	5	4	0	0	0	9
	1 mm	6	23	7	0	0	36
	2 mm	3	6	16	5	0	30
	3 mm	1	0	1	0	3	5
	Toplam	15	33	24	5	3	80

Tablo 6'da ağız bölgesindeki deformasyonlar için bulanık sistem ve gerçek ölçümlerin sonuçları görülmektedir. Bu sonuçlardan geliştirilmiş olan bulanık sistem 80 adet örneğin 44 tanesinde doğru deformasyon vermiştir. Buna göre ağız bölgesindeki deformasyon %55 oranında doğrulukla bulunmuştur. Ağız bölgesindeki deformasyonlarda bulanık sistemin

performansındaki düşüşün nedeni gerçek ölçümlerde de farklı dağılımın söz konusu olmasından ve bu kısımdaki deformasyonun daha fazla olmasından kaynaklanabilir. Bu farklı dağılım bulanık sistemin kural tablosunun hazırlanmasına da yansımıştır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER (CONCLUSIONS and RECOMMENDATION)

Elde edilmiş olan bulgular doğrultusunda geliştirilmiş olan sistem silindirik formunun taban ve kenar deformasyonun bölge ve miktarının belirlenmesinde başarılı bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir. Ancak ağız deformasyonunun belirlenmesinde ise beklenen performansı ortaya koyamamıştır. Sistemin bulgularındaki doğruluk oranı daha da geliştirilmelidir. Ayrıca da diğer geometrik formlar için de bu yöntem uygulanarak seramik sanayinde kullanım olanakları araştırılmalıdır.

TEŞEKKÜR (THANKS)

Bu çalışma, Dumlupınar Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) kapsamında 2007/15 nolu proje olarak desteklenmiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. <http://www.serki.com>, 25.01.2009
2. www.hkmo.org.tr/resimler/ekler/G14C_940ab4746839656_ek.pdf, 25.01.2009
3. Fukuda, T. and Hasegawa, O., (1989). 3-D image processing and grasping planning expert system for distorted objects. IECON Proceedings (Industrial Electronics Conference), 4, 726-731.
4. Xianming, L., Yougang, X., and Xuejun, L., (2006). Shell construction optimization of large rotary kiln with multi-supports. Journal of the Chinese Ceramic Society, 34 (2), 215-219.
5. Yeung, D.S. and Fong, H.S., (1997). Natural stroke-based structural approach to loosely-constrained handwritten Chinese character recognition. Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 2, 1504-1509.
6. Hanmandlu, M., Murali Mohan, K.R., and Gupta, V., (1997). Fuzzy logic based handwritten character recognition. Image Processing, Proceedings., International Conference, 3, 714 - 717.
7. Ishimaru, I., Hirabayashi, H., and Morisato, M., (1999). Proposal of probability type fuzzy inference and its application to precision plastic deformation algorithm. Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 5, 232-237.
8. Pataro, C.D.M., (1999). Helman, H.: Direct determination of sequences of passes for the strip rolling process by means of fuzzy logic rules. Intelligent Processing and Manufacturing of Materials, 1999. IPMM '99. Proceedings of the Second International Conference, (1), 549-554.
9. Dinh, N.Q. and Afzulpurkar, N.V., (2007). Neuro-fuzzy MIMO nonlinear control for ceramic roller kiln. Simulation Modelling Practice and Theory, 15, 1239-1258.
10. Tsutsumi, K., Hayashi, K., Teraoka, M., Takizawa, A., Kawamura, H., and Tani, A., (2001). A study on the estimation method of target design engineering quantity considering client satisfaction. IFSA World Congress and 20th NAFIPS International Conference, 1, 133 - 138.
11. Bielen, J., Gommans, J.J., and Theunis, F., (2006). Prediction of high cycle fatigue in aluminum bond wires: A physics of failure approach combining experiments and multi-physics simulations. 7th. Int. Conf: on Thermal, Mechanical and Multiphysics Simulation and Experiments in Micro-Electronics and Micro-Systems, EuroSimE, 1-7.

12. Nanayakkara, N.D. and Samarabandu, J., (2003). Unsupervised model based image segmentation using domain knowledge based fuzzy logic and edge enhancement. *Multimedia and Expo, 2003. ICME '03. Proceedings, 1, I - 577-580.*
13. Güler, İ., Tunca, A., and Gülbandılar, E., (2008). Detection of traumatic brain injuries using fuzzy logic algorithm. *Expert Systems with Applications, 34(2), 1312-1317.*
14. Ajayi, A.O., Aderounmu, G.A., Soriyan, H.A., and David, A., (2010). An intelligent quality of service brokering model for e-commerce. *Expert Systems with Applications, 37, 816-823.*
15. Hsu, Y.L., Lee, C.H., and Kreng, V.B., (2010). The application of fuzzy delphi method and fuzzy AHP in lubricant regenerative technology selection. *Expert Systems with Applications, 37, 419-425.*