

# HAVA ETKİLİ BASKI PLAKASININ DERİN ÇEKME İŞLEMLERİNE ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

**Muammer GAVAS\* ve Atakan UĞRAŞ**

Dumlupınar Üniversitesi, Simav Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü, 43500 Simav/Kütahya,  
Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı, 43100 Kütahya,  
[mgavas@dumlupinar.edu.tr](mailto:mgavas@dumlupinar.edu.tr), [a\\_ugras@hotmail.com](mailto:a_ugras@hotmail.com)

(Geliş/Received: 09.02.2010; Kabul/Accepted: 12.05.2010)

## ÖZET

Derin çekme işlemi ile düz sac levhadan farklı geometrilerde özdeş ve dikişsiz kaplar üretilmektedir. Sac levha derin çekme esnasında zımbanın etkisiyle kalıp boşluğuna akarken buruşmaya ve kopmaya zorlanır. Buruşmaya zorlanan sac levha kalınlaşır ve baskı plakası ile kalıp arasında sürtünmenin artmasına sebep olur. Buruşmaları ve kopmaları engellemek ve daha derin kaplar çekebilmek için çeşitli tiplerde baskı plakaları kullanılmaktadır. Sanayide ve deneysel çalışmaların çoğunda kalıp boşluğuna metal akışını kontrol etmek için hassas yüzey işlemlerine tabi tutulmuş “Düz Yüzeyle Baskı Plakaları (DYBP)” kullanılmaktadır. Bu işlemlerde sürtünmenin azaltılması için kalıp-sac levha-baskı plakası ara yüzeylerinde yağlama işlemi de yapılmaktadır. Yapılan bu çalışmada, deneylerde kullanılmak üzere hava etkili baskı plakası (HEBP) tasarlanmış ve imal edilmiştir. Yeni geliştirilen bu hava etkili baskı plakasının derin çekmeye etkileri deneysel olarak incelenmiş ve düz yüzeyle baskı plakası ile kıyaslanmıştır. 1 mm kalınlığındaki Al-1050 alaşımli alüminyum malzemeden silindirik kapların derin çekilmesinde, HEBP kullanılarak DYBP’ na nazaran daha derin kapların çekilebildiği tespit edilmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Derin Çekme; baskı plakası; sac şekillendirme; Al-1050

## EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF INFLUENCE AIR EFFECTED BLANK HOLDER IN DEEP DRAWING PROCESSES

### ABSTRACT

With the deep drawing process, identical and seamless cups have been produced from flat sheet metal. Sheet metal has been forced to wrinkle and fracture while flowing to die cavity. During this time it becomes thicker and this causes to increase friction between die surface and blank holder. Various types blank holders have been used to prevent wrinkling and fracture and to obtain deeper cups. In industry and experimental studies, flat surfaced blank holders (FSBH) having a smooth surface have been used to control metal flow to the die cavity. Lubrication has been made among die-sheet metal and blank holder to reduce friction in deep drawing processes. In this study, air effected blank holder (AEBH) has been designed and manufactured to use in experiments. Effect of newly developed blank holder on deep drawing process has been investigated experimentally and compared with flat surfaced blank holder. With the use of AEBH and 1 mm thickness of Al-1050 aluminum alloy blanks, deeper cups have been obtained when compared with FSBH in deep drawing of cylindrical cups.

**Key words:** Deep drawing; blank holder; sheet metal forming; Al-1050

### 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Sac şekillendirme yöntemlerinden biri olan derin çekme, endüstride yaygın kullanım alanına sahiptir. Bu yöntemde sac malzemenin şeklini aldığı bir kalıp, sacı kalıp içerisine doğru akmaya zorlayan zımba ve

bu akışı kontrol eden bir baskı plakası kullanılmaktadır. Zımba ve kalıp kavisleri, zımba-kalıp boşluğu, kalıp ağzı profilleri, çekme hızı ve yağlama şartları derin çekme işlemi etkileyen parametrelerdir. Sac metalleri şekillendirme limitleri

çekme oranı limiti (ÇOL) ile belirlenmektedir. ÇOL, bir sac metal için kopmadan/yırılmadan çekilebilen maksimum büyüklükteki taslak malzeme çapının zımba çapına oranını ifade eder. Sac malzemenin buruşmadan ve kopmadan kalıp yatağına akışını çekme yatağı, baskı plakası kuvveti, baskı plakası boşluğu (BPB) yöntemi ve diğer özel yöntemler ile kontrol etmek mümkündür. BPB yöntemi kalıp ile baskı plakası arasındaki sabit mesafe olarak tanımlanmaktadır. Bu çalışmada BPB yöntemi kullanılmıştır.

Zımba sac malzemeyi kalıp yatağına doğru akmaya zorlarken, sacın kalıp üzerinde kalan flanş kısmında buruşmalar meydana gelir. Bu buruşmaları ve sac yüzeyindeki kusurları en aza indirmek için derin çekme işleminde baskı plakası kullanılır. Kalıp ile baskı plakası arasında kalan sac levha, zımbanın etkisiyle kalıp yatağına akarken, kalınlaşmaya ve buruşmaya zorlanır. Kalınlaşan sac levha ile baskı plakası arasında sürtünme artar. Sürtünme neticesinde sac levha üzerindeki gerilmeler kritik sınırları aşarsa, sac levha kopar ve derin çekme işlemi başarısız olur. Endüstride ve deneysel çalışmalarda sertleştirilmiş ve taşlanmış yüksek yüzey kalitesi değerlerine sahip düz yüzeyli baskı plakaları kullanılmaktadır. Aynı zamanda malzeme akışını kolaylaştırmak ve sürtünmeyi azaltmak amacıyla kalıp-taslak malzeme ve taslak malzeme-baskı plakası arası yağlanmaktadır.

Literatürde derin çekme ile sac şekillendirmede çok değişik şekillerde tasarlanan baskı plakalarının derin çekmeye etkileri ile ilgili birçok araştırma yapılmıştır. Yoshira ve arkadaşları yaptıkları iki çalışmayla kontrollü deneyler yaparak sürtünme kuvvetlerinin, yağlamanın ve baskı plakasının derin çekmeye etkisini araştırmışlardır. Çalışmalarının sonucunda silindirik kapların imalatında baskı plakası kuvvetinin değişken olmasının gerekliliğini vurgulamışlardır [1,2]. Mattiason, endüstride sac metal şekillendirme işlemlerinin sonlu elemanlarla simülasyonu konusundaki yaptığı çalışmayla; son yıllarda sacların şekillendirilmesi işleminin simülasyonu için nümerik işlemlerin kullanımında büyük gelişmeler olduğundan bahisle, özellikle otomotiv endüstrisinde gerçek bir uygulama alanı bulduğuna dikkat çekmiştir [3]. Gunnarsson ve Schedin [4] birden fazla yönde eğimli yüzeylere sahip olan otomobil kaporta parçalarının şekillendirilmesi ile ilgili yaptıkları bir çalışmada, değişken baskı plakası kuvveti kullanarak geri sıçramayı önemli ölçüde azaltıp çökme direncini ise önemli ölçüde arttırmışlardır. Bunu, çekme işleminin başlangıcında yüksek baskı plakası kuvveti kullanarak, kurs sonlarına doğru ise bu kuvveti aniden azaltarak başarmışlardır. Doege ve Sommer [5]

simetrik olmayan parçaların derin çekilmesinde rijit baskı plakası yerine elastik baskı plakası ve bu plakaya etki eden basınç çubukları kullanarak parçanın flanş kısmında daha eşit dağılımlı temas noktaları ve baskı oluşturmuşlardır. Doege ve Stock [6] yaptıkları bir çalışmada, elastik baskı plakası ile yer ve kursa göre değişen baskı plakası kuvvetini birleştirerek yeni bir yöntem geliştirmişler ve bu yöntemin çekilen parçaların buruşmasının ve yırtılmasının önlenmesinde etkili olduğunu belirtmişlerdir. Rijit baskı plakası ile esnek baskı plakası arasında bir yere sahip olan parçalı baskı plakaları ile ilgili bir çalışmayı ise Wang ve Majlessi gerçekleştirmiştir. Onlar, parça geometrisine bağlı olarak baskı plakasının parçalarında farklı baskı kuvvetleri kullanarak kare parçaları kusursuz ve sağlam olarak derin çekmeyi başarmışlardır [7]. Diğer birçok çalışmada da [8-11] lokal değişken baskı plakası kuvveti uygulanarak bu değişken kuvvetlerin parçanın şekillendirilmesine etkileri incelenmiştir. Gavas ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmalarda ise çok noktalı baskı plakası [12], helisel yaylı baskı plakası [13] ve ABS (Anti-lock Braking System) sistemli baskı plakası [14] kullanılarak düz baskı plakasına nazaran daha derin kaplar çekilmiştir.

Bu çalışmada ise, taslak malzeme-baskı plakası arasındaki sürtünmenin azaltılarak malzeme akışının kolaylaştırılması ve böylece daha derin veya çekme oranı limiti daha yüksek parçaların derin çekme yoluyla elde edilmesi amacıyla yeni bir baskı plakası tasarlanmış ve imal edilmiştir. Yeni geliştirilen bu hava etkili baskı plakasının düz yüzeyli baskı plakasından farkı, üzerinde hava deliklerinin bulunması, bu hava deliklerinin içerisine çelik bilyelerin yerleştirilebilmesi, hava deliklerinden çekme işlemi esnasında taslak malzeme-baskı plakası arasında basınçlı hava verilebilmesi ve taslak malzemenin deliklerden geçişinin hemen sonrasında bu deliklerin bilyeler tarafından kapatılmasıdır. Ayrıca bu deliklerde hava yerine sürtünmeyi azaltıcı basınçlı sıvı da kullanılabilir. Geliştirilen HEBP ve DYBP ile deneysel çalışmalar yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Deneylerde 1 mm kalınlığındaki Al-1050 alaşımli alüminyum malzemeden silindirik kaplar derin çekilerek elde edilmiştir.

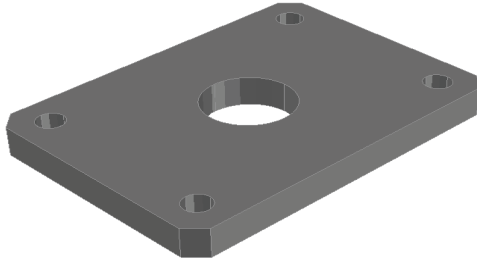
Yapılan çalışmalarda DYBP ile maksimum 93 mm çapındaki taslak malzeme kopmadan derin çekilmiştir. HEBP'nin bilyeli uygulaması ile 94 mm çapında, bilyesiz uygulaması ile 96 mm çapında taslak malzeme kopmadan derin çekilebilmiştir. Böylece geliştirilen HEBP'nin derin çekme işlemlerinde etkili olduğu görülmüştür. Ayrıca derin çekilen kapların yüzey kaliteleri ve duvar kalınlıkları incelenmiştir.

## 2. BASKI PLAKALARININ ÖZELLİKLERİ (PROPERTIES OF BLANK HOLDERS)

Deneysel çalışmalarda kullanılan baskı plakalarının önce katı modelleri, daha sonra her bir parçanın yapım resimleri hazırlanmıştır. Katı modellerin oluşturulmasında ve yapım resimlerinin hazırlanmasında bilgisayar destekli tasarım programlarından biri olan Autocad 2009'dan yararlanılmıştır. Üretim koşulları altında parçalar üzerinde yapılan değişiklikler dikkate alınmış ve yapım resimleri ile katı modeller revize edilmiştir. Baskı plakası malzemesi olarak Ç1.2080 kalitesinde çelik kullanılmıştır. İmalatlar CNC dik işleme merkezinde yapılmıştır. Baskı plakaları 44 HRC değerinde sertleştirilmiştir. Son işlem olarak taslak malzemeye temas eden yüzeyleri taşlanmıştır.

### 2.1 Düz Yüzeyle Baskı Plakası (Flat Surfaced Blank Holder)

Sertleştirilmiş ve taşlanmış yüksek yüzey kalitesi değerlerine sahip düz baskı plakaları sanayide ve deneysel çalışmaların çoğunda kullanılmaktadır. Şekil 1'de düz baskı plakasının katı model görünüşü verilmiştir.



Şekil 1. Düz baskı plakasının katı model görünüşü (Solid view of flat surfaced blank holder)

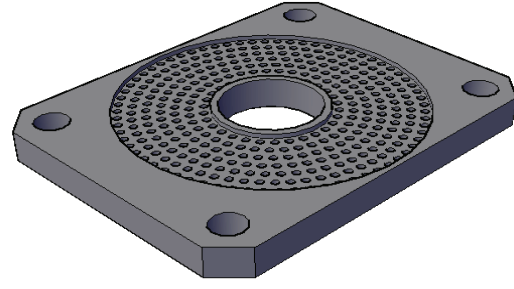
### 2.2 Hava Etkili Baskı Plakası (Air Effected Blank Holder)

Sürtünmeyi azaltmak amacıyla HEBP'nin yüzeyine imalat imkânlarının elverdiği sıklıkta 4 mm çapında havşalı delikler delinmiştir. Şekil 2'de HEBP'nin katı model görünüşü görülmektedir.

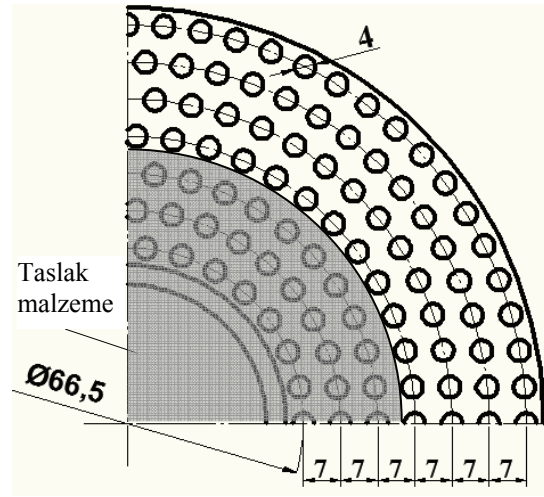
Delik merkezinden geçen dairesel eksenler arasındaki mesafe 7 mm olarak belirlenmiştir. Şekil 3'te deliklerin HEBP'nin üzerindeki konumu ve merkezleri arasındaki mesafeler gösterilmiştir.

Tasarım sürecinde; deliklerin yerleştirileceği daire eksenlerinin çevre uzunlukları hesaplanmıştır. Her eksenin çevre uzunluğu delikler arasındaki mesafeye bölünerek HEBP'ndeki delik sayıları bulunmuştur.

Eksen çapları ve her eksende bulunan 4 mm çapındaki delik sayısı Tablo 1'de gösterilmiştir. Eksen çapları



Şekil 2. Hava etkili baskı plakasının katı model görünüşü (Solid view of air effected blank holder)



Şekil 3. Hava etkili baskı plakasının taslak malzeme ile örtüştüğü alan (The area of air effected blank holder overlapping with blank)

Tablo 1. HEBP üzerindeki deliklerin eksenlere göre dağılımı (Dispersion of the holes on air effected blank holder according to the axes)

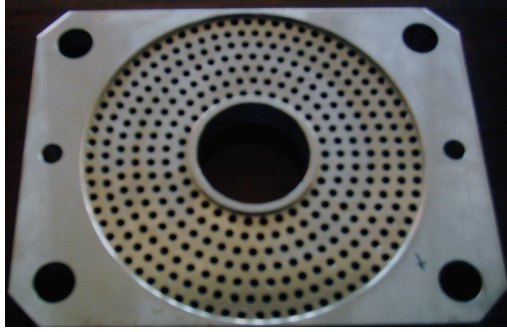
	Daire eksenlerinin		4 mm'lik delik adedi
	Çapları (mm)	Çevre uzunlukları (mm)	
1.	66,5	208,81	30
2.	80,5	252,77	37
3.	94,5	296,73	43
4.	108,5	340,69	49
5.	122,5	384,65	55
6.	136,5	428,61	62
7.	150,5	472,57	68
Toplam delik sayısı:			344

büyükçe delik sayıları da artmaktadır. Delik sayılarının hesaplanmasında çıkan ondalıklı değerler, üst tam sayı değerleri olarak alınmıştır.

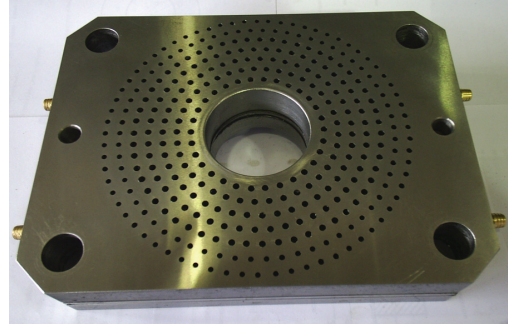
HEBP' nin bilyesiz uygulamasında, vidalı kompresörden elde edilen basınçlı hava doğrudan deliklerden geçerek alüminyum sac levha üzerine verilmiştir. HEBP' nin üst ve alt görünüşleri Şekil 4'te gösterilmiştir.

Sac malzemeye temas eden deliklerde bilyeler yukarıya doğru kalkarak basınçlı hava akışını sağlamakta, sac akışının bittiği yerlerde ise bilyeler aşağıya inerek delikleri kapatmaktadır. Bilyelerin delikleri kapatması sayesinde; sac levhanın HEBP ile kalıp arasında kalan flanş kısmı azaldıkça, hava basıncı artmaktadır.

Delik profili bilyenin baskı plakası içerisinde kalmasını sağlayacak şekilde, delik bitiminde havşa



(a)

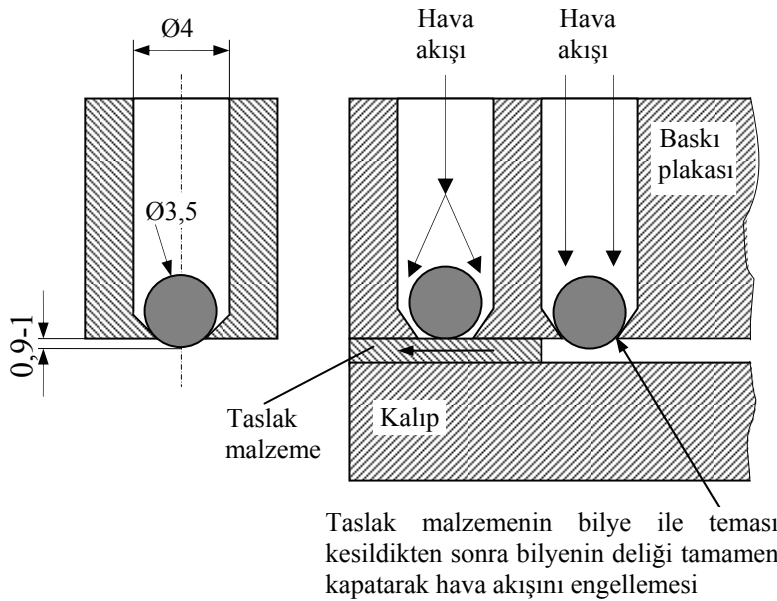


(b)

**Şekil 4.** Hava etkili baskı plakasının görünüşleri, (a) üst görünüş, (b) alt görünüş  
(Views of air effected blank holder, (a) top view, (b) bottom view)

HEBP' nin üzerine 344 adet, 4 mm çaplı havşalı hava deliği açılmıştır. Deneysel çalışmaların bir bölümünde hava basıncını kontrol altına almak için deliklerin içerisine 3,5 mm çaplı çelik bilyeler yerleştirilmiştir.

bırakılarak oluşturulmuştur. Baskı plakası serbest haldeyken bilyeler 0,9 – 1 mm dışarı çıkmaktadır. 3,5 mm çapındaki çelik bilyenin delik içerisindeki konumları Şekil 5'te gösterilmiştir.



**Şekil 5.** Çelik bilyenin delik içerisindeki konumları (Positions of the steel ball in hole)

### 3. MALZEME ve METOT (MATERIAL AND METHOD)

#### 3.1 Malzeme (Material)

Deneylerde sac malzeme olarak  $1^{+0.013}_0$  mm kalınlığında ve toleransında Al-1050 alaşımlı alüminyum sac kullanılmıştır. Bu sacın mekanik özellikleri Tablo 2’de verilmiştir. Deneylerde, hazırlanışları daha kolay, ölçü tamlığı daha iyi olarak elde edilebilen ve kalıba daha hatasız olarak yerleştirilebilen dairesel taslak malzemeler kullanılmıştır.

Deneylerde 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101 mm çaplarında taslak malzemeler kullanılmıştır. Sac malzemelerdeki şekil bozuklukları ve çapaklar, malzeme akışını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle taslak malzemeler hassas şekilde tornalanmış ve çapakları alınmıştır.

**Tablo 2.** Al-1050 alaşımlı alüminyum sacın mekanik özellikleri [15] (Mechanical properties of Al-1050 aluminum alloy sheet)

Numunenin hadde yönüne göre kesilme açısı	Çekme özellikleri		
	Akma gerilmesi (kg/mm <sup>2</sup> )	Çekme gerilmesi (kg/mm <sup>2</sup> )	Üniform uzama
0°	11,72	12,84	0,020
45°	12,57	13,56	0,019
90°	12,95	13,84	0,017

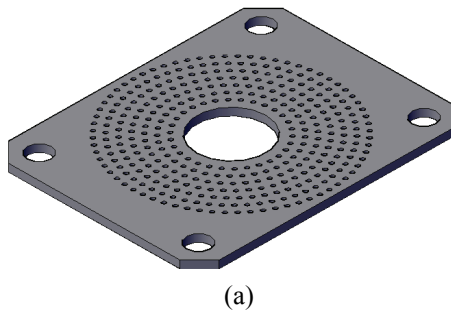
Şekillendirebilirlik parametreleri				
k	n	r	r <sub>m</sub>	Δr
16,8	0,065	0,67		
17,5	0,060	0,45	0,58	0,25
17,6	0,056	0,73		

kazan basıncına ulaşabilen vidalı bir kompresörden temin edilmiştir. Kompresörün ürettiği basınçlı hava 1/4 inç’ lik 806 cm uzunluğundaki bir hortumla baskı plakasına alınmıştır. Kalıba ısıl işlem uygulanmış ve sertliği 58 HRc olarak ölçülmüştür. Kalıp sertleştirildikten ve taşlandıktan sonra taslak malzemenin kalıp boşluğuna akış yönüne paralel olarak son yüzey işlemine tabi tutulmuştur.

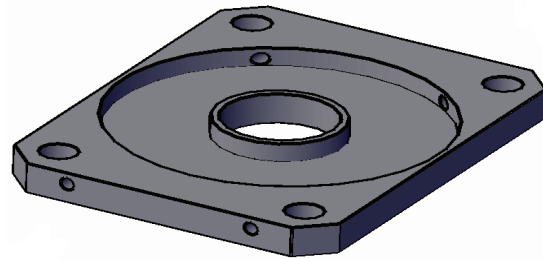
HEBP’ nin tasarımında, hava basıncını taslak malzeme üzerine aktarmak için yardımcı parçalar da tasarlanmıştır. Bunlar ara kapak ve üst kapaktır. Ara kapak, hava basıncının etkisiyle bilyelerin baskı plakasındaki deliklerinden çıkmasını sağlar. Üst kapak ise baskı plakası üzerinde bir hava odacığı oluşturur. Şekil 6’da HEBP üzerine monte edilen ara kapak ve üst kapağın resimleri görülmektedir. Kompresör yardımıyla üretilen hava hortumlardan gelerek hava girişleri yardımıyla üst kapaktaki hava odacığından ve ara parçadan geçerek HEBP üzerinde bulunan 4 mm’ lik delikler içerisine dolar. Homojen etkimenin sağlanması için hava akışı HEBP’ na dört ayrı yerden verilmiştir. Şekil 7’de HEBP ile diğer yardımcı parçaların monte edilmiş şekli ve hava giriş bağlantıları görülmektedir.

HEBP kullanılarak yapılan deneysel çalışmalarda, taslak malzemeye 110 adet 4 mm çapındaki hava deliği temas etmektedir. Şekil 8’de deneylerin birinci aşamasında kullanılan HEBP’ nin bilyesiz uygulaması ve kullanılan kalıp geometrisi gösterilmiştir.

Deneylerin ikinci aşamasında HEBP’ nin içerisine 3,5 mm çaplı çelik bilyeler yerleştirilmiştir. Şekil 9’da deneylerin ikinci aşamasında kullanılan HEBP’ nin bilyeli uygulaması ve kullanılan kalıp geometrisi gösterilmiştir.



(a)



(b)

**Şekil 6.** (a) Ara kapak ve (b) üst kapağın katı model görünüşü (Solid view of (a) intermediate plate, (b) top plate)

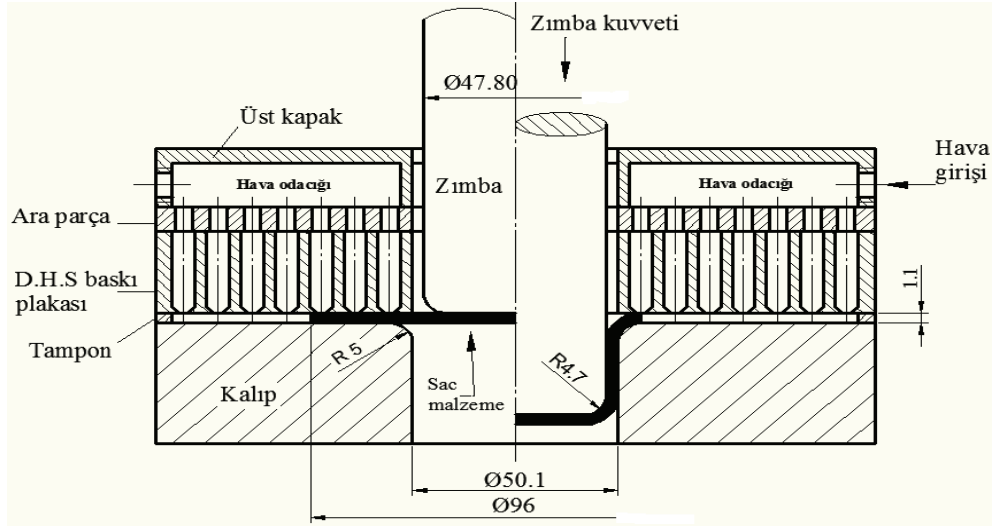
#### 3.2 Deneysel Ekipmanları (Experimental Apparatus)

Deneyler 80 tonluk tek etkili bir hidrolik preste gerçekleştirilmiştir. Basınçlı hava, maksimum 16 bar

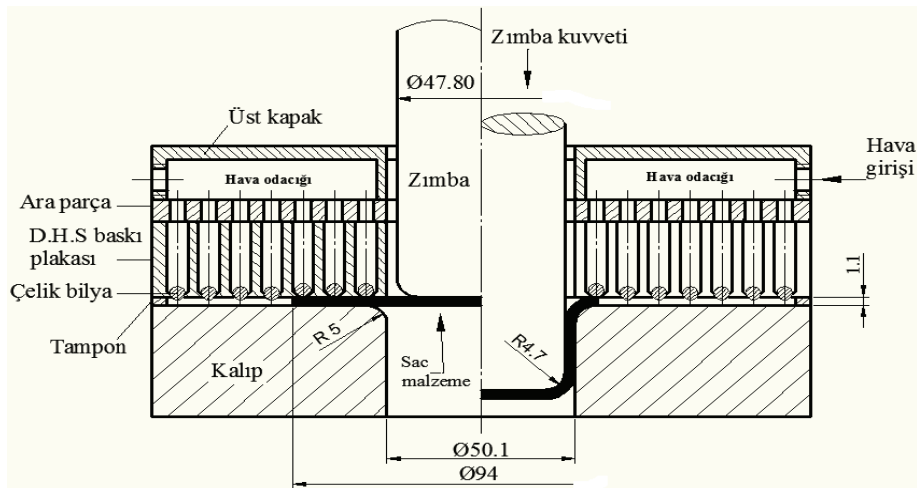
Şekil 10’da deneylerin üçüncü aşamasında kullanılan düz yüzeyli baskı plakası ve kullanılan kalıp geometrisi gösterilmiştir.



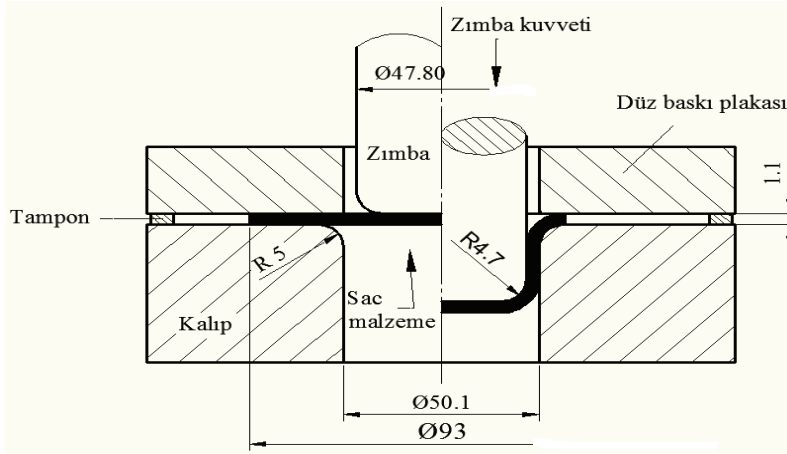
**Şekil 7.** HEBP' nin üst kapak, ara kapak ve hava giriş bağlantıları ile montajlı durumu  
(Assembly of air effected blank holder with intermediate plate, top plate and air entrance connections)



**Şekil 8.** Hava etkili bilyesiz baskı plakalı kalıp geometrisi (Die geometry of air effected blank holder without ball)



**Şekil 9.** Hava etkili bilyeli baskı plakalı kalıp geometrisi (Die geometry of air effected blank holder with ball)



Şekil 10. Düz yüzepli baskı plakalı kalıp geometrisi (Die geometry of flat surfaced blank holder)

#### 4. DENEYLER (EXPERIMENTS)

Deneylerin yapılmasında 1,1 mm baskı plakası boşluğu kullanılmıştır. Çekme hızı 2 mm/sn olarak belirlenmiştir. Derin çekme işleminden önce kalıbın üstü ve baskı plakasının altı 68 numaralı mobil yağı ile yağlanmış ve 12 bar basıncında hava kullanılmıştır. Deneysel çalışmalara önce HEBP' nin bilyesiz uygulaması ile başlanmıştır. Başarılı olan taslak malzeme çapı ve kopan malzeme çapları belirlenmiştir. Taslak malzeme çapı 96 mm olan deney numunesi derin çekilmiştir. Taslak malzeme çapı 97 mm olan deney numunesi ise kopmuştur. Deneylerin ikinci aşamasında HEBP' nin içerisinde çelik bilyeler ilave edilmiştir. Taslak malzeme çapı 94 mm olan deney numunesi derin çekilmiştir. Taslak malzeme çapı 95 mm olan deney numunesi kopmuştur. Bu çalışmada ulaşılan verileri incelemek amacıyla düz baskı plakası ile deneylere başlanmıştır. Taslak malzeme çapı 93 mm olan deney numunesi derin çekilmiştir. Taslak malzeme çapı 94 mm olan

deney numunesi kopmuştur. Elde edilen verilerin güvenilirliğini sağlamak için her taslak malzeme çapında yapılan deneyler en az 3 defa tekrarlanmıştır.

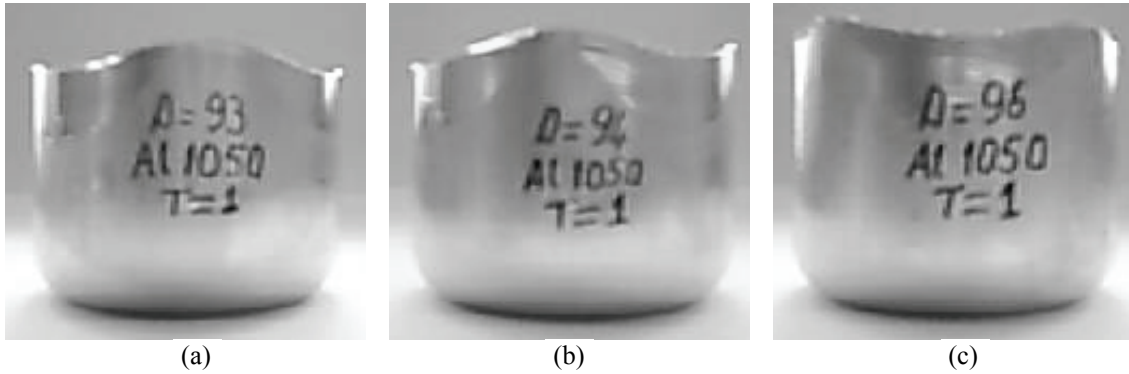
#### 5. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA (EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSION)

##### 5.1 Maksimum Çekme Oranı Limiti (Maximum Limiting Drawing Ratio)

HEBP' nin bilyesiz uygulamasında maksimum 96 mm çapındaki taslak malzeme, bilyeli uygulamasında ise maksimum 94 mm çapındaki taslak malzeme kopmadan derin çekilebilmiştir. DYBP ile 93 mm çapındaki taslak malzeme kopmadan derin çekilebilmiştir. Şekil 11'de deneysel çalışmalarda kopmadan derin çekilen kaplar görülmektedir. Çekilen kapların çekme oranı limitleri aşağıdaki formülden hesaplanabilir. Çekme oranı limiti

$$(\text{ÇOL}) = \frac{D_{tm}}{d_z} \quad (1)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Bu ifadede  $D_{tm}$  derin

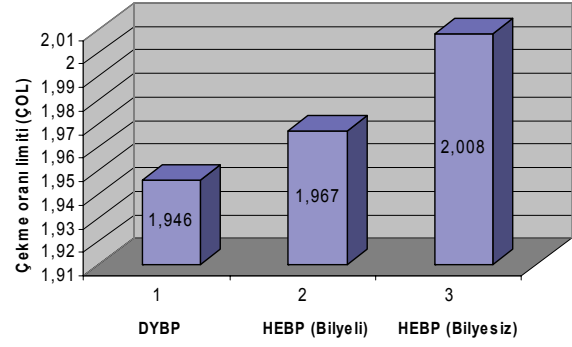


Şekil 11. (a) DYBP kullanılarak derin çekilen parça, (b) HEBP' nin bilyeli uygulaması ile derin çekilen parça, (c) HEBP' nin bilyesiz uygulaması ile derin çekilen parça (a) Cup obtained by using flat surfaced blank holder, (b) cup obtained by using air effected blank holder with ball, (c) cup obtained by using air effected blank holder without ball)

çekilebilen maksimum taslak malzeme çapını,  $d_z$  zımba çapını ifade eder. Her baskı plakası için ÇOL hesaplandığında hava etkili bilyesiz baskı plakası için ÇOL 2.008, hava etkili bilyeli baskı plakası için ÇOL 1,967, düz yüzeyli baskı plakası için ÇOL 1,946 olarak bulunmuştur. Bu durum Şekil 12’deki grafikte ifade edilmiştir. Sonuç olarak, HEBP’ nin bilyeli ve bilyesiz uygulamalarının çekme oranı limitini yükselttiği görülmüştür. Moon ve arkadaşları [15] AL-1050 kullanarak yaptıkları bir çalışmada zımba sıcaklığını  $-10^{\circ}\text{C}$ ’a, kalıp sıcaklığını  $200^{\circ}\text{C}$ ’a çıkararak yaptıkları deneylerde çekme oranı limitini 1,915’ ten 2,096’ ya çıkarmışlardır. Onların ulaştıkları çekme oranı limitleri ile bu çalışmada elde edilen çekme oranı limitleri benzerlik göstermektedir.

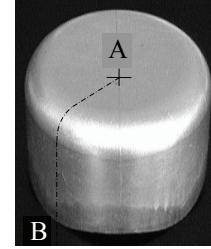
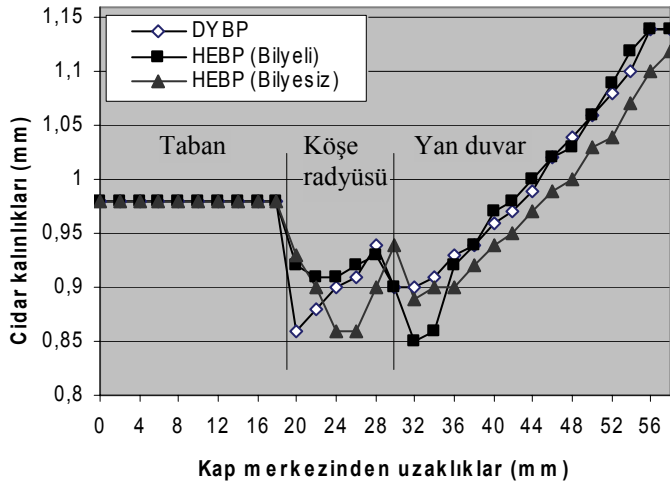
## 5.2 Cidar Kalınlık Dağılımı (Wall Thickness Distribution)

DYBP, HEBP (Bilyeli) ve HEBP (bilyesiz) ile çekilen kapların cidar kalınlık dağılımları Şekil 13’te gösterilmiştir. Kalınlık ölçümleri için kabın  $\frac{1}{4}$ ’lük bir parçası kesilmiştir. Kesme sırasında plastik deformasyon ve şekil bozukluklarının oluşmaması



Şekil 12. Çekme oranı limitlerinin karşılaştırılması (Comparison of limiting drawing ratio)

sonra kapların kalınlıkları artmaya başlamıştır. Boyun verme bölgesinde 16. noktada kapların kalınlığı bir miktar azalmış daha sonra kapların ağız kısmına kadar cidar kalınlıkları sürekli artmıştır. DYBP, HEBP (Bilyeli) ve HEBP (bilyesiz) ile çekilen kapların cidar kalınlık dağılımları arasında çok önemli farklılığın bulunmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 13. DYBP, HEBP (Bilyeli) ve HEBP (bilyesiz) ile çekilen kapların cidar kalınlık dağılımları (Wall thickness distribution of cups drawn with FSBH, AEBH (with ball) and AEBH without ball).

için kabın içerisine ağaç malzeme yerleştirilmiş ve kesme işlemi böyle gerçekleştirilmiştir. Kesme nedeniyle oluşan çapaklar temizlemiş ve parçanın tabanı, köşe radyüsü ve yan duvarında 30 nokta belirlenmiş ve konik uçlu mikrometre ile bu noktalar ölçülmüştür. Ölçme işlemine kapların taban merkezinden başlanmış ve ağız kısmına kadar 2 mm ara ile ölçüm noktaları belirlenmiştir. Kapların tabanlarında ölçü değişikliği olmamıştır. Köşe radyüslerinin başlangıcından itibaren kaplar incelmeye başlamıştır. Köşe radyüslerinin ortalarına doğru kaplar incelmeye devam etmiştir. Bu noktadan

## 6. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Yapılan deneylerde DYBP kullanılarak maksimum 93 mm çapındaki taslak malzeme derin çekilebilmiştir. HEBP’ nin bilyesiz uygulaması ile 96 mm çapında, bilyeli uygulaması ile ise 94 mm çapındaki taslak malzemeler derin çekilmiştir. Böylece HEBP ile, DYBP’ na göre daha büyük çaplarda taslak malzemelerin derin çekilebildiği tespit edilmiştir. Çekme oranı limitleri; HEBP’ nin bilyesiz uygulamasında 2,008, bilyeli uygulamasında 1,967, DYBP’ nda ise bu oran 1,946 olarak bulunmuştur.



Böylece yeni geliştirilen HEBP' nin bilyeli ve bilyesiz uygulamalarının derin çekme ile sac şekillendirmede önemli bir parametre olan çekme oranı limitini yükselttiği tespit edilmiştir. Bu oranın çok fazla artmamasının sebebi, çekme oranı limitinin taslak malzeme çapını sınırlaması nedeniyle hava delikli baskı plakasının deliklerinden çok az istifade edilmiş olmasıdır. Şekil 3'ten de anlaşılacağı gibi, taslak malzemeye ilk üç sıradaki deliklerden basınçlı hava etkimektedir. Çekme oranı limitini aşmamak kaydıyla, taslak malzemelerin daha büyük olması halinde veya flanşlı kapların çekilmesinde delikli baskı plakasının daha büyük kısmından yararlanılabilir. HEBP üzerinde bulunan deliklerin ve çelik bilyelerin parçalar üzerinde herhangi bir yüzey kusuru oluşturmadığı görülmüştür. Her üç uygulamada da derin çekilen kapların cidar kalınlıkları incelendiğinde, kapların taban kısımlarında kalınlık değişiminin olmadığı, köşe radyüsü ve yan cidarlarda kalınlık değişimleri olduğu ve bu durumun Kkaynak 12 ve 15' teki derin çekilen kapların cidar kalınlıkları değişim değerleri ile büyük oranda örtüştüğü tespit edilmiştir. Zaten, metal zımba ve kalıp kullanılarak yapılan derin çekme işlemlerinde cidar kalınlık dağılımları hemen hemen aynıdır [16].

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Yoshihara, S., Manabe, K., Yang, M. ve Nishimura H., "Fuzzy Adaptive Control of Circular-Cup Deep-Drawing Process Using Variable Blank Holder Force Technique", **Journal of the JSTP, Japanese**, vol. 38, no. 435, 348-353, 1997-4.
2. Yoshihara, S., Manabe, K. ve Nishimura H., "Fuzzy Adaptive Control of Blank Holder Force in Circular-Cup Deep-Drawing: Adaptability to Frictional Change and Simple Evaluation of Lubrication", **The Japan Society of Mechanical Engineers (JSME), Japanese**, vol. 64, no. 624, 3209-3215, 1998-8.
3. Mattiasson, K., "On Finite Element Simulation of Sheet Metal Forming Process in Industry", **European Congress on Computational Methods in Applied Science and Engineering**, ECCOMAS 2000, Barcelona, September 11-14, 2000.
4. Gunnarsson, L. ve Schedir, E., "Improving the Properties of Exterior Body Panels in Automobiles Using Variable Blank Holder Force", **Journal of Materials Processing Technology**, 114, 168-173, 2001.
5. Doege, E. ve Sommer, N., "Blank Holder Pressure and Blank Holder Layout in Deep Drawing of Thin Sheet Metal", **Advanced Technology of Plasticity: Proceedings of the Second International Conference on Technology of Plasticity**, 1305-1314, 1987.
6. Doege, E. ve Stock, G., "Locked Tool-Deep Drawing Process and Examples of Operations with Elastic Blank Holders", **Society of Automotive Engineers Technical Paper No. 950917**, Warrendale, PA., 1995.
7. Wang, Y. ve Majlessi, S.A., "The Design of An Optimum Binder Force System for Improving Sheet Metal Formability," **Proceedings of the 18th Biennial Congress IDDRG, International Deep Design Research Group**, Lisbon, Portugal, 491-502, 1994.
8. Siegert, K., "CNC Hydraulic Multipoint Blank Holder System for Sheet Metal Forming Presses", **Ann. CIRP** 42 (1), 319-322, 1993.
9. Siegert, K., Dannenmann, E., Wagner, S. ve Galaiko, A., "Closed Loop Control System for Blank Holder Forces in Deep Drawing", **Ann. CIRP** 44 (1), 251-254, 1995.
10. Saeedy, S.A. ve Majlessi, S.A., "An Improved Manufacturing Process in Sheet Metal Forming", **Proceedings of the 19th Biennial Congress IDDRG, International Deep Drawing Research Group**, Eger, Hungary, 119-130, 1996.
11. Siegert, K., "Advances and Trends in Sheet Metal Forming Processes", **Society of Automotive Engineers Technical Paper No. 970436**, Warrendale, PA., 1997.
12. Gavas, M., "Increasing the Deep Drawability of Al-1050 Aluminum Sheet Using Multi-Point Blank Holder," **Metallurgija**, 45, 2006-2.
13. Gavas, M. ve İzçiler, M., "Design and Application of Blank Holder System with Spiral Spring in Deep Drawing of Square Cups", **Journal of Materials Processing Technology**, 171, 274-282, 2006.
14. Gavas, M. ve İzçiler, M., "Deep Drawing with Anti-lock Braking System (ABS)", **Mechanism and Machine Theory**, 41, 1467-1476, 2006.
15. Moon, Y.H., Kang, Y.K., Park, J.V. ve Gong, S.R., "Tool Temperature Control to Increase the Deep Drawability of Aluminum 1050 Sheet", **International Journal of Machine Tools & Manufacture** 41, 1283-1294, 2001.
16. Hassan, M.A., Suenaga, R., Takakura, N. ve Yamaguchi, K., "Anovel process on friction aided deep drawing using tapered blank holder divided into four segments", **Journal of Materials Processing Technology**, 159, 418-425, 2005.

