

AA1100 Teknik Alüminyumun Derin Çekilmesinde Gen İfadeli Programlama Kullanarak Kulaklanmanın Tahmin Edilmesi

Kamil DELİKANLI¹, Bekir AKSOY²

¹ Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi Süleyman Demirel Üniversitesi Isparta

² Bilgisayar Teknolojileri Programı, Senirkent MYO Süleyman Demirel Üniversitesi

ÖZET Soğuk hadde ile üretilmiş AA1100 alüminyum levhaların derin çekilmesinde karşılaşılan malzeme kökenli problemlerden kulaklanma üzerinde durularak, bu problemin ortadan kaldırılması veya minimuma indirilmesinde tav parametrelerinin etkisi incelenmiştir. Yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar doğrultusunda tavlama sıcaklığı ve tavlama süresinin kulaklanma yüksekliğine en etken parametreler olduğu tespit edilmiştir. Son yıllarda yapay zeka yöntemleri sonuçların tahminlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, kulaklanma yüksekliğinin tahminlenmesinde Gen İfadeli Programlama (GİP) kullanılmıştır. Giriş parametreleri olarak tavlama sıcaklığı ve tavlama süresi, çıkış parametresi olarak kulaklanma yüksekliği kabul edilmiştir. Bu parametreler yardımıyla GİP ortamında sadece dört işlem değişkenleri kullanılarak sonuçlar %95,89 oranında tahminlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Derin çekme, Kulaklanma, Gen ifadeli programlama

Predicting the Earing Using Gene Expressive Programming at Deep Drawing of Technical Aluminium AA1100

ABSTRACT It is emphasized that, earing problem which is one of the material origin problems that occurs during deep drawing of cold rolled AA1100 aluminium sheets and effects of the heat treating parameters to take away or minimize the earing problem were investigated.

In recent years, artificial intelligence methods are widely used to estimate the results. In this study, Gene Expressive Programming (GEP) is used to estimate the height of earings. Annealing temperature and annealing time are approved as input parameters; earing height is approved as output parameter. Results are estimated with the ratio of 95,89 % at the GEP environment using only four arithmetical operation variables with the help of these parameters.

Key Words: Deep drawing, Earing, Gen Expressive Programming

1. GİRİŞ

Teknik alüminyum olarak bilinen AA1100 alüminyum, minimum %99 saflıkta olup elektrik ve kimya endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Yüksek korozyon direnci ile yüksek ısı iletkenliğine sahip olan AA1100 alüminyum, düşük mukavemet

özelliklerine ve yüksek şekillendirme kabiliyetine sahiptir.

Üretim sahası oldukça geniş olan derin çekme işleminde; tezgâh özellikleri, kalıp ve zımba konstrüksiyonu ile kullanılan levha malzemelerin özelliklerinin neden olduğu birçok problemle karşılaşmaktadır. Bu problemleri tek bir nedene bağlamak

çoğunlukla mümkün olamamaktadır. Zira birden fazla parametre, hataların oluşumuna aynı anda katkıda bulunabilmektedir. Buna rağmen, birinci derece etkili olan nedenleri dikkate alarak derin çekme problemlerini;

- a) Teçhizat ve çalışma parametrelerinden kaynaklanan problemler,
- b) Kullanılan levha malzeme özelliklerinden kaynaklanan problemler,

olmak üzere iki grupta toplamak mümkündür [1].

Bu makalede, incelemenin asıl üzerinde yoğunlaştırıldığı konu, AA1100 alüminyum soğuk hadde ürünü levhalara uygulanan tav parametrelerinin anizotropi katsayılarına, Erichsen derinliğine, kulaklanmaya ve dolayısıyla şekillendirilebilirliğe etkileridir.

1.1 Kulaklanma

Sıkça karşılaşılan derin çekme problemlerinden birisi olan kulaklanma, derin çekilen kabın ağız kısmının girinti ve çıkıntılardan oluşan dalgalı bir yapı göstermesidir. Bu girinti ve çıkıntıların her biri “kulak” olarak adlandırılmaktadır. Derin çekme işlemi sonunda iki, dört, altı ve sekiz gibi değişik sayılarda kulak oluşabilir de en çok rastlanılan dördü kulak teşekkülüdür [2,3,4,5].



Şekil 1 :Derin çekme taslağı, derin çekme kabı ve kulaklanma örnekleri

Kulakların hadde yönüne göre pozisyonu dikkate alındığında başlıca iki tür kulaklanmadan söz edilmektedir.

- a) $0^\circ / 90^\circ$ yönlerde kulaklanma
- b) 45° yönünde kulaklanma

Kulaklanmanın temel nedeni, taslak olarak kullanılan levhaların çeşitli üretim kademelerinde ortaya çıkan tekstür oluşumundan kaynaklanan anizotropik karakterdir. Malzeme yapısında teşekkül eden tekstürün yönü ve miktarı anizotropi derecesini, buna bağlı olarak da kulaklanmanın pozisyonunu ve büyüklüğünü belirlemektedir [6,7].

Anizotropik özellik nedeniyle taslağın belli yönlerde daha kolay deforme olup uzaması sonucu oluşan kulaklanma, üründe / mamülde aşırı kenar kesimi gerektireceğinden üretim verimini de düşürecektir. Daha aşırı hallerde ise, kulaklar arasındaki çukur bölgeler istenilen kap yüksekliğine ulaşamayacağından ürünün

hurdaya ayrılmasına yol açabilmektedir [8]. Kulaklanma, ortalama anizotropi değerine bağlı olup, kulak formunun da düzlemsel anizotropi değerinin bir fonksiyonu olduğu Rogers, JR, Anderson ve Essl tarafından bildirilmektedir [9,10].

2. MATERYAL VE METOT

2.1. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

ETİ Alüminyum Tesislerinden soğuk hadde ürünü olarak temin edilen 1.5 mm kalınlıklı, %99 saflıktaki alüminyum levhalar 250°C – 400°C arasında değişik tav sıcaklıklarında ve 0, 30, 60 dakikalık tav sürelerinde ısıtma işlemine (tavlamaya) tabi tutulmuşlardır. Tavlanan malzemelerden TS.138'e uygun, levhanın hadde yönüne göre 0°, 45° ve 90° yönlerde standart çekme numuneleri hazırlanmıştır. Zwick universal çekme cihazında çekme testine tabii tutularak, bu yöndeki anizotropi katsayıları tespit edilmiştir. Ayrıca, 55 mm çapında disk numuneler (derin çekme taslakları) hazırlanıp, bunlardan da derin çekme işlemiyle 30 mm iç çapında silindirik derin çekme kaplar imal edilmiştir. Bu küçük boyutlu derin çekme işlemiyle doğrudan levhanın kulaklanma eğilimi ölçülmeye çalışılmıştır.

Derin çekilen kabın kulak ve kulaklar arası çukur bölgelerinin yüksekliği ölçülerek, ortalaması alındıktan sonra aşağıdaki eşitlik yardımıyla yüzde kulaklanma değeri hesaplanmıştır.

$$\% \text{Kulaklanma} = \left\{ \frac{H_{1\text{ort}} - H_{2\text{ort}}}{H_{1\text{ort}}} \right\} \cdot 100$$

Burada;

$H_{1\text{ort}}$: kulakların yükseklik ortalaması

$H_{2\text{ort}}$: çukur bölgelerin yükseklik ortalaması

AA1100 Alüminyum malzemenin tav sıcaklıklarına bağlı olarak Anizotropi değerleri Tablo1'de verilmiştir.

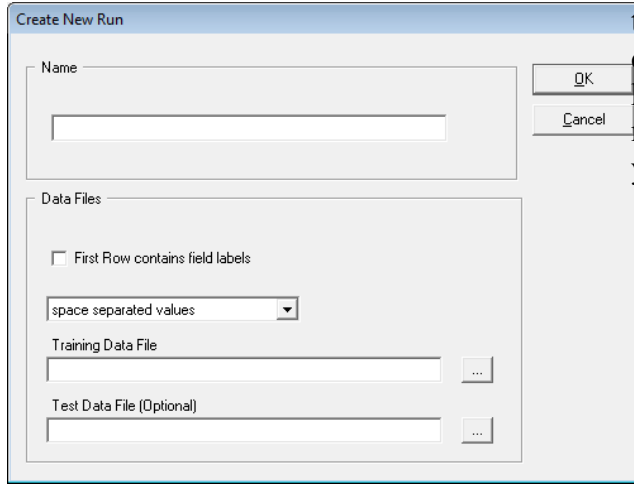
Tablo 1: Tav parametrelerine bağlı olarak tespit edilen Anizotropi katsayıları

Tavla ma Sıcaklığı (°C)	Tavla ma Zama nı (dak.)	R ₀	R ₄₅	R ₉₀	\bar{R}	ΔR
225	0	0,440	2,130	1,060	1,440	-1,380
	15	0,470	2,370	1,990	1,550	-1,640
	30	0,690	2,330	1,430	1,695	-1,270
	45	0,600	2,300	1,400	1,650	-1,300
	60	0,370	1,590	1,340	1,223	-0,735
250	0	0,620	1,510	1,150	1,198	-0,625
	15	0,480	1,440	1,530	1,223	-0,435
	30	0,580	0,910	1,590	0,998	-0,175
	45	0,600	1,500	1,590	1,298	-0,405
	60	0,610	1,560	1,940	1,418	-0,285
300	0	0,420	1,200	1,520	1,085	-0,230
	15	0,620	1,700	0,800	1,205	-0,990
	30	0,710	0,520	0,700	0,613	0,185
	45	0,780	0,470	0,800	0,630	0,320
	60	0,840	0,410	0,860	0,638	0,440
360	0	0,800	0,600	0,770	0,683	0,185
	15	0,910	0,440	1,010	0,708	0,520
	30	0,800	0,720	1,010	0,813	0,185
	45	0,990	0,760	0,880	0,847	0,185
	60	0,890	0,590	1,060	0,783	0,385
400	0	0,950	0,550	0,810	0,715	0,330
	15	0,880	0,630	0,880	0,755	0,250
	30	1,000	0,560	0,780	0,725	0,330
	45	0,870	0,470	0,820	0,658	0,375
	60	0,990	0,630	1,030	0,820	0,380

2.2 VERİLERİN APS PROGRAMI İLE UYGULANMASI

Programın uygulanması aşağıda aşamalar halinde verilmiştir.

APS programı ile uygulama yapmak için **File** menüsünden **New** seçeneği seçilerek Şekil 2.1'deki gibi bir pencere karşımıza gelecektir



Şekil 2.1. APS programında yeni proje oluşturma penceresi

Açılan bu pencerede **Name** bölümüne projemizin ismini, **Data Files** bölümünde daha önceden iki farklı not defterinde saklanan ve aralarında birer boşluk olacak şekilde kaydedilmiş olan deneysel verilerin rastgele seçilmiş olan %20'si, **Training Data File** bölümüne ise verilerin geriye kalan %80'lik kısmı ise Training Data olarak ayrılan dosyalar seçilerek şekil 2.2 ve şekil 2.3'deki gibi bir görüntü elde edilmiştir.

Gen	Value
1	0.000
2	0.000
3	0.000
4	0.000
5	0.000
6	0.000
7	0.000
8	0.000
9	0.000
10	0.000
11	0.000
12	0.000
13	0.000
14	0.000
15	0.000
16	0.000
17	0.000
18	0.000
19	0.000
20	0.000

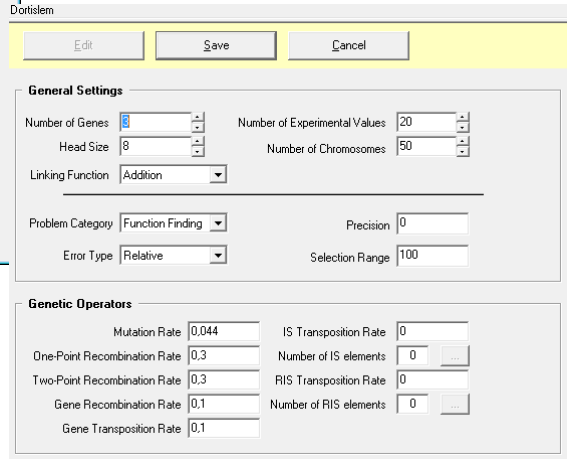
Şekil 2.2. Training Data File ile seçilmiş olan veri tablosu

Gen	Value
1	0.370
2	0.810
3	0.400
4	0.990

Şekil 2.3. Test Data ile seçilmiş olan veri tablosu

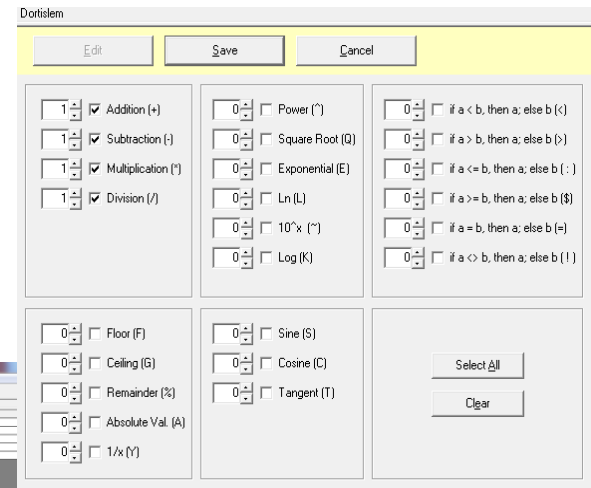
Not defteri ile seçilmiş olan training ve test dataları şekil 2.2'de ve şekil 2.3'de gösterildiği gibi APS programı tarafından

tabloya dönüştürülmüştür. Şekil 2.4'de ise, daha sonra bu verilerde kullanılacak olan kromozom sayıları kullanılacak gen sayıları, mutasyon oranları gibi genel ayarlamalar yapılmıştır.



Şekil 2.4. APS programı settings

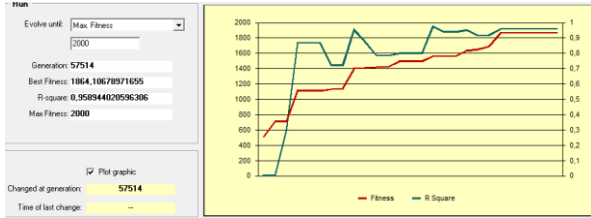
Şekil 2.5'deki APS programının **Functions** bölümünde deneysel verilerin formüle edilmesi esnasında kullanılacak olan toplama, çıkarma, trigonometrik, şartlı ifadeler gibi parametreler belirlenmektedir. Biz örneğimizde dört işlem (toplama, çıkarma, çarpma ve bölme) kullanarak formülü elde etmeye çalışacağız.



Şekil 2.5. APS Programında functions bölümü

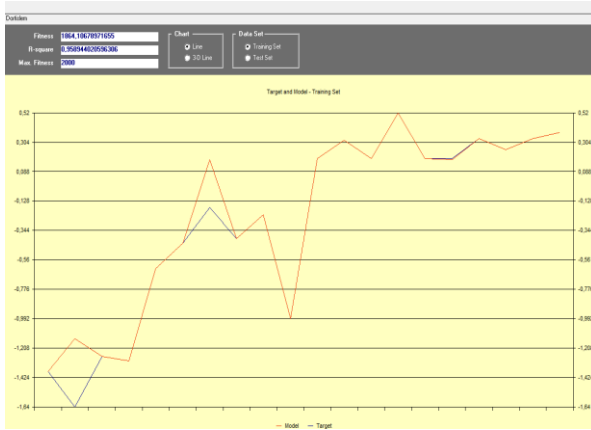
Bu ayarlamalardan sonra programda **Run** bölümüne gelinerek şekil 2.6' da gösterildiği gibi APS programı **Evolve** butonu ile çalıştırılarak programının en uygun sonucu bulması beklenmektedir. Uygun sonuç

bulunduktan sonra **Stop** butonuna tıklanarak APS programının çalıştırılması durdurulur. Bu çalışmada deneysel verilerden elde edilen sonuçları kullanarak %95,89 doğruluk oranında sonuca ulaşılmıştır.



Şekil 2.6. APS programında Run seçeneği ile programın çalıştırılması

Şekil 2.7'de APS programındaki **Charts** bölümünden Model ve Hedef değerleri istenirse beraber (both özelliği ile) ya da ayrı ayrı grafikleri ile gösterilmektedir. **Both** seçeneğini kullanarak hem hedef hem de model değer üst üste getirilerek sonuca ne kadar yaklaşıldığı ya da nerede farklılıkların oluştuğunu görebilmektedir. Bu farklılık ya da benzerlikler formüle edilen ifadenin yüzde olarak ne kadar yüksek ya da düşük oranda sonuca yaklaşıldığını göstermektedir.



Şekil 2.7. APS programında Charts bölümü

Şekil 2.8'de APS programının **Results** bölümünde Run seçeneği ile tahminlenen fonksiyonun formüle edilmiş şekli Visual Basic yada C++ programlama dilleri için elde edilen programlama kodları görülmektedir. Bu çalışmanın son bölümünde APS programı

ile elde edilen ve formül şeklinde bulunan denklem şekil 2.9 'da görülmektedir.

```
Function APSfunction(ByRef d() As Double) As Double
    Dim dblTemp As Double
    dblTemp = 0
    dblTemp = dblTemp + (((((d(2) - d(0)) - (d(1) + d(1)))) / (d(1))) * d(1))
    dblTemp = dblTemp + (d(0) - (((d(2) - d(0)) / ((d(1) + d(1)))) * d(1)))
    dblTemp = dblTemp + d(1)
    APSfunction = dblTemp
End Function
```

Şekil 2.8. APS programı ile elde edilen denklem

2.3. APS PROGRAMINDA BULUNAN SONUÇLARIN VİSUAL BASIC PROGRAMINDA HESAPLANMASI

Visual Basic.NET ortamı kullanarak Şekil 2.9'da görüldüğü gibi hazırlanan bir formda d(0), d(1), d(2) isimlerinde Label (etiketler), txtD0, txtD1, txtD2 isimlerinde textbox, sonuç isminde bir label ve hesapla isminde bir butondan oluşmuştur.

Şekil 2.9. Visual Basic.NET ortamında formun tasarımı

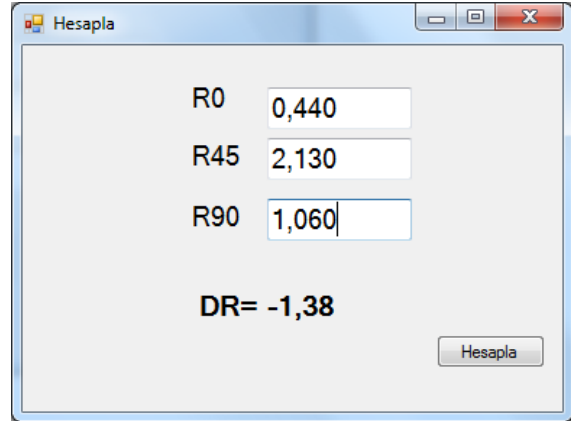
Şekil 2.10'daki gibi hazırlanan Visual Basic Formunda hesapla butonuna tıkladığı zaman txtD0, txtD1, txtD2 textboxlarına girilen değerler APS programında bulunmuş olan formülde yerine konularak hesaplama yapılmaktadır.

Public Class Form1

Private Sub btnHesapla_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As

```
System.EventArgs) Handles  
btnHesapla.Click  
    Hesapla()  
End Sub  
Private Sub Hesapla()  
    If IsNumeric(txtD0.Text) = False Or  
IsNumeric(txtD1.Text) = False Or  
IsNumeric(txtD2.Text) = False Then  
        Return  
    End If  
    Dim dblTemp As Double  
    dblTemp = 0  
    dblTemp = dblTemp +  
((((Convert.ToDouble(txtD2.Text) -  
Convert.ToDouble(txtD0.Text)) -  
(Convert.ToDouble(txtD1.Text) +  
Convert.ToDouble(txtD1.Text)))) /  
(Convert.ToDouble(txtD1.Text)) *  
Convert.ToDouble(txtD1.Text))  
    dblTemp = dblTemp +  
(Convert.ToDouble(txtD0.Text) -  
((((Convert.ToDouble(txtD2.Text) -  
Convert.ToDouble(txtD0.Text)) /  
((Convert.ToDouble(txtD1.Text) +  
Convert.ToDouble(txtD1.Text)))) *  
Convert.ToDouble(txtD1.Text)))  
    dblTemp = dblTemp +  
Convert.ToDouble(txtD1.Text)  
    lblSonucHesapla.Text = dblTemp  
End Sub  
Private Sub txtD0_TextChanged(ByVal  
sender As System.Object, ByVal e As  
System.EventArgs) Handles  
txtD0.TextChanged  
    Hesapla()  
End Sub  
  
Private Sub txtD1_TextChanged(ByVal  
sender As System.Object, ByVal e As  
System.EventArgs) Handles  
txtD1.TextChanged  
    Hesapla()  
End Sub  
  
Private Sub txtD2_TextChanged(ByVal  
sender As System.Object, ByVal e As  
System.EventArgs) Handles  
txtD2.TextChanged  
    Hesapla()
```

```
End Sub  
End Class
```



Şekil 2.10. Visual Basic.NET ortamında sonuçlarının gösterilmesi

Şekil 2.10'da da tablodaki ilk değerler olan R0 için 0.440, R45 için 2.130, R90 değeri içinde 1.060 değerleri girildiği zaman tabloda bulmamız gereken sonuç olan -1.38 bilgisayar programı tarafından hesaplanmıştır.

Sonuç olarak APS programı ile formül edilen ve %95.89 oranında doğru sonuç veren fonksiyon Visual Basic.NET programı ile hazırlanan sonuçla bire bir aynıdır.

3. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

a. Ortalama dikey Anizotropi \bar{R} değeri teknik alüminyum için 0.74 olarak literatürde yer almaktadır. Alüminyum için \bar{R} değeri 0.60 - 0.85 arasındadır ve $\bar{R} > 0.85$ olması halinde derin çekilebilirliğin iyi $\bar{R} < 0.60$ ise derin çekilebilirliğin kötü olduğu belirtilmektedir [12]. Bu çalışmada \bar{R} maksimum 1.695 ile minimum 0.613 arasındaki değerlerde olduğu gözlemlenmiştir. Literatüre göre bu değerler iyi derin çekilebilirliğin göstergesidir.

b. 300°C' den daha yüksek sıcaklıklarda tavlanan malzemelerde kulaklanmanın giderek azaldığı ve 225°C de tavlanan malzemedeki kulaklanmaya nazaran %35 lik bir iyileşmenin olduğu tespit edilmiştir. Bu da seri üretimde malzeme israfını o oranda düşürecektir. Literatürde çeşitli alüminyum

alaşımaları için verilen kulaklanma – anizotropi oranı ($\bar{R}/\Delta R$) ilişkisinin [9], deneylerde kullanılan %99 saflıktaki teknik alüminyum için geçerli olmadığı görülmüştür.

c. Deneysel veriler kullanılarak hazırlanan GİP programında %95.89 oranında doğru yaklaşımla sonuçlar tahminlenmiştir.

d. GİP programında %95.89 oranında doğru sonuç veren denklem Visual Basic programlama dili kullanılarak formül elde edilmiştir. GİP programı tarafından bulunan denklemin Visual Basic.NET kullanılarak bilgisayar programına aktarılmıştır. Buradan elde edilen sonuçlar ile deneysel sonuçlarının aynı olduğu tespit edilmiştir.

e. Bu çalışma sonucu %95,89 doğruluk oranında bulunan denklem sayesinde, tablodaki değerlerin dışında da deneysel çalışmalar yapmadan program yardımıyla aynı doğruluk oranında sonuçları bulmak mümkün olacaktır. Bu sayede hem daha az deney yapılacak hem de malzemeden ve zamandan tasarruf sağlanacaktır.

4. KAYNAKLAR

[1] ALTENPOHL, D. 1982. “Aluminium Viewed from Within, an Introduction into the Metallurg of Aluminium Fabrication”, Aluminium Verlag, Dusseldorf.

[2] ÇETİN, R.,ŞİMŞEK, A.T. 1988 “Alüminyum Soğuk Levhaların Derin Çekilmesinde Karşılaşılan Problemler ve İngot Homojenizasyonunun Bu Problemlerin Çözümüne Katkısı”, Selçuk Üniversitesi Dergisi, Konya.

[3] ÇİMENOĞLU, H., KAYALI, E.S. 1984. “Alüminyum Alaşımlarının Şekillendirilebilirliğini Etkileyen Faktörler”, II. Uluslararası Alüminyum Sanayii Kongresi, Seydişehir.

[4] DELIKANLI, K. 1992. “Soğuk Hadde Ürünü Teknik Alüminyumun Derin Çekilmesinde Tavlama Süresi ve Sıcaklığının Şekillendirilme Kabiliyetine Etkileri”, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, FBE., Konya.

[5] DELİKÜÇÜK, Y. 1989. “Al-Mn İşlem Alasimlarında Tav Parametrelerinin Derin Çekilebilirliğe Etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, FBE., Konya.

[6] DIETER, G.E. 1976. “Mechanical Metallurgy”, Mc-Graw Hill, Kogakusha Ltd, Tokyo.

[7] FALKENSTAIN, R., P. 1982, “Formability of Aluminium Sheet Alloys (II)”, Aluminium, 58, 701-709.

[8] TELCİOĞLU, T., 2007, "VERİ MADENCİLİĞİNDE GENETİK PROGRAMLAMA TEMELLİ YENİ BİR SINIFLANDIRMA YAKLAŞIMI VE UYGULAMASI." Erciyes Üniv. FBE Yüksek Lisans Tezi.

[9] HONEYCOMBE, R.W.K. 1968. “Plastic Deformation of Metals”, Edward Arnold, London.

[10] KAYALI, E.S., ENSARİ, C. 1985. “Metallerde Plastik Şekil Verme İlke ve Uygulamaları”, İTÜ Kimya-Metalurji Fakültesi Yayın No:86-1, İstanbul.

[11] ÖZTÜRK, T., ORHANER, F.O. 1988. KALAY, G.; Etial-52 Levhaların Biçimlendirilebilirliği”, 5. Metalurji Kongresi, Ankara.

[12] ROGERS,R.W., ANDERSON, W.A. 1985. “Effect of Plastic Anisotropy on Drawing Characteristics of Aluminium Alloy Sheet”, Drawing and Sheet Metal Forming, 185-188.

[13] YEGEROVA, L.S., KALINKIN, G. 1978 “Alüminyum Alaşımları”, EATGB Tercüme Yayınları No:147, 1978, Seydişehir.