



YÜKSEK BASINÇ ALTINDA METALLERİN SEKİLLENDİRİLMESİ (HİDROFORMING)

Güner ÇELİKAYAR

ÖZET

Sanayide gelecekteki mücadele, kullanılan kaynakların ve çevrenin korunması üzerine olacaktır. Bunun sonucunda teknolojik olarak kalitesi yüksek ürünlerin düşük maliyetle ve daha az enerji ile üretilmesi ve çevre için yeniden kullanılmaya müsaade edilebilir bir yapıda olması önem kazanmaktadır. Bu bağlamda özellikle otomotiv endüstrisinde metallerin şekillendirilmesi konusunda yeni bir teknik kullanılmaya başlanmış ve karmaşık geometriye sahip metaller yüksek basınç altında şekillendirilerek (hydroforming) üretilmeye başlanmıştır.

Karmaşık geometriye sahip malzemeler daha kolay üretildiğinden dolayı çevre dostu olmayan plastik malzemelerden üretilmekte fakat bu yeni yöntem sayesinde plastik yerine çevre ile daha uyumlu geri dönüşümü mümkün metal malzemeler kullanılmaya başlanmıştır.

Yüksek basınç altında şekillendirme işleminde bir kalıp tarafından sıkıştırılmış içi boş yapıya sahip bir borunun içine veya bir sac üzerine yüksek basınçlı akışkan gönderilerek borunun cidarlarının kalibin geometrisine göre genişlemesi ve istenen şekle gelmesi işlemidir. Bu işlemde kullanılan basınç şekillendirilen malzemeye göre 1000-6000 bar civarındadır. Bu yüksek basınçları herhangi bir pompa ile sağlamak mümkün olmadığından dolayı bu işlem özel olarak tasarlanmış basınç yükselticiler tarafından sağlanmaktadır. Ayrıca basınçlarda çok yüksek olduğundan dolayı bu işlemde kullanılacak akışkanın sıkıştırılabilirlik özelliği önem kazanmakta ve bu yüzden su esaslı akışkanların kullanılması uygun olmaktadır.

GİRİS

Otomotiv endüstrisinde kullanılan malzeme ve bu malzemenin şekillendirilmesinde kullanılacak teknoloji önemli bir role sahiptir. Değişik bir geometriye sahip içi boş sert bir metalin şekillendirilmesi işlemi için özel imalat yöntemlerinin kullanılması gerekecektir.

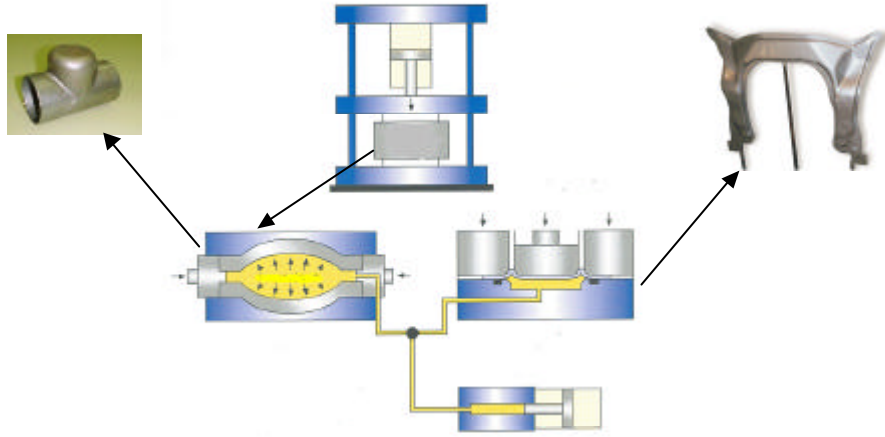
İste birkaç özel üretim yöntemi ile elde edilebilecek bir otomotiv parçası yüksek basınç altında şekillendirme işlemi kullanılarak, bir defada şekillendirilebildiği için, bu tip malzemelerin üretilmesi konusunda diğer üretim yöntemlerine göre büyük avantaj sağlamaktadır.

Otomotiv endüstrisinde hafif araçlar üretmek şu an olduğu gibi ve gelecekte de önemini koruyacaktır, yüksek basınç altında şekillendirme işlemiyle çok özel şekiller diğer imalat yöntemlerine göre çok daha hafif olarak üretilmektedir. Özellikle alüminyum alaşım malzemeler bu yöntemle diğer imalat yöntemlerine göre %50 daha hafif olarak üretilebilmektedir. Diğer imalat yöntemleri kullanılarak üretilen karmaşık şekle sahip bir elemanda örneğin kaynak işlemi kullanılmakta, ürün birkaç parçadan oluşmakta, daha ağır olmakta ve boyutsal hassasiyeti çok iyi olmamakta ve dolayısıyla bunların hepsi maliyet artışı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Diğer imalat yöntemleriyle karşılaştığımızda örneğin sivama, pañç ve ekstrüzyon preslerinde kalıp malzemenin şekillendirilmesinde birinci derecede rol oynar ve şekillendirmenin kalitesini belirler yüksek basınç şekillendirmesinde ise makina ve kontrol sistemi birinci derecede rol oynar ve işin kalitesine etki eder.

Bir kalıp tarafından sıkıştırılmış içi boş bir malzemenin içine yüksek basınçlı akışkan gönderilerek şekillendirme işleminde kullanılan malzeme plastik veya kauçuk gibi bir malzeme olsaydı bize ilk anda basit bir işlem gibi gelebilirdi fakat şekillendirilecek malzeme demir, çelik veya alüminyum ise gerçekte basit bir işlem değildir.

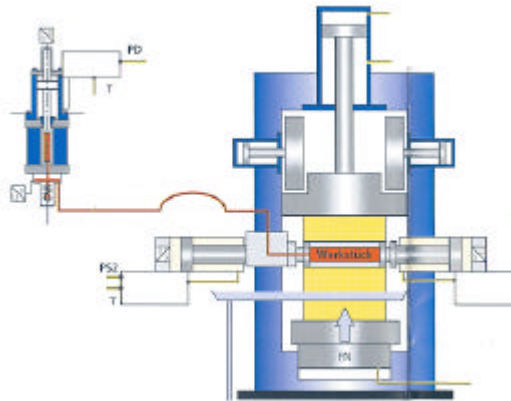
Bu yüksek basınç altında şekillendirme işlemi sematik olarak Şekil 1’de gösterilmiştir



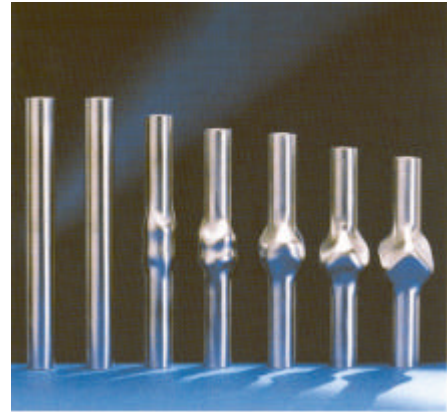
Şekil 1.

Şekilde görülen içi boş bir boru kalibin alt kısmına yerleştirilir, sonra üst kalıp kapanır ve her iki taraftaki aksel silindirlerde kaliba doğru kapanır ve basınçlı akışkan doldurma pozisyonunu alır su esaslı akışkanın iş parçası içine doldurma işlemi yapıldıktan sonra, aksel silindirler borunun iki tarafını daha yüksek bir kuvvetle sıkarak kapatırlar sonra, basınç yükseltici vasıtasıyla yüksek basınç sağlanır. (yaklaşık 2000 bar ve bazı durumlarda daha da yukarı) Yüksek basınç etkisiyle borunun cidarları kalibin geometrisine göre genişlemeye başlar, sonra basınç 4000 bar’a çıkar ve kalibrasyon işlemi yapılır ve malzeme kalibin şeklini almış olur. Borunun sismesi esnasında yandaki silindirlerde yandan baskı yaparak boruyu iterler ve böylece borunun et kalınlığı da kontrol edilmiş olur. Şekil 3’de şekillendirme işleminin aşamaları gösterilmektedir.

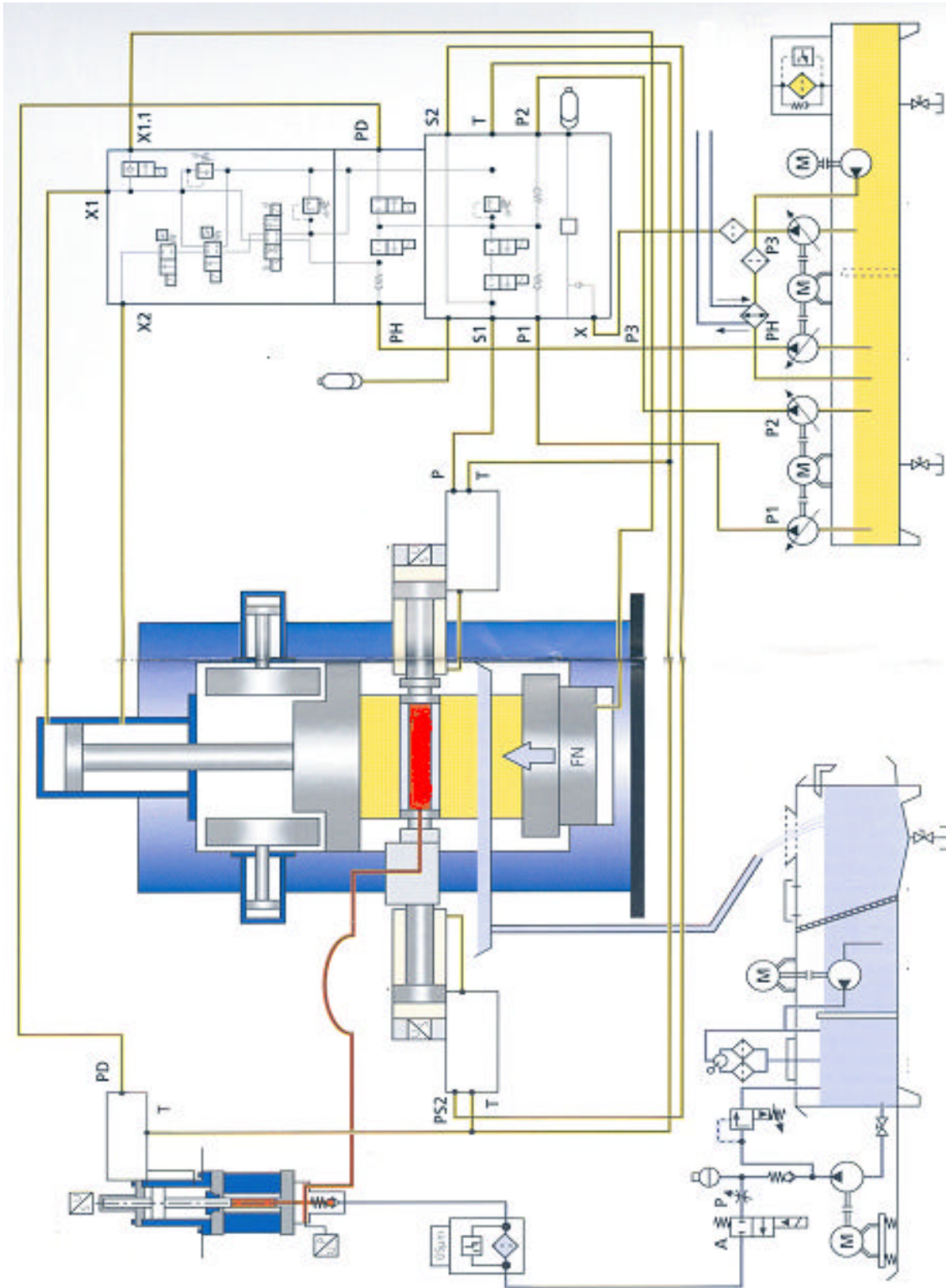
Yüksek basınç altında yapılan şekillendirmeyi sağlayan elemanların oluşturduğu pres sistemi Şekil 2’de gösterilmektedir.



Şekil 2.



Şekil 3.



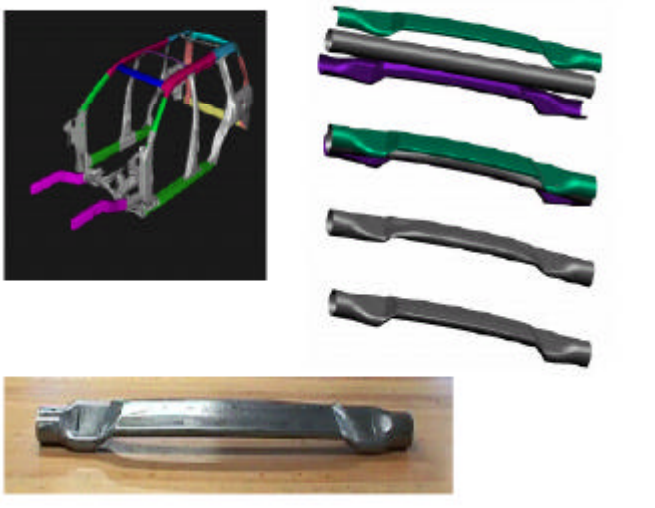
Sekil 4.

Bu şekillendirme işlemine soğuk ekstrüzyon işlemi diyebiliriz, bu işlemin avantajları

- Zor geometriye sahip malzemeler rahatlıkla üretilmekte,
- Birçok operasyon yerine tek operasyonda üretim yapılabilen,
- Yüksek mukavemetli malzemeler rahatlıkla şekillendirilebilmekte,
- Hassas ölçüleri yakalayabilmekte,
- Diğer imalat yöntemlerine göre parçaların % 50 ye yakın daha hafif olarak üretim imkanı sağlanabilmekte,
- Çevreyle uyumlu olmayan plastik parçalar yerine çevre ile daha uyumlu yeniden kullanılmaya daha uygun metal parçalar kullanabilmektedir.

Yukarıdaki özelliklerden dolayı bu şekillendirme teknolojisinin gelecekte daha da geliştirilmesi ve birçok yeni alanda uygulama imkanı bulabileceği beklenmektedir.

Otomobil üzerinde kullanılan birçok parça (Şekil 5-6) yukarıda sayılan avantajlarından dolayı bu yöntem vasıtasıyla üretilmeye başlanmıştır



Şekil 5.



Şekil 6.

Hidrolik Sistem

Bu özel şekillendirme yönteminde iki farklı akışkan kullanıldığı için 2 farklı hidrolik sistem (Şekil 4) kullanılmaktadır

1-Birinci hidrolik tahrik sistemi

2-İkinci hidrolik tahrik sistemi

1-Birinci Hidrolik Sistem:

Birinci sistem diğer preslerdeki tahrik ve kontrol sistemiyle benzer bir sistemdir. Alt ve üst kalıp hareketleri, aksel silindirlere hareketleri ve basınç yükselticinin hareketleri gibi ana hareketlerin meydana getirilmesi için oluşturulan mineral yağın kullanıldığı hidrolik güç ünitesi.

Burada kullanılan pompalar değişken debili aksel pistonlu pompalardır. Pres kontrol bloğu da güç ünitesi üzerine monte edilmiştir ve kullanılan yağın kirliliğine karşı korumak için ünite üzerinde filtrasyon ve soğutma sistemi monte edilmiştir.

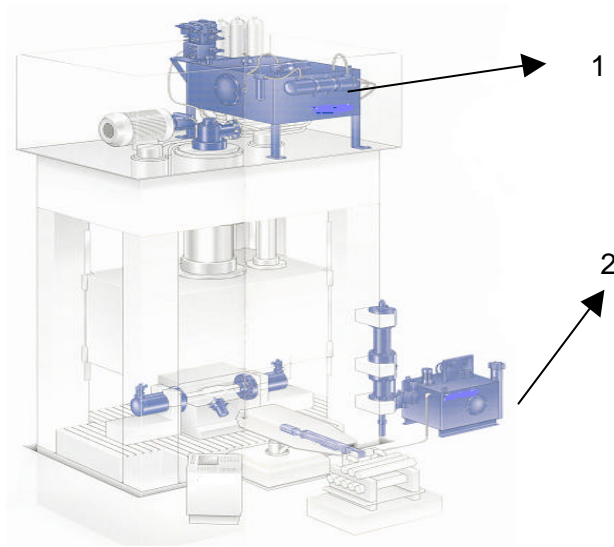
Aksel silindirler kapalı devre kontrol sistemine sahip olduğu için oransal kontrol blokları silindirin üzerine monte edilmiştir, aynı şekilde basınç yükselticinin kontrol bloğu ve basınç sensörleri de basınç yükseltici silindirin üzerine monte edilmiştir.

2-İkinci Hidrolik Tahrik Sistemi

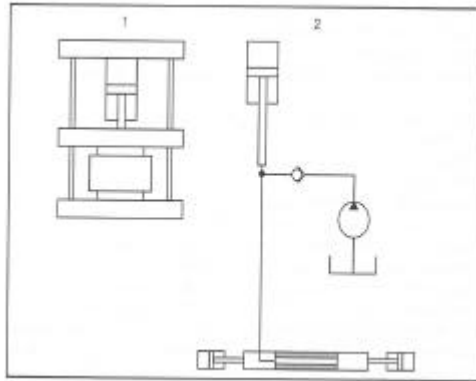
İkinci hidrolik tahrik sisteminde HFA tipi su esaslı akışkan kullanılmakta ve bu akışkan sabit debili bir pompa vasıtasıyla yüksek basınç hattına gönderilmektedir. Şekillendirme işlemi bittikten sonra kullanılan su esaslı akışkan depoya geri dönmekte ve burada bekledikten sonra filtreden geçirilerek pompanın emiş hattına basılmaktadır. Yüksek basınç hattına tekrar basılırken de 5 mikronluk filtrelerden geçerek iş parçasının içine gönderilmektedir. İkinci sistemde kullanılan akışkan su esaslı olduğu için burada kullanılan borular, flanşlar ve diğer bağlantı elemanları paslanmaz çeliktir.

İki hidrolik sistemin sızıntı hatları birbirine karışmadan hidrolik ünitelerine dönmelidir. Ayrıca yüksek basınç hattı ile düşük basınç hattı arasında herhangi bir kaçak olmaması için yükselticideki piston ve millerin sızdırmazlığının iyi yapılması gerekmektedir.

Birinci ve ikinci hidrolik sisteminin pres üzerindeki konumları Şekil 7'de gösterilmektedir.



Şekil 7.

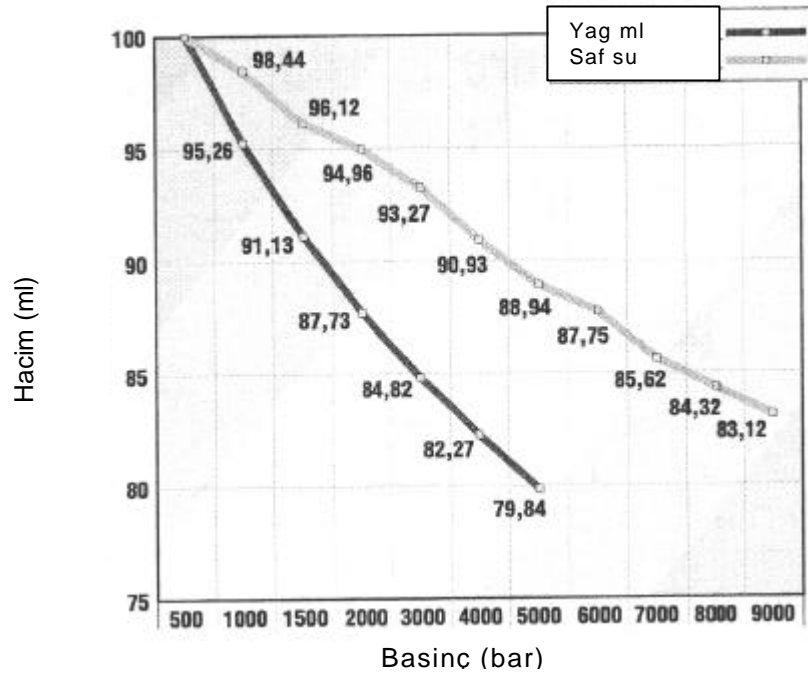


Şekil 8.

Şekillendirme İşleminde Kullanılan Akışkan

Mineral yağın yanma özelliğinden dolayı yüksek basınç altında sıkıştırma işleminde su esaslı akışkanların kullanılması daha uygun olmaktadır.

Sıkıştırılabilirlik özelliği açısından mineral yağ ile su esaslı akışkanları mukayese edecek olursak şekil 9'da görüldüğü gibi belirli bir basınç altında mineral yağlar daha fazla sıkıştırılmakta dolayısıyla su esaslı akışkanlar daha az sıkıştırılabildiğinden dolayı bu işlem için daha uygun olmaktadır.



Şekil 9.

Bu yöntemde kullanılan su esaslı akışkanları inceleyecek olursak
HFA hidrolik akışkan sınıflaması
A= su esaslı
HFA-S sentetik katkıli
HFA-E mineral yağ katkıli

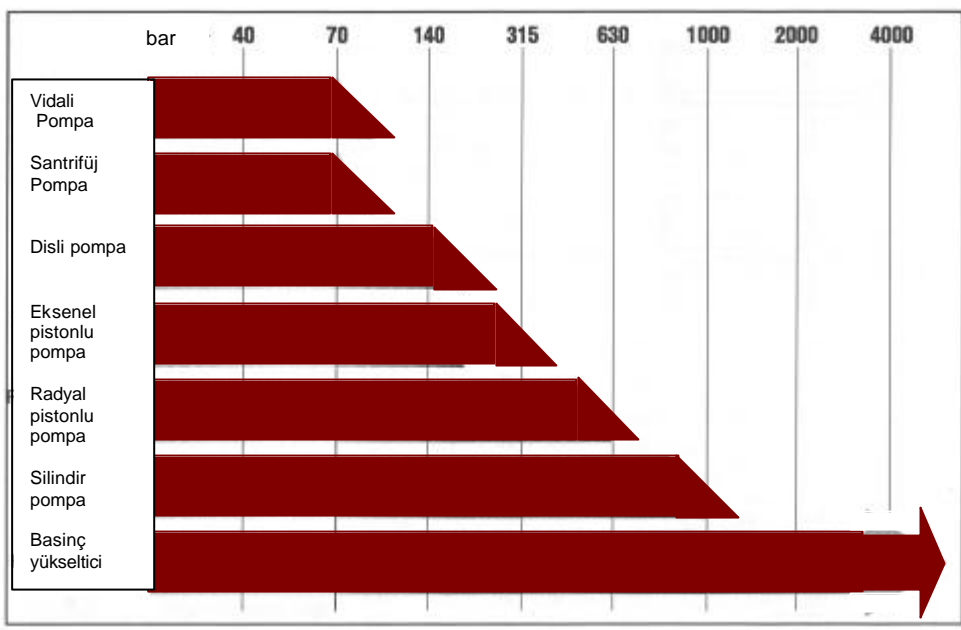
Su esaslı akışkanın sahip olması gereken özellikler

- Yağlama karakteristiği iyi olmalı, aşınmaya ve korozyona karşı sistemi korumalı,
- Viton ve Nitril keçelerle çalışmaya uygun olmalı,
- Hidrolik sistemde kullanılan elemanların malzeme yapısı ile uyumlu olmalı,
- Yüksek filtrasyon kabiliyetine sahip olmalı 1-3 mikron,
- Mikrop üremesine engel olacak yapıda olmalı,
- Yanmaz olmalı,
- Karıştırma oranı 95:5 olmalı katkı oranı % 5 in altına düşmemeli kullanılan su kalitesi iyi olmalı,
- Çevre ile dost olmalı,
- Üretim esnasında kullanılan diğer akışkanlara karışma durumunda yapısı uyumlu olmalıdır.

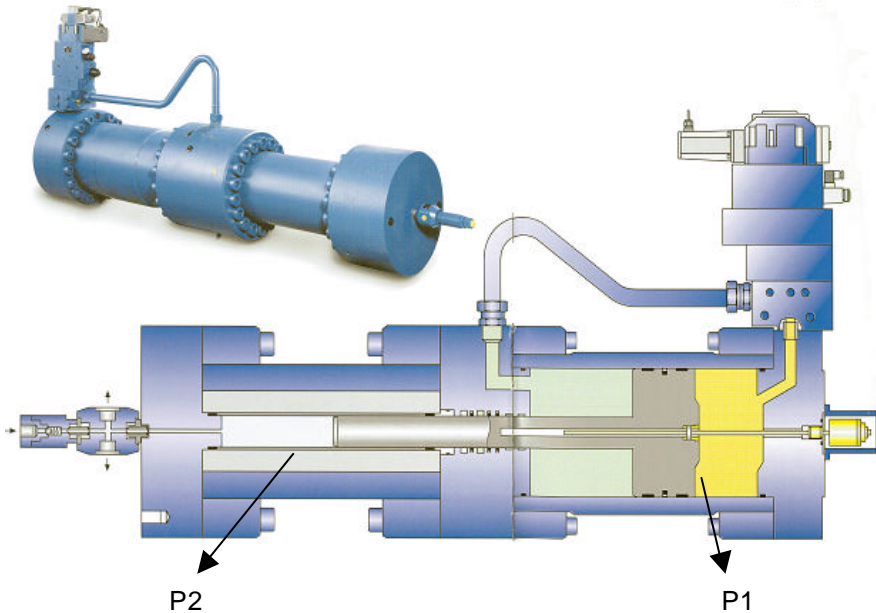
Basınç Yükseltici

Yüksek basınç altında şekillendirme işlemini yapabilmek için ihtiyaç duyduğumuz yaklaşık 4000 bar'lık basıncı sağlayabilmek için uygun bir basınç pompası seçmemiz gerekmektedir.

Bu işlem için kullanabileceğimiz uygun pompayı seçebilmemiz için şekil 10'daki tabloyu incelediğimiz zaman aksel pistonlu pompa ile en fazla 400 bar'ı elde edebiliyoruz radyal pistonlu pompa ile de ancak 650 -700 bar'a ulaşabiliyoruz ihtiyacımız olan 2000-4000 bar basınç ancak basınç yükseltici vasıtasıyla elde edilebilmektedir.

**Sekil 10.**

Yüksek basınç altında şekillendirme sisteminin kalbi basınç yükselticidir. Makina üzerindeki konstrüksiyona göre eksenel olarak veya ayrı olarak monte edilebilmektedir. Eğer ayrı olarak monte edilmişse esnek, yüksek basınç bağlantı elemanına ihtiyaç vardır. Basınç yükseltici vasıtasıyla 2000 bardan 4000 bar'a kadar hatta bazı özel uygulamalarda 6000 bar'a kadar basınç meydana getirilir. Basınç yükselticinin deplasmanı 0,08-15,3 dm³ aralığında olabilir

**Sekil 11.**

Birinci sistemdeki çalışma basıncı P1 in artmasıyla ikinci sistemdeki P2 yüksek basıncı artmaktadır (Sekil 11).

Birinci ve ikinci kısımdaki alan oranı basınç yükseltme faktörünü verir

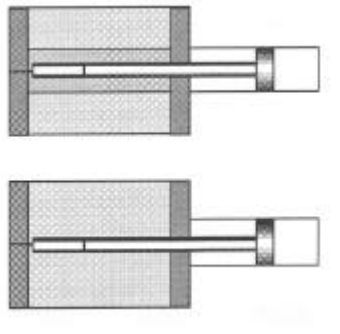
$$P2=(A1/A2)*P1$$

@=A1/A2 basınç yükseltme faktörü

Basınç yükselticide kullanılan basınca göre 2 farklı tasarım mevcuttur (Şekil 12).

Yaklaşık olarak 2000 bar'a kadar kullanılan sistemlerde tek tabakalı tasarım denilen piston milinin içinde hareket ettiği yüksek mukavemetli esnek malzemeden yapılmış kalın etli bir boru kullanılır.

Basınç yaklaşık olarak 2000 bar'dan yüksek ise iki tabakalı tasarım denilen aynı malzemeden yapılmış gerilim altında birbirinin içine geçirilmiş iki borudan oluşmaktadır



Şekil 12.

Basınç yükselticinin kontrol bloğu üzerindeki elemanlar

- Oransal valf ve emniyet valfleri
- Silindirin içine takılmış pozüsyon transdüseri
- Akışkan besleme çek valfi

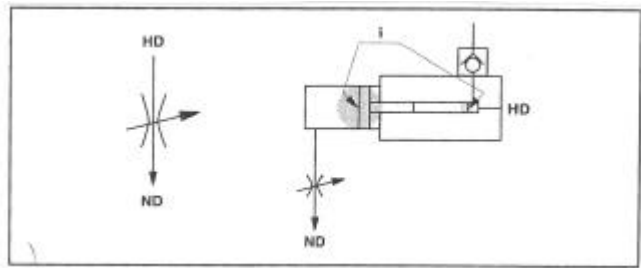
Kullanılan sızdırmazlık sistemi aşınmaya karşı dayanıklı olmalıdır, basınç altında kalan elemanların ömürlerinin uzun olması için yüksek basıncın kontrol edilebiliyor olması gerekir.

Basınç yükseltici dizayn edilirken uygulama tipine göre aşağıdaki kriterler göz önüne alınmalıdır.

- Maksimum kalibrasyon basıncı
- Strok hacmi
- Yüksek basınçlı yağın debisi
- Silindirin hızı ve cevap verme süresi

Dekompresyon

Yüksek basınç altında şekillendirme yönteminde önce iş parçasının içine akışkan yaklaşık 40 bar da doldurulmakta sonra 2000 barda genişleme olmakta 4000 bar a gelindiğinde de kalibrasyon işlemi yapılmakta ve işlem bitmekte, işlem bittiği zaman meydana getirilen yüksek basıncın emniyetli bir şekilde düşürülmesi gerekmektedir bu işleme dekompresyon işlemi diyoruz. Bu işlem iki şekilde yapılabilir (Şekil 13).



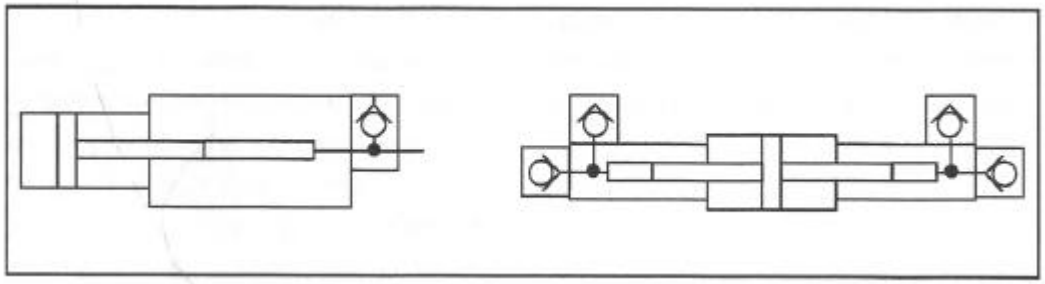
Şekil 13.

1- Su esaslı akışkanın bulunduğu hattan tanka sızdırılması: bu işlem esnasında kullanılan kısma valfinde asiri ısınma meydana gelebilir ve kısma valfinin ömrü basınca ve debiye bağlı olarak azalabilmektedir.

2- Basınç yükselticinin mineral yağın bulunduğu kısımdaki silindirden yağın atılması yolu ile: burada silindir kapalı devre ile kontrol edildiği için dekompresyon işleminin buradan yapılması daha doğru olmaktadır.

Dekompresyon işleminde 4000 barda sıkışmış olan belirli bir hacimdeki yağ miktarı dışarı atılmaktadır.

Basınç yükselticileri tek etkili ve çift etkili olabilirler (Şekil 14).



Şekil 14.

Basınç yükselticinin boyutlarının belirlenmesi için uygulama tipi kalibrasyon basıncı, basma hacmi, ve cevap verme süresi dikkate alınmalıdır.

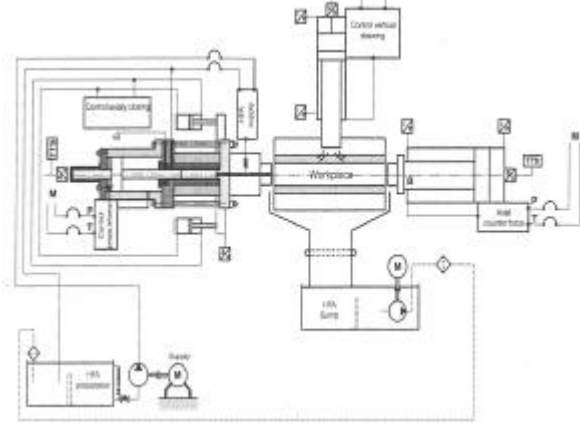
Aşağıdaki tablo vasıtasıyla ihtiyaç duyduğumuz basınca göre uygun yüksek basıncı sağlayan mil çapını D1 ve stroğu belirleyebiliriz

D2	A2	A3	Q _{max}	Q _{max}	p	i	D1	A1	Stroke max.	Stroke volume	HD-Q max.	Pressure stag max.
[mm]	[cm ²]	[cm ²]	[L/min]	[L/min]	[bar]		[cm ²]	[mm]	[mm]	[L]	[L/min]	[bar]
63	31,17	27,37	18,7	82,0	245	8,20	22	3,80	220	0,08	2,28	2000
100	78,54	68,37	47,1	205,0	260	7,72	36	10,17	360	0,37	6,11	2000
150	176,71	152,09	106,0	455,0	280	7,17	56	24,62	560	1,38	14,78	2000
200	314,16	275,69	188,5	828,0	245	8,16	70	38,47	700	2,69	23,09	2000
220	380,13	323,41	228,0	970,0	300	6,70	85	56,72	850	4,82	34,05	2000
280	615,75	537,25	370,0	1611,0	255	7,84	100	78,50	1000	7,85	47,12	2000
320	804,25	681,60	482,5	2050,0	305	6,55	125	122,66	1250	15,33	73,63	2000
80	50,27	46,50	30,2	140,0	305	13,22	22	3,80	220	0,08	2,28	4000
140	154,00	143,80	92,4	430,0	265	15,12	36	10,17	360	0,37	6,11	4000
200	314,16	289,50	188,5	869,0	315	12,76	56	24,62	560	1,38	14,78	4000
250	490,87	452,40	295,0	1357,0	315	12,76	70	38,47	700	2,69	23,09	4000
320	804,25	747,50	483,0	2243,0	285	14,17	85	56,72	850	4,82	34,05	4000
380	1134,12	1055,60	680,0	3174,0	280	14,44	100	78,50	1000	7,85	47,12	4000
100	78,54	74,74	47,0	225,0	290	20,67	22	3,80	220	0,08	2,28	6000
160	201,06	190,90	121,0	573,0	305	19,77	36	10,17	360	0,37	6,11	6000
250	490,87	466,25	295,0	1400,0	300	19,94	56	24,62	560	1,38	14,78	6000
320	804,25	765,78	483,0	2300,0	290	20,91	70	38,47	700	2,69	23,09	6000

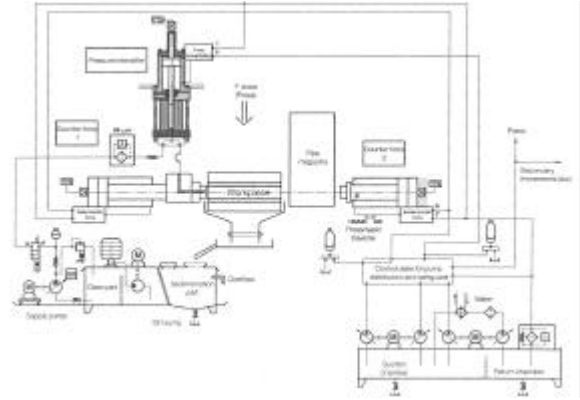
Şekil 15.

Basınç Yükselticinin Makina İçinde Konumlandırılması

Asili montaj:Yukarıda asili bir şekilde durması (şekil 16) üzerinde pislik toplanmasını engeller
Yatay montaj :Kapama silindiri üzerine yatay olarak montaj. şekil 17



Sekil 16.



Sekil 17.

SONUÇ

Yüksek basınçlı akışkan vasıtasıyla şekillendirme işlemi endüstride çok geniş bir uygulama alanı bulmakta ve dolayısıyla gelişmeye açık bir proses olmayı sürdürmektedir. Özellikle otomotiv endüstrisinde bu yöntem vasıtasıyla hem üretim maliyetleri düşmekte hemde daha hafif araç üretebilme imkanı sağlanmaktadır. Bu yöntem için boş yapıdaki malzemelerin şekillendirilmesi yanında düz sacların şekillendirilmesinde de yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Gelecekte birçok ürün bu yöntem vasıtasıyla üretilmeye başlanacak ve hidrolik sistemlerde yeni bir uygulama alanında daha da yaygın olarak kullanılmaya devam edecektir.

KAYNAKLAR

- [1] Conference Hydraulic and electronics in presses. Rexroth Hydraulics RE 00336/11 96
- [2] Hydroforming technology, Bart Carleer,27november 2002
- [3] Stamping and Hydroforming technology research and development consortium, The Ohio State University,Columbus,Ohio,USA August 2003

ÖZGEÇMİŞ

Güner ÇELİKAYAR

1966 yılı Hayrabolu doğumludur. 1988 yılında İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği bölümünü bitirmiştir. 1988-1992 yılları arasında Hema Hidrolik A. S de ve 1993-1996 yılları arasında Hidroser A. S de çalışmış 1996' dan beri de Bosch-Rexroth A.S.' de proje mühendisi olarak çalışmaktadır