



tüp metal malzemenin, erkek veya dişi kalıbın görevini alan akışkan bir ortam vasıtasıyla (su, viskoz, polimerik malzeme vs.) kapalı bir kaptaki şekillendirilmesi olarak tanımlanır. Akışkanın sıkıştırılmaz özelliğinden dolayı şekillendirme sırasında oluşan basınç etkisiyle malzemeler şekillendirilmektedir [1-3].

Sac hidrolik şekillendirmede sacın bir yüzüne basınçlı sıvı verilerek, sac dişi (Şekil 1a) veya erkek kalıbın (Şekil 1b) şeklini almaya zorlanır [1].

## Sac Hidrolik Şekillendirme Yönteminin Avantajları

Hidrolik şekillendirme işlemi, iki kalıp arasında malzemeyi geren veya uzatan diğer şekillendirme işlemlerinin aksine, metalin tek bir kalıp üzerinden akışına izin vermektedir. Bu yöntemde, akışkan basıncının her bölgede aynı olması nedeniyle parça kalınlığı homojen olmaktadır; dolayısıyla daha mukavemetli ve daha küçük toleranslı parçalar üretilebilmektedir. Geleneksel yöntemlerden daha büyük çekme oranları elde edilebilmektedir. Şekillendirilmesi zor veya imkânsız karmaşık şekilli parçalar tek bir operasyonla üretilebilmektedir. Parçanın tek bir operasyonla üretilmesi, kaynak ve perçinleme gibi ikinci bir işlemi ortadan kaldırmaktadır. Böylece parçalar daha hafif ve yapısal bütünlüğe sahip olmaktadır. Ayrıca sadece erkek veya dişi kalıp kullanılmasıyla kalıp maliyeti yarıya düşmektedir [1-5].

## Geliştirilen Sac Hidrolik Şekillendirme Deney Ünitesi

Ülkemizde sac hidrolik şekillendirme pres imalatına yönelik ilk çalışmalar, Selçuk Üniversitesi öğretim üyeleri öncülüğünde Ocak 2008 tarihinde, TÜBİTAK'a sunulan MAG 1001 projesiyle başlamıştır. Çeşitli revizyonlardan sonra Aralık 2008'de proje kabul edilmiştir. 108M516 nolu "Baskı plakasına süzdürme çubuğu eklenmesiyle alaşımlı alüminyum

sacların hidro şekillendirme yöntemiyle şekillendirilebilme kabiliyetinin artırılması" isimli, yaklaşık 250.000 TL bütçeli bu proje kapsamında bir sac hidrolik şekillendirme presini Konya sanayisinde başarılı bir şekilde imal edilmiştir. Projede araştırmacı olarak; Prof.Dr. Osman Yiğit (Karabük

TL destek alınmıştır. Böylece makine teçhizatı için toplam 182.000 TL bütçeyle pres imal edilmiştir. Pres tasarımı proje ekibi tarafından yapılmıştır. Fiyat araştırması sırasında yaklaşık aynı kapasitedeki bir hidrolik şekillendirme presini için kontrol ünitesiyle birlikte Interlaken firması

Çizelge 1. İmal Edilen Presle Benzer Özellikteki Bir Presin Kıyaslanması

| Özellik                                 | İmal edilen pres                                  | Yurt dışından fiyat teklifi alınan pres (Interlaken Model 3360-150-115-24-HTML) |
|---|---|---|
| Baskı plakası kuvveti, ton              | 60<br>± 5 daN hassasiyetle ayarlanabilmekte       | 66  |
| Stampa kuvveti, ton                     | 60  | 52  |
| Stampa stroğu, mm                       | 300<br>0.01 mm hassasiyetle kontrol edilebilmekte | 305   |
| Baskı plakası stroğu, mm                | 300   | 305   |
| Stampa hızı, mm/dk                      | 0-250<br>±6 mm/dk hassasiyetle ayarlanabilmekte   | 0-25400   |
| Tabla boyutu, mm                        | 760x1040  | 762x762   |
| Sistemin çalışması için gerekli güç, kW | 11 kW   | -   |

Üniversitesi) ve Yrd.Doç.Dr. Behçet Dağhan (Selçuk Üniversitesi), danışman olarak Doç.Dr. Fahrettin Öztürk (Niğde Üniversitesi), bursiyer olarak da dört doktora öğrencisi görev almaktadır. Elektronik kontrol kısmı da S.Ü. Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerinden Yrd.Doç.Dr. Nihat Yılmaz tarafından gerçekleştirilmiştir.

Bilindiği gibi 1001 projeleri kapsamında makine teçhizatı ödeneği olarak verilen maksimum limit olan 100.000 TL ile özel ekipmanlar gerektiren böyle bir presin imalatının yapılması oldukça zordur. TÜBİTAK tarafından yapılan desteğe ilave olarak Selçuk Üniversitesi BAP Koordinatörlüğü'nden yaklaşık 82.000

465.000 TL fiyat teklifi vermiştir. Yurt dışından temin edilecek bu prese göre yaklaşık olarak 2.5 kat daha ucuza imal edilen prese ait özellikler karşılaştırmalı olarak Çizelge 1'de verilmiştir.

Hidrolik şekillendirme presinin mekanik kısmını Konya sanayisinde bulunan HÜRSAN A.Ş.'ye, hidrolik kısmını SİMYA HİDROLİK A.Ş.'ye ve elektronik kısmını da SAMUR A.Ş.'ye yaptırılmıştır. Prese ait sistem şeması Şekil 2'de, fotoğrafı da Şekil-3'te verilmiştir.

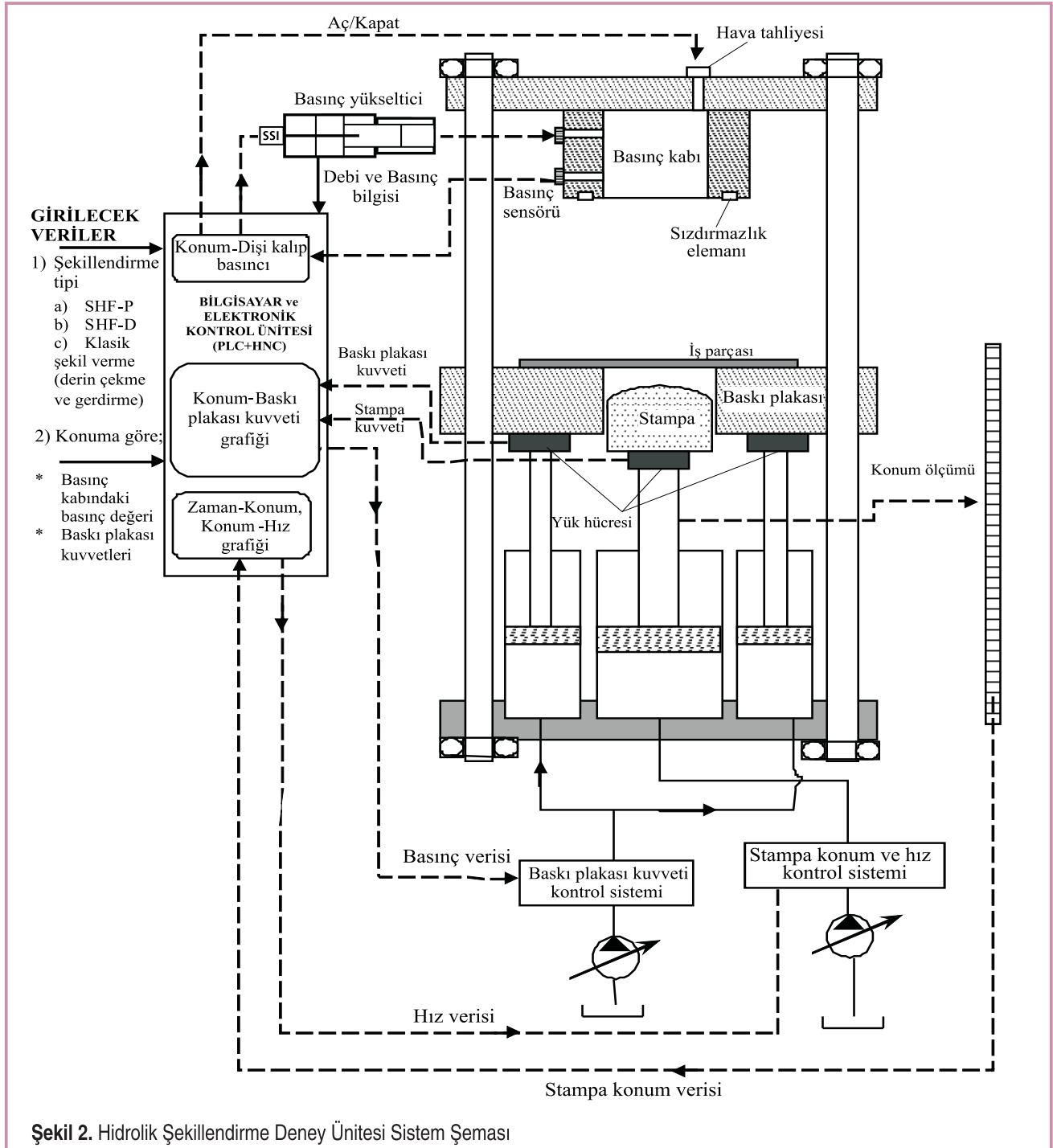
Baskı plakasına gelen kuvvetleri daha doğru tespit etmek için sürtünmeleri en aza indirmek amacıyla hareketli tablanın yataklanmasında indüksiyonla sertleştirilmiş ve taşlanmış sütunlar

üzerinde hareket eden bilyalı lineer yataklar kullanılmıştır. Yük hücreleri ve basınç sensörlerinin kalibrasyonu yaptırılmıştır. Stampa ve basınç yükseltici silindirlerinde hassas konum sensörleri kullanılmıştır.

Basınç yükselticiler ülkemizde henüz üretilmemektedir. Uluslararası alanda

da 1000~4000 Bar basınç sağlayacak basınç yükselticiyi ancak birkaç firma üretmektedir. İthalatçı firmalardan aynı kapasiteli bir basınç yükseltici için 40.000~60.000 TL teklifler alınmıştır. İmal edilen ve teklif alınan basınç yükselticilere ait teknik özellikler Çizelge 2'de verilmiştir. Bütçe

yetersizliği nedeniyle proje kapsamında hedeflenen 1000 Bar basınç sağlayacak bir basınç yükseltici ithal edilememiştir. Ancak bu darboğaz fırsata dönüştürülerek, AR-GE çalışmalarıyla Konya sanayisinde 7.000 TL'ye imal ettirilerek başarılı şekilde işletmeye alınmıştır.



Şekil 2. Hidrolik Şekillendirme Deney Ünitesi Sistem Şeması



Şekil 3. Tasarlanıp İmal Edilen Hidrolik Şekillendirme Presi

çalıştırılabilmektedir. HNC kontrolle stampa, baskı plakası ve basınç yükselticinin kontrolü, klasik elektronik kontrol sistemlerine göre çok daha başarılı bir şekilde yapılabilmektedir. Doğal olarak tüm sensörlerdeki veriler bilgisayara kaydedilebilmektedir.

Hidrolik şekillendirme presi Selçuk Üniversitesi laboratuvarlarında başarılı bir şekilde işletmeye alınmıştır. Hidrolik ünitedeki valf ve motorlardan çıkan ses, civardaki araştırmacıları rahatsız edecek düzeyde olduğu için hidrolik ünite için dışarıya 10 mm Thermaflex PE köpük, 10 mm ahşap, 100 mm taş yünü ve 10 mm ahşap yalıtım malzemeleri kullanılarak bir yalıtım kabini içerisine alınmıştır. Bu sefer de kabin içerisindeki sıcaklık hidrolik ekipmanlara zarar verebilecek seviyede artmıştır. Bunu önlemek için kabin içerisine 10.000 BTU kapasiteli bir duvar tipi klima yerleştirilmiştir.

Sonuç olarak, geleneksel yöntemlere göre oldukça üstün özelliklere sahip olan bu üretim yönteminin deney ünitesi ölçeğinde kalmasıyla yetinilmeyip, sanayi ölçeğinde 5000~20000 ton stampa kuvvetine, 4000~6000 Bar sıvı basıncına sahip presler imal edilerek ülkemizin gelişmiş teknolojileri takip etmesi gerekir.

## KAYNAKÇA

1. Altan, T. 2006. "Processes for hydroforming sheet metal, Part I: Sheet hydroforming with a die," Stamping Journal-An FMA Publication, pp. 40-41.
2. Zhang, S.H. et al., 2004. "Recent Developments in Sheet Hydroforming Technology," Journal of Materials Processing Technology, Vol. 151, pp. 237-241.
3. Singh, H. 2003. Fundamentals of Hydroforming, Society of Manufacturing Engineers.
4. Mentella, A. Introduction to the Hydroforming Processes, Università di Cassino.
5. Altan, T. 1998. Metal Forming Handbook, Schuler, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

Çizelge 2. İmal Edilen Basınç Yükselticiyle Benzer Özellikteki Bir Basınç Yükselticinin Kıyaslanması

| Özellik                       | İmal edilen pres  | Yurt dışından fiyat teklifi alınan basınç yükseltici (Hanchen firması) |
|-------------------------------|---|--|
| Maksimum sıvı basıncı, bar    | 1000<br>±2 Bar hassasiyetle ve debinin 1~10 lt/dk arasında ayarlanmasıyla aktif basınç kontrollü olarak yapılmaktadır | 1000   |
| Birincil basınç, bar          | 245   | 250  |
| Birincil maksimum debi, lt/dk | 188,5   | 92   |
| İkincil maksimum debi, lt/dk  | 23,1  | 23   |
| Strok hacmi, cm <sup>3</sup>  | 2690  | 2000   |
| Piston hızı, mm/dk            | 1,7   | 3,6  |

Presin elektronik kontrolünün başlangıçta Siemens S7300 CPU319-3 SCADA PLC yazılımları aracılığıyla klasik elektronik sistemle sağlanması tasarlanmıştır. Hidrolik şekillendirmede aynı anda üç farklı eksen kontrolünün yapılması gerektiği için birbiriyle tutarlı sonuçların elde edilebilmesi amacıyla kapalı çevrim bir kontrol sisteminin kullanılması gereklidir. PLC kullanılması durumunda tamamen

programcının kabiliyetleriyle sınırlı bir kontrol yazılımı kullanılacağı için elektronik otomasyonun istenen performansı sağlayamayacağı ihtimali ortaya çıkmıştır. Bu nedenle hidrolik elemanların CNC'ye benzer şekilde G kodlarıyla kontrol edildiği ve kapalı çevrim kontrol sağlayan Hidrolik Nümerik Kontrol (HNC) sisteminin kullanılmasına karar verilmiştir. Deney ünitesi, hem PLC ile hem de HNC ile