

SİLİNDİRİK KAPLARIN DERİN ÇEKİLMESİNDE FARKLI BASKI PLAKASI KUVVETLERİNİN VE UYGULAMA YÖNTEMLERİNİN KULAKLAŞMAYA OLAN ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Mehmet KARALI

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Çan Meslek Yüksek Okulu, karali2000@yahoo.com
Adres: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Çan Meslek Yüksek Okulu Çan/Çanakkale

Alınış: 28 Haziran 2007

Kabul Ediliş: 15 Ocak 2008

Özet: Bu çalışmada, derin sac çekme işlemi esnasında baskı plakası kuvvetine bağlı olarak kap ağzında oluşan kulaklaşmalar deneysel olarak incelenmiştir. Model olarak 2 mm kalınlığa sahip Al 1050 sac malzemesi kullanılmıştır. Zimba ilerlemesine bağlı olarak sabit ve değişken baskı kuvvetlerinin etkileri karşılaştırılmıştır. Değişken baskılı çekmelerde değişim eğrilerindeki farklılıkların kap yüksekliğine ve kulaklaşmaya olan etkileri de incelenmiştir. Sabit baskı plakası kuvvetinin çekme derinliği ile doğru orantılı olduğu görülmüştür. Ancak, buna bağlı olarak ta kap ağzında kulaklaşmaların arttığı gözlenmiştir. Literatürde yer alan çalışmalardan teorik, deneysel ve sayısal yollarla elde edilmiş farklı baskı tiplerinin sonuca doğrudan etkidiği gözlenmiştir. Daha derin ve daha düzgün bir kap elde etmek için baskı kuvvetinin çekme boyunca değiştirilmesi gerektiği gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Derin sac çekme, kulaklaşma, pot baskısı

Investigation of the Effects on the Earring of Various Blank Holder Forces and Application Methods in Deep Drawing of Cylindrical Cups

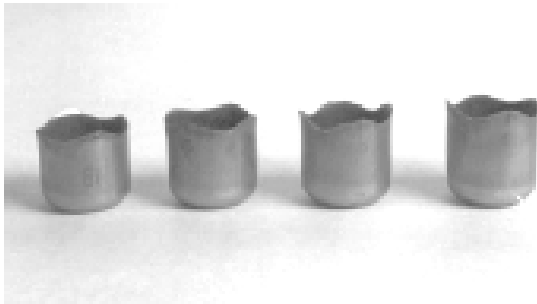
Abstract: In this study, the earring, which occurring at the end of the cup, is investigated depend on the blank holder force in cylindrical deep drawing process. Al 1050 aluminum sheet metal, which has 2 mm thickness, is used as a sample. The effects of constant and variable blank holder forces depend on the punch displacement are compared. The effects of different blank holding types, which is drawn under the variable blank holder forces, are compared as well. It is understand that constant blank holder force is directly proportional with cup height. Meanwhile, increasing of the earring is observed depend on the increasing of constant blank holder force. It is seen that BHF types (which are taken part in the previous studies and obtained by theoretically, experimentally and numerically) are directly affect the result. In order to obtain deeper and smoother cup, it is observed that BHF must be varied during the deep drawing.

Key Words: Deep drawing, blank holder force, earring

Giriş: Derin çekme işleminde pot olarak isimlendirilen işlenmemiş sac bir dişi kalıp üzerine yerleştirilmekte ve bir erkek zimba 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.

İmalat sanayinde pratik ve ucuz olması açısından pot baskısı sabit tutulmuştur ve bunun için pot çemberi olarak adlandırılan baskı plakasının konumu sabitlenmiştir. Ancak, özellikle anizotropik malzemelerin derin çekilmesinde kulaklaşma problemi yaşanabilmektedir[2]. Şekil 1.



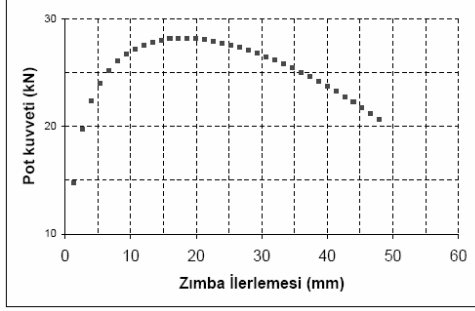
Şekil 1. Kulaklaşmış kap örnekleri
(Al 5082 malzemesine ait)

Çekme esnasında sacın dış çapı, zimba çapına doğru daraltılmaya zorlandıkça malzeme yığılması artmakta ve kırışmaların önlenmesi için daha

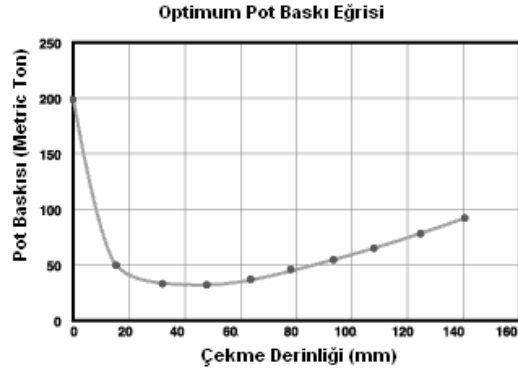
yüksek pot baskılarına ihtiyaç duyulmaktadır[3]. Bu amaçla yapılan bazı teorik yaklaşımlar pot baskısının çekme boyunca artması gerektiğini gösterdiğinden pot çemberi bir yay veya gaz silindiri tarafından bastırılarak saca lineer değişimli bir kuvvet uygulanmaktadır.

Elde edilen bir kaptı, derin çekme oranı, cidar kalınlık dağılımı, ağız yapısını ilgilendiren kulaklaşma gibi fiziksel özellikler kap verimi ile alakalıdır. Kap verimiyle alakalı bilimsel çalışmalar yapıla gelmektedir. Bu amaçla yapılan çalışmalardan birinde *Kergen ve Jodogne* malzeme ismi belirtmeksizin ve sonlu elemanlar yoluyla elde ettiği pot baskısının Şekil 2'deki gibi uygulanması halinde çekme oranının daha da artacağını sayısal analiz yöntemiyle ortaya koymuşlardır[4].

Lei ve Kang [5] bir çalışmada malzeme ismi belirtmeksizin pot baskısını analitik olarak incelemişler ve Şekil 3'deki gibi değişken bir profile sahip olması gerektiğini göstermişlerdir.

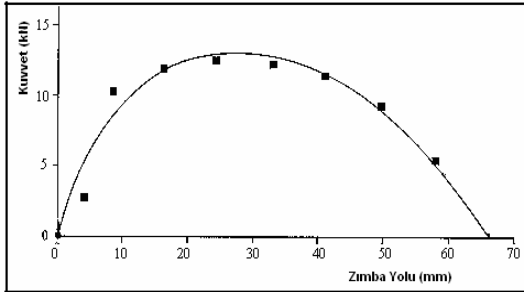


Şekil 3. *Lei ve Kang* tarafından önerilen pot baskı profili [5]

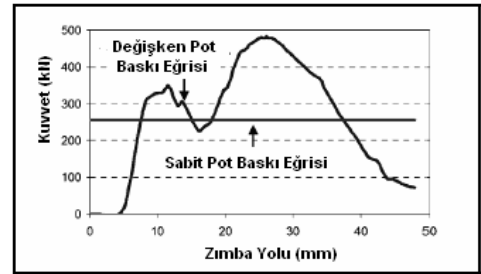


Şekil 2. *Kergen ve Jodogne* tarafından önerilen pot baskı grafiği [4]

Lewis ve Arkadaşları [6] 1 mm kalınlığındaki alüminyum levhaların şekillendirilmesi esnasında zimba yoluna bağlı olarak pot kuvvetini tespit etmeye yönelik yaptıkları deneysel bir çalışmada Şekil 4'deki gibi bir profil elde etmişlerdir.



Şekil 4. *Lewis ve Arkadaşları* tarafından önerilen pot baskı profili [6]



Şekil 5. *Sheng ve Arkadaşları* tarafından önerilen pot baskı profili [7]

Sheng ve arkadaşları [7] Adaptive simülasyon yoluyla yaptıkları bir çalışmayla A1100-H24 malzemesi için sabit ve değişken pot baskılarının etkilerini sonlu elemanlar yoluyla tahmin etmişlerdir.

Bu alanda yapılan daha pek çalışma[8-12] pot baskısının sabit olmadığını göstermektedir. Bu çalışmada da hem sabit hem de değişken pot baskı tiplerinin kap yüksekliğine ve kulaklaşmaya olan etkileri deneysel olarak araştırılmıştır.

Fiziksel Özellikleri	Değeri						
Özgül Ağırlığı, g/mm ³	2,705x10 ⁻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						
Akma gerilmesi, MPa	28						
Uzama %; break (5 cm ve 1.6 mm kalınlığındaki sac için)	39						
Elastikiyet Modülü, GPa	69						
Poissons oranı	0,33						
Kimyasal Bileşenleri (% ağırlık)							
Adı	Al ¹	Fe ²	Si ²	Cu ²	Zn ²	Ti ²	Diğer
AA 1050	9,5	0,4	0,3	0,1	0,1	0	0,03

Tablo 1. AA 1050 Malzemesinin fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri[13].

ilerlemesine bağlı olarak oluşan anlık konum bilgisi, zımbanın saca temas ettiğini gösteren ÜSA (Üst Sınır Anahtarı), çekme işleminin bittiğini bildiren ASA (Alt Sınır Anahtarı) ve pot çemberine uygulanan kuvveti belirleyen PÇSB (Pot Çemberi Silindiri Basınç Bilgisi) gibi sayısal çıkış sinyallerinin işlenmesi için bir elektronik donanım düzeneği kurulmuştur. **Şekil 7.**

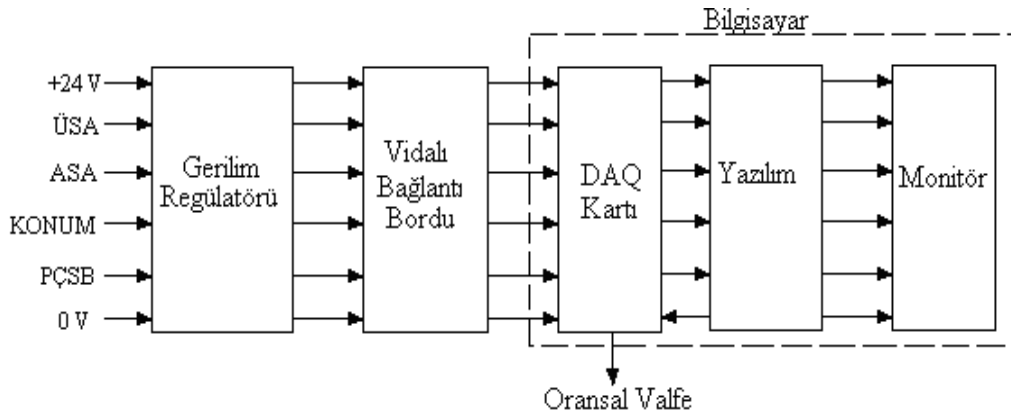
Deneyel Çalışma

Numune olarak 2 mm kalınlığında ve 150 mm çapında Al 1050 sac malzemesi kullanılmıştır. Malzemeye ait fiziksel, mekanik ve kimyasal bileşenler Tablo 1’de verilmiştir. Malzemenin derin çekilerek şekillendirilebilmesi için Şekil 6’daki gibi bir deney düzeneği kurulmuştur. Bu iş için 60 ton basma kuvvetine sahip hidrolik bir pres kullanılmıştır. Pres tablası üzerine uygun ölçülerde imal edilen kalıplar yerleştirilmiştir.

Pot çemberi bir çift hidrolik silindir tarafından bastırılmıştır. Zımba ilerlemesine bağlı olarak pot baskısının değiştirilebilmesi için silindirler elektro-hidrolik olarak kontrol edilmiştir. Akışkan kontrolü için bir adet oransal valf kullanılmıştır. Oransal valfin kontrol geriliminin beslenmesi için Advantech firmasının PCL 812 serisindeki bir DAQ kartı kullanılmıştır. zımbanın ilerleme miktarının dinamik olarak takip edilebilmesi için bir konum ölçücü sensör kullanılmıştır. Zımbanın



Şekil 6. Derin Çekme deney düzeneği



Şekil 7. Elektronik kontrol donanım düzeneği

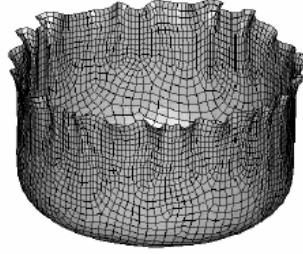
Kontrol bilgilerinin girilmesi ve değerlendirilebilmesi için . VISIDAQ isimli bir yazılım kullanılmıştır. Kontrolör olarak PID kullanılmıştır.

3. Deneysel Uygulama ve Sonuçları

Numune malzeme için daha önce tespit edilen yırtılma ve kırılma sınırları arasına tekabül edecek pot baskıları referans alınmıştır. Bu değerler 0.65-10.5 MPa aralığındadır[1]. Bu malzeme 0.65 MPa'dan küçük pot baskı değerleri



-a-



-b-

Şekil 8. Düşük pot baskılarından dolayı kırılmış kaplar.

a) deneysel
b) sonlu eleman yöntemiyle [14]

için Şekil 8'deki gibi kırılmaktadır.

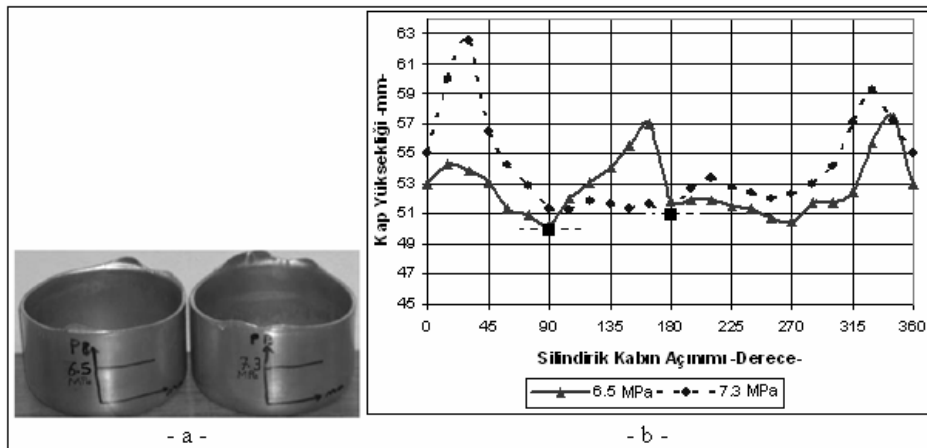
Referans 14'de aynı malzeme için yapılan ve sonlu eleman yöntemiyle elde edilen kabın kırılmış ve kulaklaşmış hali Şekil 8'de görülmektedir. Çekme aralığı olarak tanımlanan ve malzemenin kırılmaksızın ya da yırtılmaksızın çekilebilmesine imkan sağlayan pot baskı değer aralığı bu çalışmada referans alınmıştır. Bu aralıklarda sabit pot baskıları ile yapılan çekme sonuçları Şekil 9'da görülmektedir.



Şekil 9. Sabit pot baskıları altında elde edilen kaplar

Kapların üzerinde belirtilen değerler uygulanan pot baskı değerlerini göstermektedir. Pot çemberinin saca uyguladığı baskı miktarı arttıkça elde edilen kabın yüksekliği artmakta ancak, 4 MPa dan sonra kulaklaşmalar daha da belirgin olarak görülmektedir.

6.5 MPa ve 7.3 MPa pot baskıları ile çekilen iki kabın fotoğraf görüntüsü ve yüksekliğini ifade eden açınımlı Şekil 10'da görülmektedir. Kap üzerinde görülen grafik pot baskı tipini ve miktarını göstermektedir.

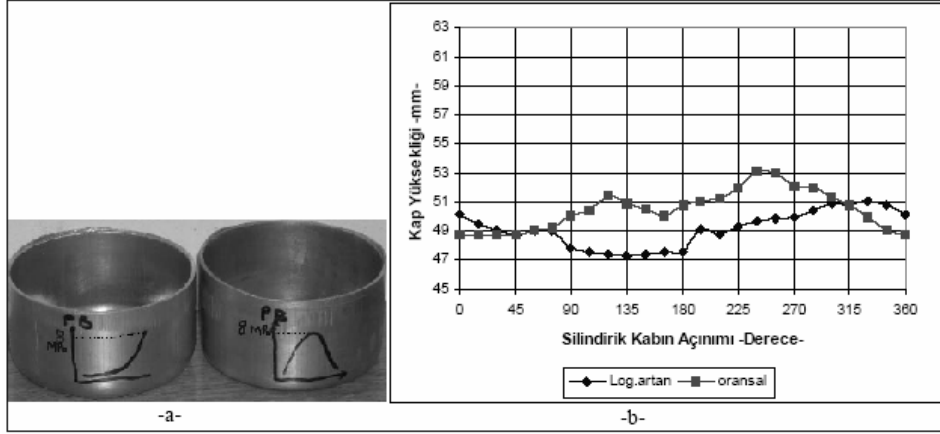


Şekil 10. Sabit pot baskıları altında çekilmiş kaplar. a) Fotoğraf görüntüsü b) Açınım yüksekliği

Kap üzerinden 45° açılarla alınan referans yükseklikler Şekil 10-b deki gibi bir eğri oluşturmaktadır. Eğri üzerindeki noktalardan en altta olanlar yani kap yüksekliği için referans alınabilecek en düşük yükseklikler karşılaştırıldığında arada 1 mm'lik bir yükseklik farkı görülmektedir. Bununla beraber, kap ağzının kesilerek düzeltilmesi düşünülürse malzeme israfının artacağı görülmektedir. Malzemeyi israf etmeden ya da kesme

işlemine tabi tutmadan ama yüksek pot baskılarıyla kap elde edilmek istendiğinde, çekme boyunca değişen bir baskı uygulanması gerektiği üzerinde durulmuştur.

Bu aşamada, değişken pot baskıları tercih edilmiştir ve iki tip baskı profili seçilmiştir. Bunlardan; zımba yoluna bağlı olarak eğrisel bir şekilde artan eğri tipine “Logaritmik Artan” adı verilirken; önce artıp sonra azalan eğri tipine ise “Oransal” adı verilmiştir. İki farklı eğri için de maksimum noktaları 8 MPa olacak şekilde düşünülmüştür. Bu değer seçilirken kabın kulaklaşmaya başladığı 4 MPa ve yırtılmaya başladığı 10.5 MPa aralığı göz önüne alınmıştır[3]. Bu şartlarda çekilen kaba ait bilgiler Şekil 10’da görülmektedir.

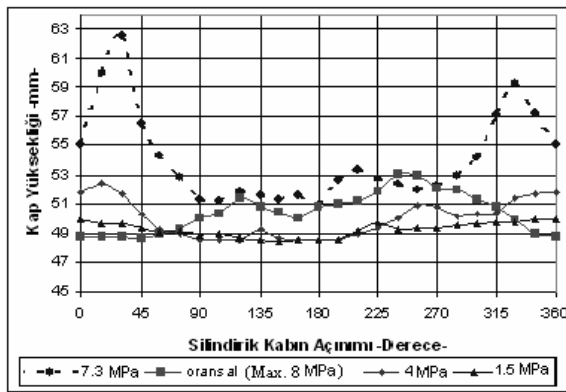


Şekil 11. Değişken pot baskıları altında çekilmiş kaplar. a) Fotoğraf görüntüsü b) Açınım yüksekliği

PID kontrollü deney düzeneği ile birbirine benzer tipteki tüm pot baskı eğrilerinin etkileri incelenmiştir. Bunlardan iki tanesine ait sonuçlar Şekil 11’de verilmiştir. Pot baskısı çekme boyunca değiştirildiğinde kulaklaşma açısından daha olumlu bir sonuç ortaya çıkmıştır. Ayrıca, değişken eğrilerin hepsinin eşit şekilde etkilemediği de ortaya çıkmaktadır. Şekil 11- b incelendiğinde oransal olarak adlandırılan eğrinin logaritmik artan olarak adlandırılan diğer eğriye göre daha olumlu bir sonuç verdiği görülmektedir. Kap yüksekliğini ifade eden minimum ve maksimum noktaları arasındaki farkın az olması kulaklaşmanın çok az olduğunu gösterirken aynı zamanda malzeme israfının da az olacağı anlamını taşımaktadır.

Bu çalışma kapsamında onlarca çekme denemesi yapılmıştır. Kap yüzeyinin kırılmayacağı ve yırtılmayacağı şekilde değişik pot baskıları uygulanmıştır. Sabit baskılar altında farklı baskı değerleri ile çekmeler yapılarak avantaj sağlayacak değerler araştırılmıştır. İmalat endüstrisinde uygulanan ve bilimsel olarak araştırıldıktan sonra önerilen baskı eğri tipleri PID kontrollü bir kontrol düzeneği ile uygulanmıştır. Bunlar arasında kap yüksekliği ve kulaklaşma açısından bariz farklılıkların olduğu gözlenmiştir.

Bu çalışmada uygulanan ve farklı pot baskılarıyla elde edilen kaplara ait kulaklaşmaların karşılaştırılabilmesi için 4 farklı sonuç Şekil 12’de toplu halde gösterilmiştir.



Şekil 12. Kap yüksekliği ve kulaklaşmayı ifade eden toplu sonuçlar

7.3 MPa pot baskısı altında elde edilen kap ile 1.5 MPa pot baskısı altında elde edilen kaplar karşılaştırıldığında kap yüksekliği açısından yaklaşık 3 mm lik bir yükseklik farkı görülmektedir. Buna karşın, 7.3 MPa ile çekilen kapta daha fazla kulaklaşma görülmektedir. 4 MPa pot baskısı ile elde edilen kabın 1.5 MPa pot baskısı ile elde edilen kaba göre daha avantajlı olduğu söylenemez. Çünkü minimum noktaları karşılaştığında aynı sonucu verirken 4 MPa da daha çok kulaklaşma görülmektedir. Oransal eğri altında elde edilen kapta kap yüksekliği bir miktar arttığından 1.5 ve 4 MPa ile elde edilen kaplara göre avantajlı ancak kulaklaşma da bir miktar artmıştır. Diğer taraftan 7.3 MPa ile elde edilen kaba göre, kap yüksekliği açısından dezavantajlı görülürken kulaklaşma açısından avantajlı görülmektedir.

Tartışma ve Sonuç

Bu çalışma, tek kademeli çekmede ya da çok kademeli çekmelerin 1. aşamasının sonucunda, elde edilecek kabın fiziksel özelliğindeki beklentilerimizi karşılaması bakımından önem arz etmektedir. Eğer, 2. ve sonraki kademelerle tekrar çekme yapılacaksa ilk kademede elde edilecek kabın ağız yapısı ve cidar kalınlık dağılımının düzgün olması arzu edilir. Bu durumda, bu malzeme için 1-2 MPa arasındaki pot baskısı hem kulaklaşma hem de cidar kalınlık değişimi açısından iyi bir sonuç verir. Tek seferde çekme yapılacaksa ve kap yüksekliği çok önemli ise pot baskısının 7-10 MPa arasında olmasının uygun olacağı görülmektedir. Ancak tek seferde çekilmesine karşın az kulaklaşma ve daha yüksek bir kap elde edilmek isteniyorsa bu durumda pot baskısının zımba yoluna bağlı olarak değiştirilmesi gerekmektedir. Bunlar arasında da artıp azalan bir eğri profili önerilmektedir.

Bu çalışmadaki yaklaşımlar ve sonuçlar sayesinde; derin çekilmek üzere seçilen herhangi bir malzemenin kırışma ve yırtılma sınırlarının tayin edilmesi durumunda, o malzemeden beklenen kap yapısını elde edebilmek için seçilmesi gereken en uygun pot baskı miktarını ve pot baskı profilinin ne olması gerektiği hakkında tahminler yapılabilir. Kap sonucunu etkileyen diğer değişkenlerin sabit olması halinde bu tahminlerin pot baskısının tayini için uygun bir başlangıç olabileceği düşünülmektedir.

Kaynaklar

- [1] Çapan, L.; "Metallere Plastik Şekil Verme", *Çağlayan Basımevi*, III.Baskı, İstanbul, (1999).
- [2] Khaleel, M.A.; Johnson, K.I.; Smith, M.T.; "On the Thinning Profiles in Super Plastic Forming of a Modified 5083 Aluminum Alloy", *Materials Science Forum*, Vol. 243-245 (1997) 739-744.
- [3] Karalı, M.; "Derin Sac Çekme İşleminde Pot Çemberi Baskısının Cidar Kalınlığı Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi", *Doktora Tezi*, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul (2005).
- [4] Kergen, R., Jodogne, P.; "Computerized Control of the Blankholder Pressure on Deep Drawing Presses", *SAE Technical Papers*, No. 920433, (1992) 51-56
- [5] Lei, J.; Kang, Y.; "Prediction And Control Of Both Wrinkle Limit And Fracture Limit On Cylindrical Cup Deep-Drawing (II)", *Journal Of University Of Science And Technology Beijing*, Vol.6 No.3 (1999).
- [6] Thiruvarduchelvan, S.; Lewis, W.; Loh, N.H.; Gan, G.K.; "Deep Drawing of Cups of Different Shapes Simplified with the Use of Friction-Induced Blank Holding Force", *Trans. ASME J. Eng. Ind.*, 85 (1980) 278-285.
- [7] Sheng, Z.Q.; Yang, J.B.; Jirathearanat, S.; Altan, T.; "Adaptive FEM Simulation for Prediction of Variable Blank Holder Force in Conical Cup Drawing", *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 44 (2004) 487-494.
- [8] Hosford; W. F.; Caddell, R.M.; "Metal Forming Mechanics and Metallurgy", *University of Michigan*, U.S.A., (1983).
- [9] Damborg, F.F.; Jensen, M.R.; "Hydromechanical Deep Drawing", *Scandinavian Journal of Metallurgy*, 29 (2000) 63-70.
- [10] Jalkh, P.; Cao, J.; Hardt, D.; Boyce, M.C.; "Optimal Forming of Aluminum 2008-T4 Conical Cups Using Force Trajectory Control", *SAE technical paper*, no. 930286, (1993) 101-112.
- [11] Hirose, Y.; Kojima, M.; Ujihara, S.; "Development of Forming Technique with Real-Time Control of Blank Holding Force", *The Sumitomo search*, no. 59, (1997) 28-34.
- [12] Karima, M.; Donatelli, V.; "Understanding Blank Holder Effect on Formability of Sheet Metal Stampings", *SAE technical paper*, no. 890347, (1989) 47-56.
- [13] Eti Alüminyum A.Ş. Ürün Kataloğu, (Şubat 1991).
- [14] Demirci, H.İ.; Yaşar, M., Demiray, K., Karalı, M.; "Derin Çekme İşleminde Baskı Plakasının Cidar Kalınlığı Üzerindeki Etkisinin ANSYS- LS DYNA ile İncelenmesi", *4th International Advanced Technologies Symposium*, (September 28-30, 2005), Konya-Türkiye