

HİDROSTATİK BASINÇLA ALÜMİNYUM SACIN ŞEKİLLENDİRİLMESİNİN İNCELENMESİ

Elmas AŞKAR*, İbrahim KADI, Mustafa YAŞAR*****

*elmas.askar@gmail.com Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 78050-Karabük.

**ibrahimkadi@karabuk.edu.tr Karabük Üniversitesi, Makine Eğitim Bölümü, 78050-Karabük.

***myasar@karabuk.edu.tr Karabük Üniversitesi, Metal Eğitim Bölümü, 78050-Karabük.

ÖZET

Hidro şekillendirme metal sac malzemenin akışkan bir ortam (su, viskoz polimerik malzeme vs) vasıtasıyla kapalı bir kapta yapıldığı soğuk şekillendirme yöntemidir. Uygulama alanlarının sınırlılığına rağmen, yöntem çok büyük parçaların tek seferde şekillendirilmesi, şekillendirme sırasında kırışıklıkların az olması ve şekillendirme işleminin de daha kolay yapılabilmesinden dolayı tercih edilmektedir. Hidro şekillendirme yöntemlerinden zımbasız hidro-mekanik yöntemi kullanılarak, 0,5 mm kalınlığında küçük çaplı Al 5754 sacının şekillenebilirliği iki farklı malzeme modeline göre teorik olarak incelenmiştir. Küçük çapta alüminyum şekillendirilmesinde uygun sıvı basıncı ve pot baskı kuvveti bulunması ile çekme derinlikleri araştırılmıştır. Şekillendirmenin teorik modeli eksplisit dinamik analiz kodu kullanan ANSYS/Ls-Dyna yazılımı kullanılarak oluşturulmuş ve model çözümlenmiştir. Teorik sonuçların kalınlık değişimleri ve şekillendirme miktarlarının karşılaştırılması yapılmıştır. Teorik olarak şekillendirme sınır diyagramları oluşturulmuştur.

Anahtar Sözcükler: Hidro şekillendirme, şekillendirme sınır diyagramı, Al 5754

ABSTRACT

Hydro forming is a cold forming method in which metal sheet material is formed in a closed pot by means of fluid medium (water, viscous polymeric material). Although, application areas are very limited, this forming method is preferred because there are less wrinkles during forming and forming process can be done easily. The forming of AL 5754 sheet material of 0.5 mm thick at small diameter was studied according to two different materials model theoretically using without punch hydro mechanical method among hydro forming methods. Draw depths were examined with determining appropriate fluid pressure and pot press force on forming aluminum at small diameter. Comparison of thickness changes and forming amounts of theoretical results were carried out. Theoretical model of the forming was generated by using ANSYS/Ls-Dyna software using explicit dynamic analyze code and the model was solved. Theoretical forming limit diagrams were generated.

Keywords: Forming by liquid, Forming limit diagram, Al 5754

1. GİRİŞ

Sac şekillendirme teknolojileri son yıllarda özellikle otomotiv endüstrisinin gelişmesi ile çokça talep edilir hale gelmiştir. Müşteri isteklerini, güvenlik gereksinimlerini ve pazar rekabetini karşılamak amacıyla yeni üretim teknolojileri hayata geçirilmiştir. Gelişen teknoloji ile birlikte günümüzde kullanılan sac metal şekillendirme yöntemlerinden birisi de hidro şekillendirme yöntemidir. Bu yöntem çok büyük parçaların şekillendirilebilmesi için gerekli olan pres kuvvetlerinin, geleneksel metotlarla sağlanmasının çok zor hatta imkansız olması, çok karmaşık parçaların şekillendirilebilmesi, üretim periyodunun kısa olmasından dolayı cazip hale gelmiştir.

McClintock [1], Rice ve Tracey [2] hidrostatik basınç altında, malzemeye uygulanan kuvvetin arttığı halde, sac metal levhalarda meydana gelen sünek yırtılmaların çok ani olarak azaldığını çalışmalarında gösterdiler. Clift ve arkadaşları [3], Hartley ve arkadaşları [4], sac metallerin derin çekme çalışmalarında kullandıkları hidrostatik basınç sayesinde mikro çatlakların başlangıcını geciktirdikleri ve mikro çatlakların oluşması durumunda bile yayılmalarını önlediklerini gösterdiler. Zhang vd. [5-6] hidromekanik derin çekme teknolojisiyle parabolik alüminyum sac malzemenin şekillendirilmesi teknolojisi kullanıldığında üretim ölçülerinde dikkate değer bir tamlık elde edildiğini ve yüzey kalitesi iyileştiği, şekillendirme sisteminin basitleşeceği ve kullanılan takım sayısının azalacağı vurgulanmıştır.

Literatür çalışmalarına bakıldığında genellikle hidro şekillendirmelerde 100 mm ve yukarısı dışı kalıplar veya erkek zimbalar kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmada daha küçük çaplarda da hidro şekillendirmenin kullanılabilirliğinin araştırılması amaçlanmıştır. Geçmiş çalışmalara bakıldığında büyük çap metalik sacların şekillendirilmesinde istenilen çekme derinliklerine ulaşılmış ve herhangi bir problemlerle karşılaşmamıştır. Bu sebepten dolayı küçük çapta alüminyum şekillendirilmesinde uygun sıvı basıncı ve pot baskı kuvveti bulunması ile çekme derinliklerinin araştırılması amaçlanmıştır.

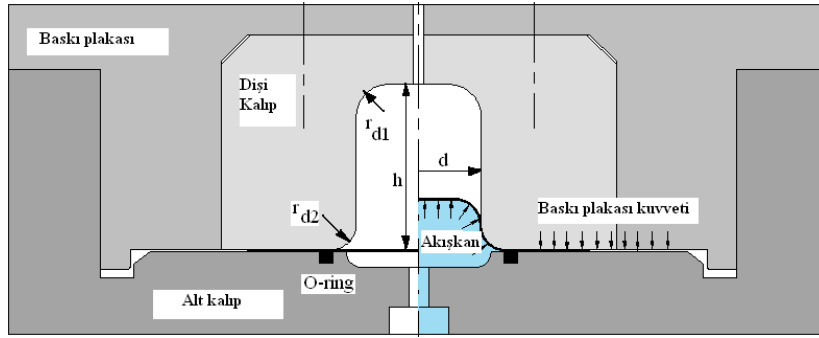
Taslak malzeme şeklinin ve büyüklüğünün derin çekme işlemi üzerinde büyük bir etkisi vardır. Taslak malzeme büyüklüğünün, kritik çapı/büyüklüğü aşması halinde, malzemede oluşan buruşma ve gerilme nedeniyle zımbanın altında tam bir akma meydana gelmez. Kalıp boğazında aşırı bir incelmeye (boyun verme) meydana gelir ve malzeme genelde kare kaplarda değişik şekillerde kopması sonucu, çekme işlemi başarısızlıkla sonuçlanır. Diğer taraftan; eğer taslak malzeme çok küçük olursa buruşma oluşabilir. Pratik uygulamalarda sac metaldeki kalınlık değişimi sac metalin şekillendirilebilirliğinin bir göstergesidir. Kalınlık miktarındaki artış buruşmaya, azalma ise boyun vermeye yol açabilir. Pratikte, kalınlık artışı ve azalması sac kalınlığının + % 15'i ile - % 25'i arasında sınırlanır [7].

2. YÖNTEM

Bu çalışmanın amacı, hidro şekillendirme yöntemlerinden zımbasız hidromekanik yöntemini kullanarak, küçük çapta Al ve alaşımlarının şekillendirme özelliklerini teorik olarak incelemektir.

Sac malzemelerin hidro şekillendirmesi, temelde çalışma prensibi ile çekme kalıplarıyla aynıdır. Fakat hidro şekillendirme işleminde kalıp yerine, tasarlanan bir kalıp boşluğu

içerisini akışkan sıvı konularak şekillendirme işlemi yapılmaktadır [8]. Şekil 2.1’de hidro şekillendirme kalıbı, Tablo 1’de de kalıp ölçüleri gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Hidro şekillendirme kalıbı.

Tablo 1. Kalıp ölçüleri.

Max h (mm)	D (mm)	d (mm)	r _{d1} (mm)	r _{d2} (mm)
50	68	38	10	7.5

3. MALZEME

Çalışmada, şekillendirilecek malzeme olarak Al 5XXX serisinden 0,5 mm kalınlığında Al 5754 sac malzeme kullanılmıştır. Tablo 2’de alüminyum malzemenin kimyasal özelliği, Tablo 3’te ise mekanik özelliği verilmiştir.

Tablo 2. Al 5754 sac malzemenin kimyasal özelliği.

%									
Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Her Biri	Toplam
0,40	0,40	0,10	0,50	2,6-3,6	0,30	0,20	0,15	0,05	0,15

Tablo 3. Al 5754 sac malzemenin mekanik özelliği.

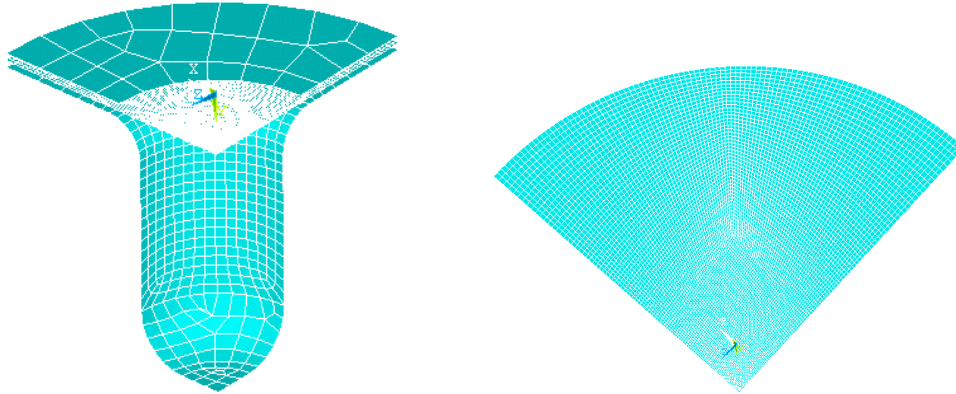
Mekanik özellikleri	Al 5754
Yoğunluk, kg/mm ³	2,643x10 ⁻³
Çekme Dayanımı, MPa	220
Akma Dayanımı, MPa	100
50 mm’deki Uzama, %	26
Elastikiyet Modülü, GPa	71
Poisson Oranı	0,33
Tangent Modülü, MPa	416
Barlat Exponent	8
r ₀	0,705
r ₄₅	0,765
r ₉₀	0,906

4. BİLGİSAYAR DESTEKLİ SİMÜLASYON

Yapılan çalışmada, dinamik eksplisit ANSYS/Ls-Dyna ve alt modülü Lsprepost kullanılmıştır. Kalıp elemanları 1/1 oranında yüzey (surface) olarak modellenmiştir. Modellenen parçalar sisteme yerleştirilirken kalıp elemanlarının konumuna ve et kalınlıklarına dikkat edilmiştir. Teorik analizlerde Al 5754 sac malzemelerine “Bilinear Kinematic” ve “3 Parameter Barlat Anisotropic” malzeme model tanımlamaları yapılmıştır [9]. Çalışmada SHELL 163 eksplisit element tipi kullanılmıştır. SHELL 163 elementin 11 farklı element formülasyonu vardır. Bunlardan Belytschko-Wong-Chiang formülasyonu seçilmiştir. Kalıp elemanları, kullanılan element tipi ve malzeme özelliklerine göre sonlu sayıda bölünlere bölmek ve daha iyi sonuçlar elde etmek için modellere mesh(ağ) örülmüştür. Tablo 4’te sonlu eleman sayıları ve Şekil 2’de kalıp elemanlarının ağ örülmüş resimleri gösterilmiştir.

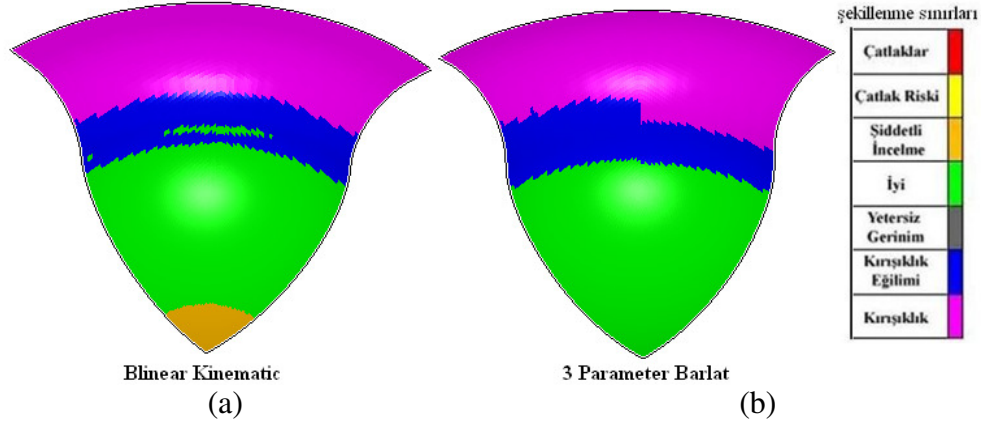
Tablo 4. Kalıp elemanlarının sonlu eleman sayısı.

	Sonlu eleman sayısı
	Al 5754
Sac	7500
Kalıp	445
Baskı plakası	26

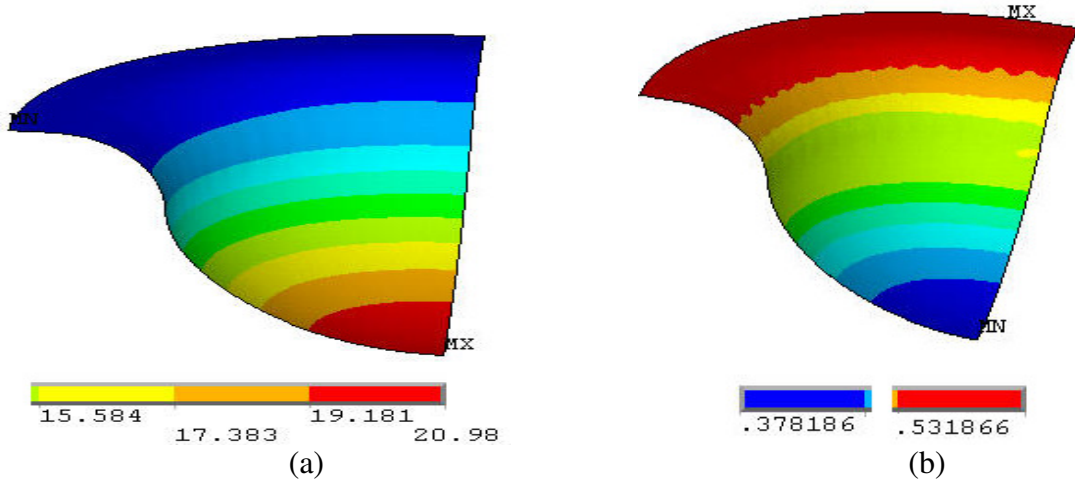


Şekil 2. Kalıp elemanları için mesh model.

68 mm çapındaki Al 5754 sacının küçük çapta şekillendirilmesinin teorik olarak iki malzeme modeline ait şekillenme sınırları değişimi Şekil 3’de verilmiştir. ANSYS/Ls-Dyna programında yapılan simülasyonlarda uygun sıvı basıncı ve pot baskısını Lsprepost programındaki simülasyonlar sonucu 3 Parameter Barlat’ın Bilinear Kinematic’e göre şekillenme sınırı incelendiğinde malzeme tepe noktasında incelleme görülmediği için daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. Çekme derinliği 20,98 mm olarak elde edilmiştir. Şekil 4’te çekme derinliği ve kalınlık değişimleri gösterilmiştir.

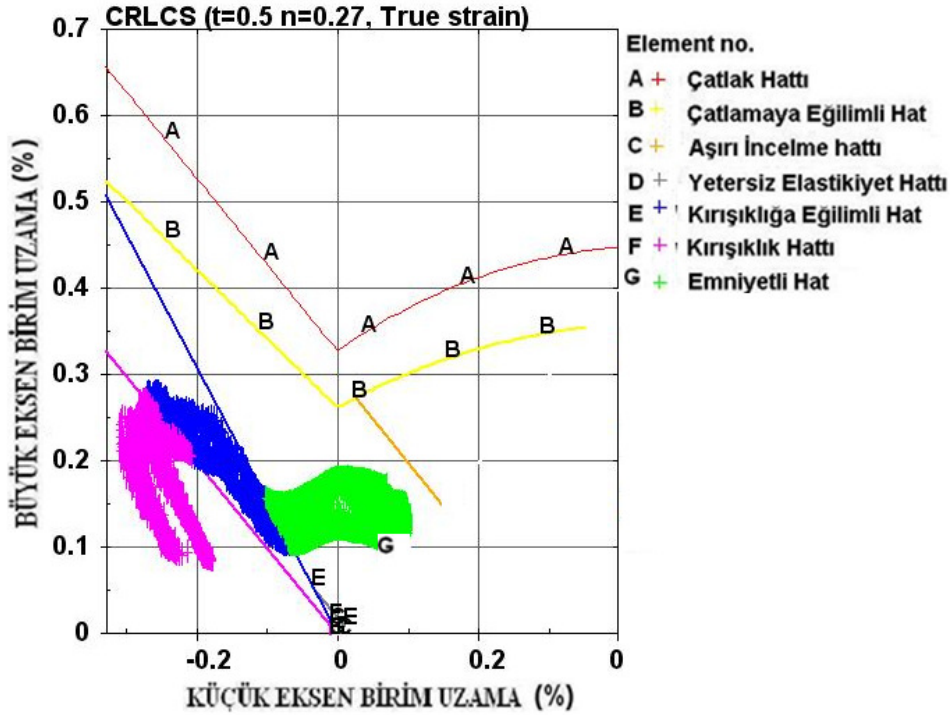


Şekil 3. Küçük çapta şekillendirilmiş Al 5754 şekillenme sınırları değişimi. a) Bilinear Kinematic, b) 3 Parameter Barlat.



Şekil 4. Küçük çapta şekillendirilmiş Al 5754. a) Çekme derinliği, b) Kalınlık değişimi.

Teorik modelden Al 5754 sacın şekillendiğini incelemek amacıyla teorik modelden elde edilen sonuçlardan yararlanılarak için Şekil 5'te Şekillendirme Sınır Diyagramı (ŞSD) oluşturulmuştur. Şekillendirme sınır diyagramı incelendiğinde flanşlarda ve yan duvarlarda kırışıklık ve kırışıklığa eğimli bölge olduğu, şekillenmenin emniyetli bölgede gerçekleştiği görülmüştür.



Şekil 5. Küçük çaplı Al 5754 sacının Ş.S.D.

6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada geleneksel derin çekme yöntemindeki zımbanın yerini basınçlı akışkan aldirılarak teorik olarak şekillendirme sağlanmıştır. Bu sayede kullanılacak kalıp elemanlarının sayısı azalmakta ve maliyet olarak avantaj sağlamaktadır.

Alüminyum malzeme olarak çeliğe nazaran farklı karakteristik özellikler sahiptir ancak malzeme olarak alüminyumun taşınması, şekillendirilmesi kaynaklanması, mamul hale gelmesine kadar ki işlemlerde kullanılan birçok sistem ve makineler, çelik malzemelerle kullanılanlar ile aynı olması büyük bir avantaj sağlamaktadır. Otomotiv endüstrisinde alüminyum malzemelerin kullanımında birçok avantajlar bulunmaktadır. Özellikle otomotiv panel uygulamalarında alüminyumun etkili ve ekonomik kullanılmasında her bir parçanın özellik ve karakteristiğine göre optimize edilmesi gerekmektedir. Bunun için alaşımların hem fiziksel hem de mekanik aynı zamanda şekillendirilebilme ve birleşme özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir [10].

ANSYS/Ls-Dyna yazılımı kullanarak uygun parametreler bulunmaya çalışılmıştır. Teorik analizlerde Bilinear Kinematic ve 3 Parameter Barlat Anisotropic malzeme modelleri kullanılarak yapılan karşılaştırmalarda birbirlerine yakın kalınlık değişimi ve çekme derinlikleri sonuçları verdiği gözlemlenmiştir. Küçük çap şekillendirmede iki malzeme modeli için en iyi sonucu 3 Parameter Barlat vermiştir.

Kurulacak olan sistemlerde dikkat edilmesi gereken bir husus şekillendirilecek geometrinin geniş bir alana sahip olmasıdır. Yapılan çalışmada 38 mm'lik çap geometrisine sahip çekirdeğin şekillendirilmesi amaç edinilmiş olup daha iyi sonuçlar elde etmek için bu parametrenin artırılması önerilir.

7. KAYNAKÇA

- [1] MCCLINTOCK, F. A., A criterion for ductile fracture by the growth of holes, **Journal of Applied Mechanics**, 35: 363-371, (1968).
- [2] RICE, J. R., TRACEY, D. M. On the ductile enlargement of voids on triaxial stress fields, **Journal of Mechanical Physics and Solids**, 17: 201-217, (1969).
- [3] CLIFT, S. E., HARTLEY, P., STURGESS C. E. N., ROWE, G. W., Fracture prediction in plastic deformation process, **International Journal of Mechanical Science**, 32 (1): 1-17, (1990).
- [4] HARTLEY, P., PILLINGER, I., STURGESS, C., Numerical modeling of material deformation processes research development and applications, **Springer-Verlag**, (1992).
- [5] ZHANG, S. H., LANG, L. H., KANG, D. C., DANCKERT, J., NIELSEN, K. B., Hydromechanical deep-drawing of aluminum parabolic workpieces-experiments and numerical simulation, **International Journal of Machine Tools & Manufacture**, 40: 1479-1492, (2004).
- [6] ZHANG, S. H., DANCKERT, J., Development of hydromechanical deep drawing, **Journal of Materials Processing Tecnogy**, 83: 873-882, (2004).
- [7] GAVAS, M., KÜÇÜKDERENCİ, İ., Alüminyum kare kabın derin çekilmesinde taslak malzeme şekillerinin değerlendirilmesi, **Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 6, (2004).
- [8] ZAMPALONI, M., ABEDRABBO, N., POURBOGHRAT, F., Experimental and numerical study of stamp hydroforming of sheet metals, **International Journal of Mechanical Sciences**, 45: 1815–1848, (2003).
- [9] Release 12.0 Documentation for ANSYS .
- [10] BEDİR F., DURAK E., DELİKANLI K. Alüminyum alaşımlarının otomotiv endüstrisinde uygulanabilirliği ve mekanik özellikleri, **Süleyman Demirel Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendis ve Makine**, 47: 555, 37-46