

İNCE SAC LEVHALARIN YÜKSEK BASINÇ ALTINDA (HYDROFORMING) ŞEKİLLENDİRİLMESİ

Aytaç MORALAR¹

Özet

Günümüzde daha az kaynak kullanarak daha dayanıklı ve daha çevreci malzemeler üretmek sanayinin en büyük hedeflerindedir. Daha az enerji kullanarak yüksek kaliteli ürünler elde etmek ve bu ürünlerin geri dönüştürülebilir olması gerekmektedir. Özellikle otomotiv ve uçak sanayisinde kullanılan karmaşık geometri malzemelerin üretimi yüksek basınçlı akışkan gücü (hydroforming) ile gerçekleştirilebilmektedir. Bu yöntem ile geri dönüşümü kolay alüminyum malzemelerin karmaşık geometrilerde üretimi mümkün olmaktadır. Hydroforming yöntemi ile 1000-10000 bar gibi çok yüksek basınç aralıklarında malzeme üretimi mümkündür[1]. Eğitim kurumlarında bu kadar yüksek basınçlarda çalışmanın risklerinden bu üretim yöntemi çoğunlukla teorik olarak işlenmektedir. Bu çalışmada eğitim kurumlarında kullanılabilecek bir deney düzeneği tasarlanmış ve hydroforming yönteminin ince sac levhaları uygulanabilirliği araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hydroforming, malzeme şekillendirme, sac şekillendirme, hidrolik sistem, yüksek basınç

FORMING OF THIN SHEET METAL AT HIGH PRESSURE (HYDROFORMING)

Abstract

At the present day, producing more durable and more environmental materials using less resources is one of the main targets of the industry. It is necessary to produce high quality and recycable products using less energy. The production of materials with complex geometry used especially in automotive and aircraft industries can be realised by high pressured hydroforming. With this method, the production of easily recycable aluminium materials in complex geometries is feasible. In hydroforming method, the production of material production under high pressures such as 1000-10000 bars are feasible. Due to the risks arising from working with high pressures, this production method is taught theoretically at the educational institutions. In this study, an experiment setup which can be used at the educational institutions is designed and the applicability of hydroforming method to thin sheet metals is investigated.

Keywords: Hydroforming, material forming, metal forming, hydraulic systems, high pressure

¹ Yrd.Doç.Dr., Namık Kemal Üniversitesi, amoralar@nku.edu.tr

Giriş

Yüksek basınç altında şekillendirme (hydroforming) işleminde kalıp tarafından sıkıştırılmış içi boş yapıya sahip borunun içine veya sac üzerine yüksek basınçlı akışkan gönderilerek borunun veya sacın cidarlarının kalıbın geometrisine göre genişlemesi ve istenilen şekle getirilmesidir (Palumbo ve Ark, 2007). Sıvı Basıncıyla Şekillendirme (SBS) özellikle üretimi zor ve zaman alıcı, karmaşık ve dar toleranslı parçaların üretiminde tercih edilmektedir. Yüksek basınç altında metalleri şekillendirme yöntemi, endüstrinin birçok dalında yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle otomotiv ve uçak endüstrisi için hafif ağırlıklı parçaların üretiminin yanı sıra; savunma sanayi, beyaz eşya, sac metal kalıpcılığı, uzay ve havacılık gibi sektörler de derin çekmenin gerektirdiği sac metal ürünlerin imalatında da kullanılmaya başlanmıştır (Halkacı, 2011). Havacılık, uzay, otomotiv vb. gibi endüstrilerde hafif araçlar üretmek her geçen gün önemini arttırmaktadır. Bu bağlamda endüstride hafif malzemenin kullanımı kadar, bu malzemelerin şekillendirme yöntemleri önem kazanmaktadır. Geleneksel şekillendirme yöntemleri ile karmaşık geometri malzemelerin şekillendirilmesi farklı aşamalardan oluşmaktadır. Hatta bir parçanın oluşturulması, birkaç parçanın bir araya getirilmesi ile meydana gelmektedir. Bu parçaların bağlanması ağırlığı arttırmakta, parça dayanımını düşürmektedir. Oysa metallerin yüksek basınç altında bir defada şekillendirilmesi, birkaç özel üretim yöntemi ile elde edilecek parçalardaki karmaşıklığı ortadan kaldırmaktadır. Bunun yanı sıra, şekillendirilen parçaların eklemsiz tek parça oluşu dayanımlarının yüksek olmasını sağlamaktadır.

Yüksek basınç altında metalleri şekillendirme yönteminin diğer üretim yöntemlerine göre üstünlükleri (Elaldı ve Ark, 2012):

- Tek taraflı kalıp kullanıldığından kalıp işleme ve işçilik masrafları düşüktür.
- Zımba imalatına ve zımbanın kalıba alıştırılmasına gerek yoktur.
- Parçalar daha hafif, ucuz, dayanıklı, rijit, kaliteli ürünlerdir.
- Ara işlem sayısı azdır.
- Hurda miktarı düşüktür.
- Parçalar iyi yüzey kalitesine, düşük geri yaylanmaya ve düşük kalıcı gerilmelere sahiptir.
- Üretilen parçalar karmaşık şekillerde olabilir.
- Homojen basınç uygulamasından dolayı noktasal aşırı yüklerin malzeme ve tane yapısı üzerindeki olumsuz etkileri azdır.

Yüksek basınç altında metalleri şekillendirme yönteminin diğer üretim yöntemlerine göre dezavantajları ise;

- Uzun işlem süresi,
- Çok iyi parlatılmış kalıp yüzey gereksinimi,
- Yüksek şekillendirme basınç gereksinimi (özellikle kalın saclar için),
- Hidrolik sızdırmazlık problemleri,
- İşlem ve kalıp tasarımı hakkında bilgi ve tecrübenin kısıtlılığıdır.

Yüksek basınç altında metalleri şekillendirme yöntemi ile son yıllarda çok fazla çalışma yapılmıştır. Yaşar ve Ark. yaptıkları çalışmada hydroforming yönteminde farklı sıcaklıklarda akışkan kullanımının malzeme şekillendirilebilirliği üzerine etkilerini incelemiştir. Yaptıkları çalışmanın sonucunda AA 5754 alaşımının oda sıcaklığında iyi şekillenmediği, fakat malzemenin yeniden

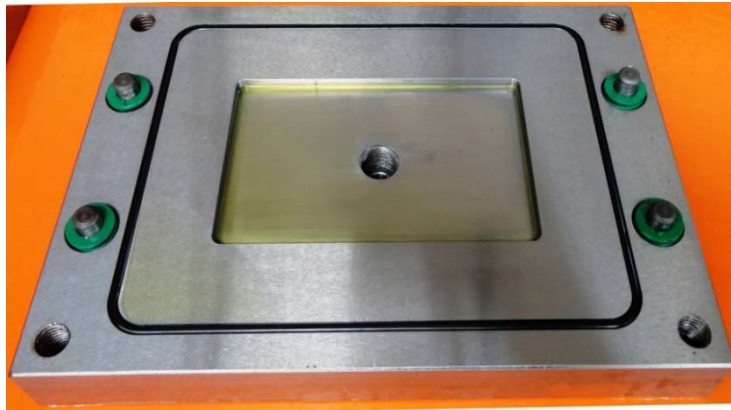
kristalleşme sıcaklığı civarında daha iyi şekillendiği sonucuna varmışlardır. Ayrıca oda sıcaklığında yapılan denemelerde, düşük şişme yüksekliklerinde malzemenin yırtıldığı sıcaklık yükseldikçe daha fazla şişme yüksekliklerinin sağlandığı gözlemlenmiştir.

Halkacı, (2011) yaptığı çalışmada, yüksek basınç altında metal şekillendirme işleminin ülkemizde yaygın olmadığını ve bunun üzerinde çalışılması gerektiği üzerinde durmuştur. Farklı üniversitelerden araştırmacıların, çeşitli sanayi kuruluşlarının ve Tübitak destekli bir proje hazırlayarak kapsamlı bir sac şekillendirme presi imal etmişlerdir. Palumbo ve Tricarico, (2007) ise matris ve baskı plakasını ısıtıp zımbayı soğutma sıvısı kullanarak oda sıcaklığında tutmuşlardır. Çalışmanın sonucunda, uygulanan bu metotla şekillendirme işleminin şişme yüksekliği ve deformasyon açısından daha verimli olduğunu savunmuşlardır.

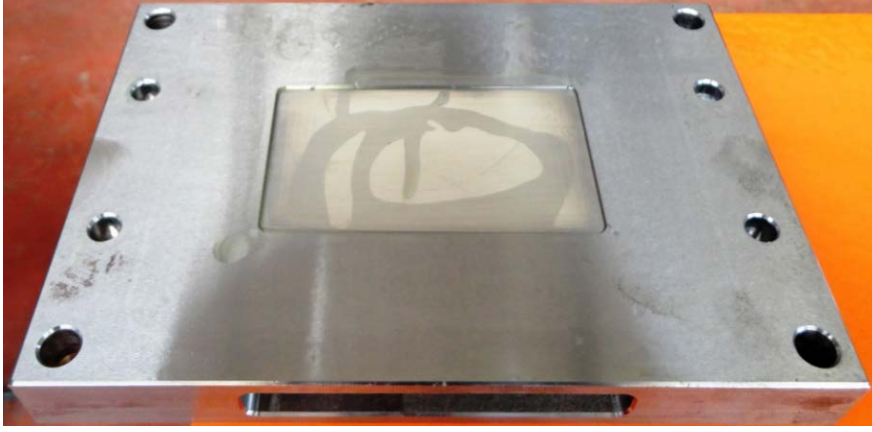
Yapılan bu çalışma, geleneksel imalat yöntemlerine alternatif olabilecek bir üretim yöntemi olan hidroforming yönteminin eğitim kurumlarında veya ufak işletmelerde pratik uygulamaların yapılabilmesi için hazırlanmıştır. Kullanılan numuneleri şekillendirmek için yüksek basınç olan, fakat kullanımda büyük riskler oluşturmayacak basınç kademelerinde denemeler yapılmış ve elde edilen sonuçlar gözlemlenmiştir. Genellikle teorik eğitimi verilen yüksek basınç altında şekil verme yönteminin, pratik olarak uygulanabileceği ortaya konulmuştur. Yapılan denemeler ile malzemedeki şekil değişimleri incelenmiştir. Deneme düzeneğine hazırlanacak farklı kalıplar ile aynı tür malzemelerin farklı formlarda ki davranışları rahatlıkla izlenebilecektir.

Materyal ve yöntem

Çalışmanın deneysel uygulamaları Namık Kemal Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü bünyesinde kurulmuş olan hidro şekillendirme ünitesinde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada alt kalıp ve üst kalıp olmak üzere iki adet kalıp kullanılmıştır (Şekil 1.1 ve Şekil 1.2). Saca kendi şeklini veren dişi kalıp üst kalıptır. Kalıplar 30 mm'lik sacdan lazer kesim yöntemiyle kestirilmiş ve önce CNC işleme merkezinde işlenmiş daha sonra taşlanarak polisaj yapılmıştır.

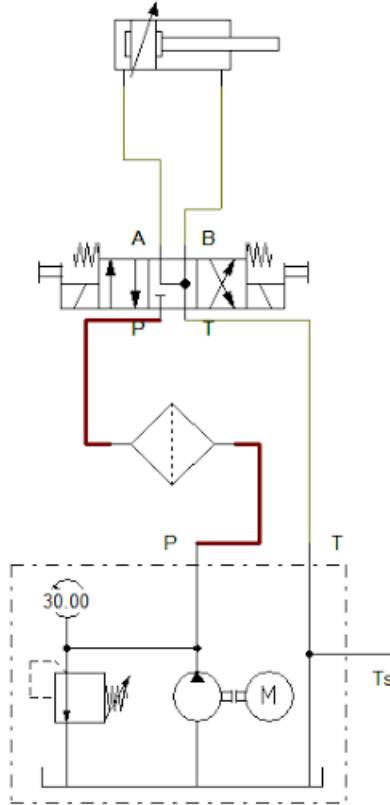


Şekil 1.1 Alt Kalıp



Şekil 1.2 Üst Kalıp

Çalışmada maksimum 160 bar basınç üretebilen bir hidrolik güç ünitesi kullanılmıştır (Şekil 1.4). Bu ünite silindire hidrolik akışkan doldurarak silindirin açılmasına ve silindirdeki akışkanın kalıpların içine basılmasına olanak sağlamaktadır. Yapılan denemeler 40 bar basınç altında gerçekleştirilmiştir. Çalışma düzeneğinin hidrolik sistem şeması şekil 1.3 te verilmiştir.

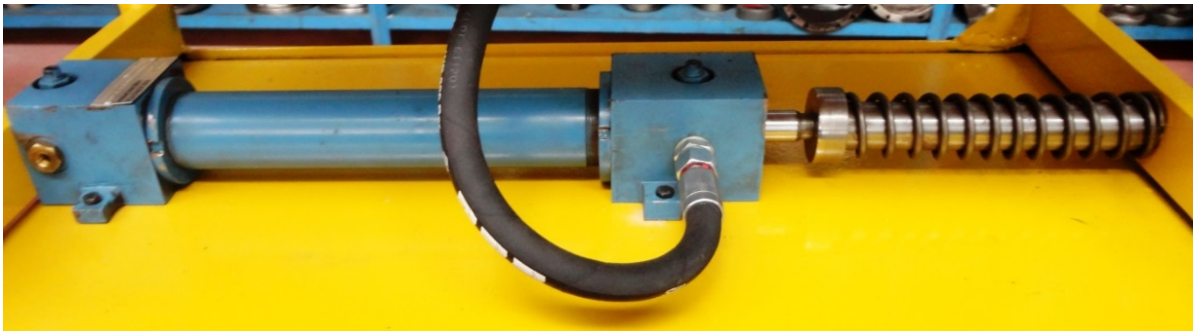


Şekil 1.3. Hidrolik Sistem Devre Şeması



Şekil 1.4 Hidrolik Güç Ünitesi

Bu çalışmada kalıplara hydroforming akışkanını basmak için çift etkili bir silindir kullanılmıştır. Ancak hidrolik akışkan ve hydroforming akışkanı farklı olduğundan dolayı iki adet silindir kullanmak gerekmektedir. Bir yay mekanizması tasarlanarak kullanılan çift etkili silindir tek etkili yay geri dönüşlü bir silindire çevrilmiştir. Böylece silindir içerisinde iki farklı akışkanla çalıştırılmıştır. Pistonun arkasında hidrolik yağ önünde ise su bazlı hydroforming akışkanı bulunmaktadır. Şekil 1.5 te oluşturulan silindir mekanizmasının resmi görülmektedir. Hydroforming ile şekillendirme metodunda kullanılan akışkan sıkıştırılmaz bir akışkan olması gerekmektedir. Bu nedenle yapılan denemelerde hidrolik güç ünitesini direk olarak kalıplara bağlamak yerine silindir kullanarak bu yöntemde uygun olan akışkan kullanılmıştır. Bu akışkan 1/10 L oranında su ile karıştırılan bor yağı ile elde edilmiştir. Toplam 0,5 litre olan akışkanın 50 ml si bor yağı 450 ml ise sudan oluşmaktadır.



Şekil 1.5 Hidrolik silindir

Hazırlanan deneme düzeneğinde, kalıpların birbirine bağlanması için bazı birleştirme parçaları kullanılmıştır. Bu bağlantı parçalarının tümü sökülebilir parçalar olup kalıplara montajı ve demontajı mümkündür. Bu parçalar; 4 adet 12.9 M12*45 imbus civata, 4 adet 10x20x13 yeşil kalıp yayı, 4 adet 10x30 kalıp merkezleme pimi, sızdırmazlık için 4 mm'lik O-ring ve kalıbın tezgaha bağlanması için 4 adet M6x40 civata kullanılmıştır. Deneme düzeneğinde kullanılan hidrolik hortum 3/8" 330 Bar dayanıklı presli birleştirme hidrolik hortumdur. Basıncın gözlemlenmesi için kullanılan manometre ise 315 Bar'a kadar ölçüm yapabilen analog bir manometredir.

Projede şekil verilmek üzere çeşitli malzeme ve kalınlıkta saclar kullanılmıştır. Pompa basıncı maksimum 40 bar olarak ayarlanmıştır. Kalınlık olarak 0.5, 0.6, 0.9 mm malzeme türü olarak ise alüminyum sac, siyah sac ve paslanmaz sac levhalar seçilmiştir.

Hazırlanan deneme düzeneğinde, önceden hazırlanmış alt ve üst kalıp arasına şekil verilecek olan numune malzeme yerleştirilmektedir. Kalıplar yüksek basınç altındaki sıvının dışarı sızması için birbirine sıkıca bağlanmaktadır. Hidrolik güç ünitesi 40 bar basınca ayarlanmakta ve kontrol valfi

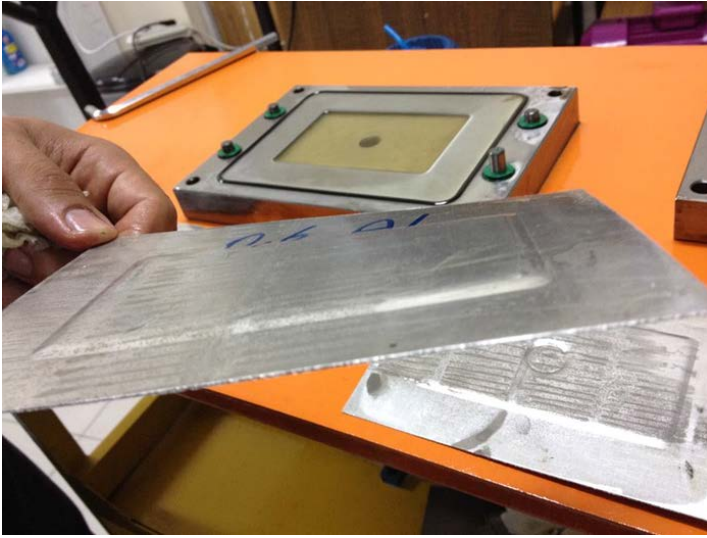
yardımıyla basınçlı yağ hidrolik silindire hareket vermektedir. Hidrolik silindirin ön tarafına konulan hydroforming sıvısı alt kalıba açılan boşluktan deneme numunesi üzerine basılmaktadır. Yüksek basınçlı akışkan numuneyi üst kalıpta açılan boşluklara üniform bir şekilde itmekte ve malzemeye istenilen formu vermemizi sağlamaktadır. Burada önemli olan kalıbın malzemeye uygun olarak tasarlanmasıdır.

Bulgular

Yapılan denemelerde de kalıpların arasına yerleştirilen sac alttan verilen akışkanın basıncı ile üst kalıptaki profile oturup şekil almaktadır. Kalıplar sacı sıkıştırıp sacın kendisini içeri çekmesini engeller.

Deneme1:

0.6 mm kalınlığında alüminyum sac levhanın denemesi yapılmıştır. 40 bar basınç altında malzemenin iyi bir şekilde kalıbın formu aldığı gözlemlenmiştir (Şekil 1.6).



Şekil 1.6. 0.6 mm Alüminyum Sac Levha

Deneme 2:

0.9 mm kalınlık alüminyum sac levha denemesi yapılmıştır. Kullanılan numune kalıp formunun şeklini almıştır.

Deneme 3:

0.5 mm lik siyah sac levhanın denemesi yapılmıştır (Şekil 1.7). 40 bar basınçta kullanılan numune çok küçük şekil değişimine uğramış fakat numuneye kalıp formu verilememiştir. 40 bar basınç bu malzemeleri şekillendirmek için yeterli olmamıştır.



Şekil 1.7. 0.5 mm Siyah Sac Levha

Deneme 4:

0.5 mm lik paslanmaz sac levhanın denemesi yapılmıştır (Şekil 1.8). 40 bar basınçta kullanılan numune çok küçük şekil değişimine uğramış fakat numuneye kalıp formu verilememiştir. 40 bar basınç bu malzemeleri şekillendirmek için yeterli olmamıştır.



Şekil 1.8. 0.5 mm Paslanmaz Sac Levha

Deneme 5:

Tek işlemle farklı geometrilerin üretimi için 0.6 mm alüminyum sac levha ile kalıp arası madeni para konulmuş ve baskı işlemi bu şekilde yapılmıştır. Sac levha üzerinde madeni paranın formu genel hatları ile oluştuğu Şekil 1.9 da görülmüştür. Fakat madeni para üzerindeki yazılar yeterli şekillenme boşluğu olmadığı için levha üzerine çıkmamıştır.



Şekil 1.9. 0.6 mm Alüminyum Sac Levha

Sonuçlar

0.6 mm ve 0.9 mm alüminyum sac levha ile yapılan denemelerde malzemenin istenilen kalıp formunu düzgün bir şekilde aldığı görülmüştür. 0.5 mm paslanmaz sac ve 0.5 mm siyah sac levhalarda ise istenilen form yakalanamamıştır.

Öneriler

Yüksek basınç altında metal şekillendirme yönteminde kullanılan güç ünitesi ve kalıplar büyük önem taşımaktadır. Şekillendirilecek malzemeye uygun olmayan güç değerleri, malzemeye istenilen formu verdiremeyecektir. Eğer kalıp çok derin, çok sivri köşeli yapılı ve çok ince numune kullanılırsa malzemenin köşelerinde yırtılmalar meydana gelebilmektedir. Aynı ünite üzerine farklı kalıplar bağlanarak, değişik basınç değerlerinde değişik malzemelerin şekillendirilmesi denenebilir.

Kaynakça

- Çelikayar, G., Yüksek basınç altında metallerin şekillendirilmesi”, III. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi ve Sergisi, s29
- Elaldı, F., Alkan, F., Coğun, F., “Sıvı basıncı ile sac şekillendirme.” Makine-tek Dergisi. Şubat 2012
- Halkacı, H.S., “Sac Hidrolik Şekillendirme Deney Ünitesi Gerçekleştirildi” Mühendis ve Makine Dergisi. 2011, Cilt:52 Sayı:615
- Karaağaç, İ., Özdemir, A. (2009). Sıvı basıncı ile sac şekillendirme(SBSŞ) Yönteminin Derin Çekilebilirlik Üzerine Etkilerinin İncelenmesi. 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS’09), 13-15 Mayıs 2009, Karabük, Türkiye
- Özer, M., Kişioğlu, Y. (2006). Hidrolik basınçlı akışkan (hidroforming) ile tesisat bağlantı elemanlarının şekillendirilmesi. TiMAK-Tasarım imalat Analiz Kongresi 26-28 Nisan 2006- BALIKESİR
- Palumbo, G., Tricarico, L. (2007). Numerical and experimental investigations on the warm deep drawing process of circular aluminum alloy specimens. J. Mater. Process. Technol. 184, (2007) 115–123.
- Yaşar, M., Kadı, İ., Evlen, H. (2011). AA 5754 Sacının Farklı Sıcaklıklarda Hidrolik Akışkanla Şekillendirilmesi” 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS’11), 16-18 May 2011, Elazığ, Turkey