



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy
2010, Volume: 5, Number: 4, Article Number: 1A0110

ENGINEERING SCIENCES

Received: August 2009

Accepted: October 2010

Series : 1A

ISSN : 1308-7231

© 2010 www.newwsa.com

Mehmet Karalı

Karabuk University

mkarali@karabuk.edu.tr

Karabuk-Turkey

POT BASKISIZ ÇOK KADEMELİ DERİN ÇEKME İŞLEMİNDE KULAKLAŞMALARIN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

ÖZET

Derin çekme işleminde özellikle 2. ve sonraki kademelerde pot çemberi kullanılması hem kırışıklığın önlenmesi hem de kulaklaşmaların asgariye indirilmesi açısından önem arz etmektedir. Ancak, şekillendirme enerjisi, kalıp maliyetleri, bir şekillendirme için harcanan zamanın fazla olması gibi faktörler de olumsuz yanlarını teşkil etmektedir. Bu çalışmada, kalın sac malzemelerin pot baskısız şekillendirilebilmesi ve kulaklaşmaya etkileri araştırılmıştır. İki mm kalınlığındaki AA-1050 alüminyum ve SAE 1040 (Ç1040) çelik levhalar kullanılarak çekme denemeleri yapılmıştır. Birinci kademeler pot baskılı sonraki kademeler ise pot baskısız olarak şekillendirilmiştir. Çekme deneyleri alüminyum malzemede beş kademe, çelik malzemede üç kademe olarak gerçekleştirilmiştir. Bir sonraki kademe şekillendirmesi yapmak için yerleştirilen kaplar, yerleştirme becerisi ile doğru orantılı olarak düzgünce şekillendirilebilmiştir. Bir miktar el becerisinin ve düzgün yerleştirmeye yardımcı olacak kalıp geometrisinin pot baskısız şekillendirmeye yardımcı olduğu gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Derin Çekme, Çok Kademeli Derin Çekme, Kulaklaşma, Pot Çemberi, Çelik Levhalar

AN EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE EARING IN MULTI-STAGE DEEP DRAWING PROCESS WITHOUT BLANK HOLDING

ABSTRACT

Deep drawing process, especially in the second and subsequent stages, Blank holding is very important both in terms of prevention of the wrinkles and minimization of the earing. However, forming energy, mold costs and to spent too much time also represents the negative side. In this study, thick sheets forming, without blank holder, and its effects on the earing is investigated. Drawing experiments is conducted by using two mm thick AA-1050 aluminum and SAE 1040 steel sheets. In the first stage blank holder is used but in the subsequent stages isn't. Aluminum sheets are formed in five stages while steels are shaped in 2 stages. The vessels which is placed for next stage can be formed properly in parallel to the placement skills. In deep drawing without blank holder, Contribution of the manuel skills and mold geometry which helps to proper placement, is observed

Keywords: Deep Drawing, Multi Stage Deep Drawing, Earing, Pot Ring, Steel Sheets

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Derin çekme işleminde pot olarak isimlendirilen işlenmemiş sac bir dişi kalıp üzerine yerleştirilmekte ve bir erkek zımba tarafından kuvvet uygulanarak kap haline getirilmektedir. Kap haline getirilen sac daha dar kalıplardan tekrar geçirilmek suretiyle çok kademeli şekillendirme yapılabilmektedir. Birinci kademe şekillendirme esnasında sacın dış çapı daralmaya zorlandığından flanş bölgesinde katlanmaya zorlanmaktadır[1]. Bu katlanmanın engellenmesi ve sacın düzgün bir şekilde kalıp içerisine doğru itilebilmesi için bir bastırıcı plaka kullanılmaktadır. Bu plakayla saca uygulanan kuvvet sacın geriye doğru akarak şekil almasını sağlamaktadır. Bastırıcı plakanın uyguladığı kuvvete bağlı olarak kapta yırtılma ya da kırışmalar görülebilmektedir. Kabin yırtılmadan ya da kırışmadan çekilebilmesi eskiden bir başarı sayılabılırdi, ancak kontrol ve üretim tekniklerinin ilerlemesiyle daha optimum bir baskının uygulanması sağlanmıştır. Bu amaçla teorik, deneysel ve sayısal tabanlı çalışmalar yürütülmüş ve kap verimini etkileyecek önemli sonuçlar ortaya çıkmıştır.

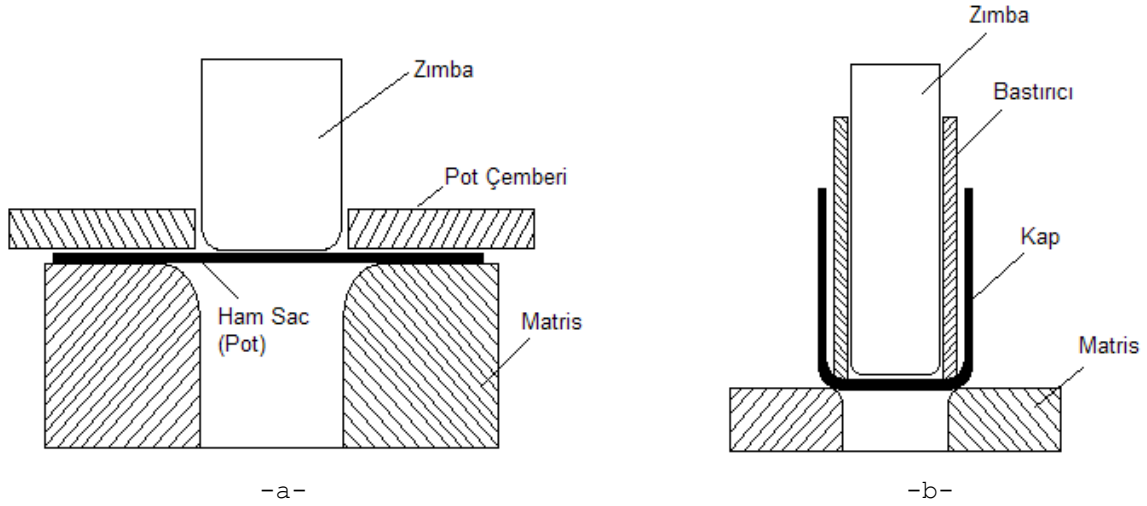
Çekme esnasında sacın dış çapı, zımba çapına doğru daraltılmaya zorlandıkça malzeme yığılması artmakta ve kırışmaların önlenmesi için daha yüksek pot baskılarına ihtiyaç duyulmaktadır[2]. Bu amaçla yapılan bazı teorik yaklaşımlar pot baskısının çekme boyunca artması gerektiğini gösterdiğinden pot çemberi bir yay veya gaz silindiri tarafından bastırılarak saca lineer değişimli bir kuvvet uygulanmaktadır. Ancak, imalat sanayinde pratik ve ucuz olması açısından pot baskısı sabit tutulmuştur ve bunun için pot çemberi olarak adlandırılan baskı plakasının konumu sabitlenmiştir.

Özellikle anizotropik malzemelerin derin çekilmesinde Şekil 1'de görüldüğü gibi bir takım şekil bozuklukları meydana gelebilmektedir [3]. Bu bozukluk malzemenin anizotropik olma özelliğine, pot baskı miktarına, pot baskısının çekme boyunca artıp azalması veya sabit oluşuna, ya da pot çemberinin kalıp yüzeyine olan baskısının homojen olmayışına bağlı olarak değişmektedir. Kulaklaşma ya da kulaklanma olarak adlandırılan bu şekil bozukluklarının malzemeden kaynaklanan kısmı göz ardı edilirse, diğer faktörlerin hepsi pot çemberi ile alakalıdır.



Şekil 1. Kulaklaşmış kap örnekleri (Al 5082 malzemesine ait)[3]
(Figure 1. Samples of vessel earing (for Al 5082))

Çok kademeli bir çekme işlemi gerçekleştirilecekse ilk kademe için kullanılacak pot çemberinin geometrisi son derece kolay ve kullanımı pratik olabilmektedir. Ancak, sonraki kademelerde yapılacak şekillendirme için tasarlanacak bir pot çemberi (ya da bir baskı aparatının) sitemdeki konumu ve işleyişi bir takım güçlükleri beraberinde getirmektedir. Bu güçlükler; Tasarımın karmaşık hale gelmesi, maliyetin artması, şekillendirme enerjisinin artması ve çalışma hızının azalması olarak sıralanabilir.



-a-
Şekil 2. Derin çekme şematik gösterimi
a)1. Kademe b) Sonraki kademeler
(Figure 2. Schematic image of deep drawing
a) First stage b) Next stages

Şekil 2-b' de bastırıcı olarak görülen eleman, zimba ile kap arasında yer almaktadır, dolayısıyla bastırıcının kalınlığı şekillendirilen kabın mevcut iç çapı ile bir sonraki kademede oluşacak iç çap arasındaki farktan daha ince yapılı olmak zorundadır. Bu kaide hem bastırıcı tasarımı zorlaştırmakta hem de iki kademe arasındaki çap farkını kısıtlamaktadır. Oysa ki bastırıcı bile kullanılsa son kademede elde edilen kabın ağız yapısında bir takım kulaklanmalar gözlenmektedir.



Şekil 3. Son kademe elde edilmiş kulaklanmış ve düzeltilmiş numuneler
(Figure 3. Uncorrected and corrected vessels obtained at last stage)

Şekillendirme işlemi bitikten sonra bu kulaklanmadan kurtulmak için kap ağzında bir düzeltme yapılmaktadır. Kulaklı ve düzeltilmiş numuneler Şekil 3'de görülmektedir. Bu çalışmayla 2. ve sonraki kademelerde bastırıcı kullanmadan çekme deneyleri yapılmıştır. Bu deneylerde 2 farklı malzeme, her malzeme için (birinci kademede) 4 farklı pot baskı miktarı ve 5 kademeli şekillendirme yapılmıştır. Her bir aşamada ise kulaklaşmaların kabul edilebilir sınırlar içerisinde olup olmadığı incelenmiştir.

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (IMPORTANCE OF STUDY)

Derin çekme proseslerinin incelenmesine yönelik literatürde oldukça geniş çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalarda, malzeme cinsi, malzeme geometrisi, kalıp geometrisi, Şekillendirme yöntemleri, çekme hızı, pot baskısı, yağlama, ısıl işlem gibi değişkenlerin çekme sonunda yada çekme esnasındaki sonuçlara etkileri araştırılmıştır. Bunlar, şekillenebilirlik, derin çekme oranı, yırtılma yada kırılma, kalınlık değişimi, bel verme ve anizotropik özellikten kaynaklanan kulaklanmalar şeklinde sıralanabilir. Bu çalışmalar içerisinde, kulaklaşmaların kalıp geometrisinden yada pot baskısı gibi çekme kriterlerinden kaynaklanan yönünün incelendiğine pek rastlanmamaktadır. Ayrıca, çalışmaların çok çok büyük bir kısmının sadece tek kademeli şekillendirme esasına göre yürütüldüğü gözlenmektedir. Ancak çok az da olsa çok kademeli şekillendirme deneylerinin yapıldığı görülmektedir. Çok kademeli şekillendirme esnasında karşılaşılan zorlukların irdelenmesine yönelik çalışmalara yok denecek kadar az rastlanabilmektedir. Bu çalışmalardan bir kısmı şu şekildedir.

Chen Chih-Yuan ve arkadaşları[4] Al/Cu bimetel malzemesinin kulaklanmaya etkilerini incelemişlerdir. Heung-Kyu Kim ve arkadaşları[5], molibden malzemenin çok kademeli şekillendirilmesinde optimizasyon çalışması yapmıştır. Se-Ho Kim ve arkadaşları[6] Kare kapların çok kademeli olarak şekillendirilebilmesi için kalıp tasarımını ele almışlardır.

Çok kademeli derin çekme işlemi ile ilgili çalışmaların genelde sonlu elemanlar yöntemiyle irdelendiği ayrıca gözlenmiştir. Bu çalışmayla hem çok kademeli bir şekillendirme hem de kulaklaşma gibi az rastlanan bir sonuç kriteri ele alınmıştır. Çalışmanın tamamen deneysel olması ise ayrıca bir önem kazandırmaktadır.

3. DENEYSEL ÇALIŞMA (EXPERIMENTAL STUDY)

Çok kademeli şekillendirme yapabilmek için Şekil 4'teki gibi bir düzenek kurulmuştur. Malzemelerin 1. Kademe şekillendirilmesi için Şekil 4-a'daki gibi bastırıcı bir plaka olan pot çemberine sahip bir düzenek kurulurken; 2. kademe şekillendirmesi için ise Şekil 4-b'deki gibi pot çemberi kaldırılmış ve bir önceki kademeye göre daha dar çaplı bir kap elde edebilecek şekilde zımba ve matris yerleştirilmiştir.



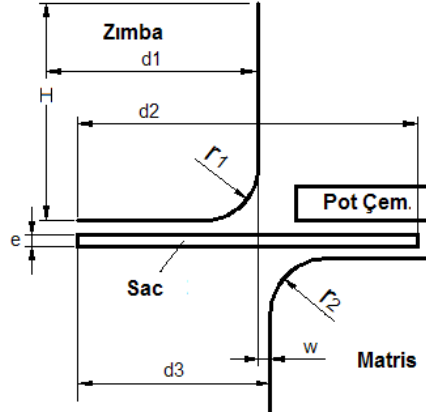
Şekil 4. Deney düzeneği
a) Birinci kademe b) Sonraki kademeler
(Figure 4. Test setup
a) First stage b) Next stages)

Numune olarak 2 mm kalınlığında ve 150 mm çapında AA-1050 ve SAE 1040 sac malzemeleri kullanılmıştır. Malzemelere ait fiziksel, mekanik ve kimyasal bileşenler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Numune çekme malzemelerinin teknik özellikleri
(Table 1. Technical properties of the drawing samples)

Fiziksel Özellikleri		Al-1050	SAE 1040			
Özgül Ağırlığı, g/mm ³		2,705x10 ⁻³	7.845x10 ⁻³			
Genişlik-kalınlık oranı (Orjin)		13.946				
Genişlik-kalınlık oranı (45°)		12.466				
Genişlik-kalınlık oranı (90°)		14.669				
Mekanik Özellikleri						
Mak. Çekme gerilmesi, MPa		76	518.8			
Akma gerilmesi, MPa		28	353.4			
Uzama %		39	30.2			
Elastikiyet Modülü, GPa		69	190-210			
Poissons oranı		0,33	0.27-0.30			
Kimyasal Bileşenleri (% ağırlık)						
Adı	Al	Fe	Si	Cu	Zn	Diğer
AA 1050	9,5	0,4	0,3	0,1	0,1	0,03
Adı	C	Mn	P	S	Fe	
SAE 1040	0.37-0.44	0.60-0.90	0.04(max)	0.05(max)	Kalan	

Şekillendirme direncini azaltmak için sacın dış yüzüne hidrolik yağ sürülmüştür. 1. kademe çekmede matris çapı pot çapına eşit olduğundan ve matris yüksekliğinin matris tutucu içerisine yerleştirildiğinde 1 mm kadar alçakta kaldığından sacın yerleştirilmesi esnasında herhangi bir merkezleme sorunu yaşanmamıştır. 2. ve sonraki kademelerde ise kabın köşesindeki ovallik matrisin köşesindeki ovallik ile örtüştüğünden yine bir merkezleme sorunu yaşanmamıştır. Çekme numuneleri 4 kademe üzerinden çekme testlerine tabi tutulmuştur. Her bir kademeye ait ölçüler Şekil 5'teki gösterime bağlı olarak Tablo 2'de verilmiştir.



Şekil 5. Derin çekme ölçülendirme sembolleri
(Figure 5. Deep Drawing Dimensioning Symbols)

Tablo 2. Derin çekme ölçüleri
(Table 2. Deep drawing dimensions)

	1. kd.	2. kd.	3. kd.	4. kd.
d1	42	34	27	21
r1	12,7	10	9	7
r2	10	8	7	6
w	2,1	2	2	2
d3	44,1	36	29	23
H	80	90	130	160
d2= 75 mm		e= 2 mm		

Çekme testleri için 60 ton basma kuvvetine sahip hidrolik bir pres kullanılmıştır. Pres tablası üzerine uygun ölçülerde imal edilen kalıplar yerleştirilmiştir. 1. kademe şekillendirmede pot çemberi bir çift hidrolik silindir tarafından bastırılmıştır. Bütün kademeler için çekme hızı 0,3 m/s olarak seçilmiştir.

4. BULGULAR VE SONUÇLAR (RESULTS AND CONCLUSIONS)

İkinci ve sonraki kademe derin çekme esnasında mevcut kap bir sonraki kademe şekillendirmesine tabi tutulmak üzere matris üzerine yerleştirilirken bir miktar el becerisi öne çıkmıştır. Çünkü kabın bir miktar eğik koyulması, zımbanın teması esnasında kabı oynatmaktadır. Zımbanın ilerleme hızına da bağlı olarak kabın konumu bozulmakta ve eğik pozisyonda şekillenmektedir. Bu eğiklik miktarına bağlı olarak Şekil 6'da görüldüğü gibi çekme sonunda bazı kap kenarlarında kulaklanmalar ortaya çıkabilmektedir.



-a-
Şekil 6. 2. Kademe şekillendirmede numuneleri
a) AA-1050 b) SAE 1040
(Figure 6. Forming samples of second stage
a) AA-1050 b) SAE 1040)

İkinci kademe sonunda elde edilen kap 3. kademe şekillendirmesi için tekrar yerleştirilirken el becerisine bağlı olarak kulaklaşmanın tekrar artmasına sebep olacak şekilde yerleştirme hatası yapılabilmektedir, ya da kulaklaşmanın fazla olduğu kısım yönünde küçük bir eğimle yerleştirildiğinde bir miktar düzeltme sağlanabilmektedir. Şekil 7.



-a-
Şekil 7. 3. Kademe şekillendirmede numuneleri
a) AA-1050 b) SAE 1040
(Figure 7. Forming samples of third stage
a) AA-1050 b) SAE 1040)

Al-1050 malzeme ile yapılan şekillendirmelerde 4 kademe SAE 1040 malzemesinde ise 3 kademe şekillendirilme yapılabilmektedir. Alüminyum kaplar 5. kademe şekillendirmeye de fırsat vermiştir. Ancak, Deney düzeneğinin fiziki özellikleri 5. kademe sonunda elde edilen kapların sağlıklı bir şekilde kalıp içerisinden çıkartılmasına müsaade etmediğinden ilk dört kademelerin verileri incelenmiştir. SAE 1040 malzemesi ise 3. kademe de yırtılmaya başlamıştır. Ancak çekme hızının azaltılması ve başlangıçtaki

pot baskısının düşük tutulmasıyla 3. kademe şekillendirmesi kusursuz olarak yapılabilmektedir.



-a-

-b-

Şekil 8. Kademe kademe çekme sonuçları

a) AA-1050 b) SAE 1040

(Figure 8. Drawing results stage by stage

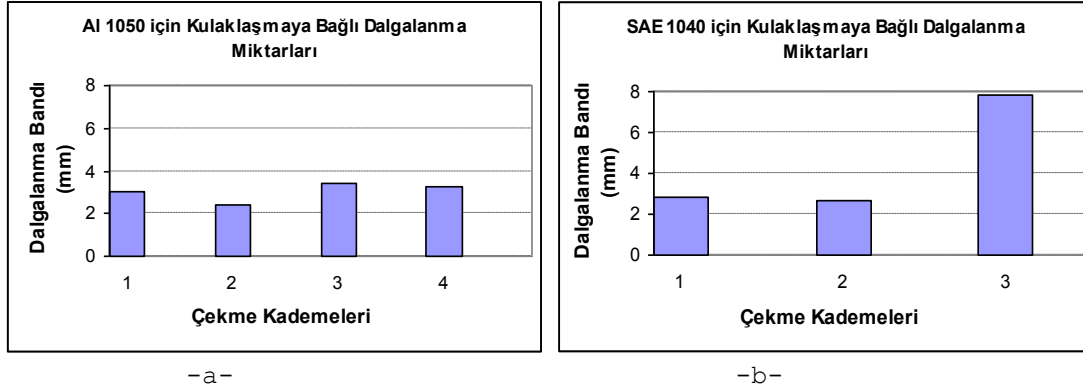
a) AA-1050 b) SAE 1040)

Her bir kabın kulaklaşmadan kaynaklanan şekil bozukluklarının grafiksel olarak incelenebilmesi için, kap yükseklikleri her bir kap için 30 derece aralıkla 12 farklı noktadan ölçülmüştür. Elde edilen 12 adet yükseklik verisinden en büyüğü ile en küçüğü arasındaki fark "Dalgalanma Bandı" olarak ifade edilmiştir. Tablo 3'te görüldüğü gibi her bir çekme 8kademeden seçilen 3 adet numunenin dalgalanma bandı tespit edilmiştir. Her 3 numune için hesaplanan dalgalanma bandı miktarlarının ortalaması alınarak "Ortalama Dalgalanma Bandı" tespit edilmiştir ve Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3. Numunelere ve çekme kademelerine göre kulaklanma miktarları
(Table 3. Ear amounts for samples and drawing stages)

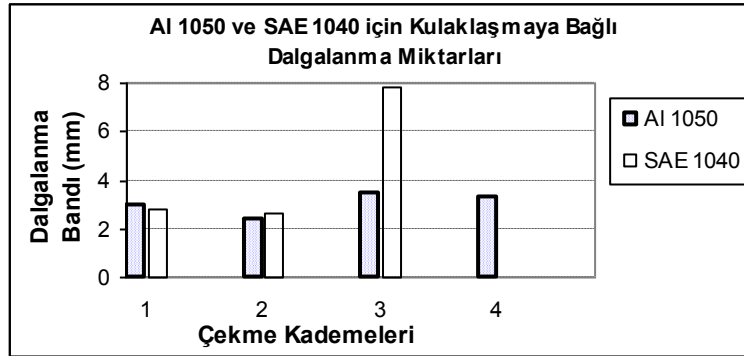
Malzeme	Kademeler	Numune	En Düşük Yükseklik	En Büyük Yükseklik	Dalgalanma Bandı	Ort. Dal. Bandı
AL 1050	1	N1	48,1	52,1	4	3
		N2	48,4	49,2	0,8	
		N3	48,3	52,5	4,2	
	2	N1	71,8	74,4	2,6	2,4
		N2	69,3	71,2	1,9	
		N3	68,8	71,5	2,7	
	3	N1	92,6	95,5	2,9	3,4
		N2	93	96,2	3,2	
		N3	93,9	98,1	4,2	
	4	N1	128,1	133	4,9	3,3
		N2	125,4	129,3	3,9	
		N3	128,8	129,8	1	
SAE 1040	1	N1	48,2	52,5	4,3	2,8
		N2	48,4	50,9	2,5	
		N3	49,8	51,4	1,6	
	2	N1	70,2	72,1	1,9	2,6
		N2	69,1	71	1,9	
		N3	70,1	74,2	4,1	
	3	N1	92	102,2	10,2	7,8
		N2	93,1	98,5	5,4	

Elde edilen sayısal değerlerin daha görsel hale getirilebilmesi için Şekil 9'da kademe bazında dalgalanma miktarlarının grafiksel gösterimi verilmiştir.



Şekil 9. Her kademe de kulaklanmadan kaynaklanan dalgalanma miktarları
a) AA-1050 b) SAE 1040
(Figure 9. Amounts of fluctuate for each stage caused by earing)
a) AA-1050 b) SAE 1040

Al-1050 ve SAE 1040 sac malzemelerinden elde edilen kapların ağız kısmındaki kulaklanmadan kaynaklanan dalgalanma miktarlarının numune bazındaki ortalamaları her bir kademe için karşılaştırmalı olarak görülebilmesi için Şekil 10'daki grafik çizilmiştir.



Şekil 10. Her kademe de kulaklanmadan kaynaklanan dalgalanma miktarlarının karşılaştırılması
(Figure 10. Comparison of fluctuate amounts for each stage caused by earing)

Her iki malzeme için de kulaklanma miktarları kademelerin ilerlemesine bağlı olarak artma yada azalma göstermemektedir. Ayrıca malzemeye bağlı olarak ta artış yada azalış söz konusu değildir. Ancak 3 kademe olarak şekillendirilebilen çelik malzemenin ilk üç kademe sonucu alüminyum ile karşılaştırıldığında dikkate değer sonuçlar gözlenmektedir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER (CONCLUSION and RECOMMENDATIONS) Yapılan deneysel çalışmanın kulaklaşma açısından sonuçları irdelenecek olursa şu hususlar öne çıkmaktadır.

- Çelik malzemenin son kademesi hariç her iki malzeme için bütün çekme kademelerinde kulaklanma miktarını ifade eden dalgalanma badi 2,4-3 mm arasında seyretmektedir. Bu sonucun literatürde yer alan diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında büyük olmaması olumlu bir sonuçtur.

- Her kademedeki kulaklanma miktarları artan yaza azalan olarak gerçekleşmemiştir. Dolayısıyla pot baskısının yapılan şekillendirmelerde kademeler arttıkça kulaklanmanın artacağı yada azalacağı gibi bir sonuç çıkmamaktadır.
- Çelik malzemenin 3. kademe şekillendirilmesinde numunelerin büyük çoğunluğunda yırtılma, çatlama gibi sonuçlarla karşılaşmıştır. Düzgün şekillenebilen 2 adet numunede görülen 7,8 mm lik kulaklanma bant genişliğinin çekme parametrelerinin değiştirilmesinden ve malzeme özelliklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.
- Ulaşılan çekme derinliklerinin beklenenden ve hesaplanandan az olmaması şekillendirme kriterlerinin doğru olarak tayin edildiğini göstermektedir.
- 2. ve sonraki kademeler için bastırıcı bir plaka kullanmadan yapılan çok kademeli şekillendirme esnasında anormal bir durumun ortaya çıkmaması kalın sac malzemelerin baskı plakasız şekillenebileceğine dair bir örnek teşkil etmektedir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Marciniak, Z., Duncan, J.L., and Hu, S.J., (2002). "Mechanics of Sheet Metal Forming", Second edition, Published by Butterworth-Heinemann.
2. Karalı, M., (2005) "Derin Sac Çekme İşleminde Pot Çemberi Baskısının Cidar Kalınlığı Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi", Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
3. Khaleel, M.A., Johnson, K.I., and Smith, M.T., (1997). "On the Thinning Profiles in Super Plastic Forming of a Modified 5083 Aluminum Alloy", Materials Science Forum, Vol. 243-245, 739-744.
4. Chen, C.Y., Kuo, J.C., Chen, H.L., and Hwang, W.S., (2006) "Experimental Investigation on Earing Behavior of Aluminum/Copper Bimetal Sheet", Materials Transactions, Vol. 47-56, 2434-2443.
5. Heung-Kyu, K. and Seok Kwan, H., (2007) "FEM-based optimum design of multi-stage deep drawing process of molybdenum sheet", Journal of Materials Processing Technology, Vol. 184, 354-362
6. Se-Ho, K., Seung-Ho, K., and Hoon, H., (2002). "Tool design in a multi-stage drawing and ironing process of a rectangular cup with a large aspect ratio using finite element analysis", International Journal of Machine Tools and Manufacture, Volume 42, Issue 7, May 2002, Pages 863-875
7. Hosford, W.F. and Caddell, R.M., (1983). "Metal Forming Mechanics and Metallurgy", University of Michigan, U.S.A.