

6. AKIŞKANLARIN TAŞINMASI

[\(Ref. e makaleleri\)](#)

6.2. Akışkan İletici Cihazlar; Pompalar, Fanlar, Kompresörler

Akışkanlar pompalar, fanlar ve kompresörlerle hareket ettirililer. Bunlar akışkanın mekanik enerjisini artırır; enerjideki artış hızın, basıncın veya akışkanın yüksekliğini artırmada kullanılır. Enerji eklenmesinde en yaygın iki yöntem, dış kuvvetlerle pozitif yer değiştirme ve santrifüj etkidir. Bu yöntemlerle iki sınıf akışkan itici cihaz dizayn edilmiştir; bunlar akışkana,

- Doğrudan basınç uygulayan (pozitif yerdeğiştirme) cihazlar,
- Tork uygulayarak dönme sağlayan (santrifüj pompalar, blowerler ve kompresörler) cihazlardır.

Pozitif-yerdeğiştirmeli cihazlarda kuvvet, bir silindir içindeki pistonla (pistonlu pompalar), veya dönen basınç elemanlarıyla (döner pozitif yerdeğiştirmeli pompalar) sağlanır.

"Pompa, fan, blower, kompresör" sözcükleri her zaman yerli yerinde kullanılmaz. Örneğin, "hava pompası" ve "vakum pompası" bir gazın sıkıştırılmasında yararlanılan cihazlardır. Genel olarak pompa "bir akışkanı hareket ettiren", fan, blower, kompresör ise "bir gaza enerji veren" sistemlerdir. Fanlar, açık alana veya geniş kanallara büyük hacimlerde gaz boşaltır; düşük-hızlı döner cihazlardır ve birkaç in su basıncı yaratırlar. Blowerler yüksek-hızlı döner cihazlardır, pozitif yerdeğiştirme veya santrifüj kuvvet kullanırlar; yaratılan en yüksek basınç 35 lb_f / in² dir. Kompresörler 35 lb_f / in² den binlerce atmosfere kadar çıkan basınçlar verir. Santrifüj veya turbo kompresörler basıncı 100 lb_f / in² ye kadar çıkarırlar.

Pompalar ve fanlarda akışkanın yoğunluğu önemli derecede değişmez ve sıkıştırılmayan-akışkan teorisi geçerlidir. Blowerler ve kompresörlerde yoğunluk artışı çok büyüktür; bunlar sıkıştırılabilen-akışkan teorisine uyar.

Bu cihazların hepsinde akış kapasitesi (belirli bir yoğunlukta birim zamandaki volumetrik akım), güç ve mekanik verim önemlidir. Kullanım amacına uygunluk ve bakım kolaylığı da önemli özelliklerdir.

Temel İlkeler

Bir akışkanın boru veya kanaldan hareketi detaylandırıldığında altı yöntemle karşılaşılır:

1. Santrifüj kuvvetle
2. Mekanik olarak veya diğer akışkanlar yoluyla hacimsel yerdeğiştirmeyle
3. Mekanik impulsla
4. Diğer bir akışkandan momentum transferiyle
5. Elektromagnetik kuvvetle
6. Ağırlıkla (gravite) hareket

Akışkanın fiziksel özelliklerine bağlı olmaksızın (sıkıştırılabilir veya sıkıştırılmaz) bu altı yöntem, akışkanın taşınmasındaki tüm gerekli bilgileri içerir.

(1) Santrifüj Kuvvet Uygulanması: Akışkana santrifüj kuvvetlerinin uygulanması ile kinetik enerjisinin artırılması ve bu kinetik enerjinin, akışkanın hızını verimli bir şekilde düşürerek basınca dönüştürülmesi şeklinde açıklanabilir. Pompalar ve kompresörlerin büyük bölümü bu ilkeye göre çalışır. Mekanik implus ve santrifüj kuvvetin birlikte uygulanmasıyla akışkanın basıncını arttıran cihazlar, eksensel akışlı pompa ve kompresörlerdir. Bu cihazlarda akışkan, cihaz şaftına paralel hareket eder; hareketi sırasında bir seri duran veya dönen parçaların arasından geçer. Döner hareket yapan mekanik parçalar tarafından verilmiş olan ivmelerle akışkanın eksen boyunca hızı artar. Bunun sonucu olarak eksen boyunca bir basınç profili oluşur. Cihaz içinde her bir kademedeki net basınç artışı, iki etkenin (santrifüj kuvvet+mekanik olarak itici kuvvet) müşterek sonucudur.

Santrifüj kuvvetlerine dayanarak akım ileten ekipmanların aşağıda belirtilen 4 özelliği vardır: (a) çıkış akımında titreşim ve salınımlar yoktur, (b) bu tip ekipmanlar hemen her kapasite için dizayn edilebilirler; uygulamada bir kapasite sınırlaması ile karşılaşılmaz, (c) sabit hız işletmesinde bile geniş bir basınç ve kapasite bölgesinde verimli çalışabilir, (d) çıkış basıncı akışkanın yoğunluğunun bir fonksiyonudur.

(2) Hacimsel Yer Değiştirme: Bir hacimdeki akışkanın yerini, başka bir madde- nin alması veya bu işlemin mekanik olarak yapılması ile akışkanın yer değiştirmesi yöntemidir. Bu yöntem pistonlu pompa ve kompresörlerde, diyaframlı sistem-

lerde, havalı kaldırma sistemlerinde, asit transfer tanklarında, döner vanalar veya dişli tip vanalarda uygulanır.

Hacimsel yer değiştirmeli akım iletim cihazları çok çeşitli olduğundan bunların ortak özelliklerinin toplanması zordur, ancak bazı özellikler büyük bir çoğunluk için doğrudur: (a) yüksek basınç için uygundur, (b) çıkış akımlarında bir titreşim ve salınım mutlaka vardır; bunun önlenmesi isteniyorsa salınım söndürücü cihazların konulması gerekir, (c) mekanik yapılarından dolayı kapasite kısıtlamaları vardır, (d) düşük akımlarda daha verimli çalışırlar.

(3) Mekanik İmpuls (İtici Kuvvet) Uygulaması: Akışkana mekanik olarak itici kuvvet uygulanması, genel olarak diğer uygulamalarla birarada görülür. Santrifüj kuvvet uygulamasında bunun örneği verilmiştir. Türbinler ve rejeneratif pompalar bu yöntemin uygulandığı cihazlardır.

(4) Diğer Bir Akışkandan Moment Taşınması: Bir akışkanın ivmesini arttırarak kazanılan momentumun diğer bir akışkana iletilmesidir. Jetler veya ejektörler bu metodun uygulandığı cihazlardır. Bu yöntemeye dayalı ekipmanlar korozif maddelerin iletilmesi ve transferi, bazı maddelerin derinliklerden çekilmesinde ve vakum yaratılmasında kullanılır.

Bu tip cihazların verimi normalde düşüktür. Momentinden yararlanılacak akışkanın hava veya buhar olması halinde bu ekipmanların verimi diğer gruptakilerden bir kaç kat daha düşüktür. Diğer taraftan hareketli parçalarının olmaması, yapılarındaki ve kurulumlarındaki basitlikleri, zorlayıcı şartlarda kullanımlarını çekici kılabilenmektedir.

(5) Elektromagnetik Kuvvet Uygulaması: Çoğunlukla erimiş metallerde olduğu gibi akışkanın iyi bir elektrik iletken olduğu durumlarda akım yolunda yaratılacak bir magnetik alan, akışkanın taşınması için bir itici güç olmaktadır. Bu ilke üzerine geliştirilmiş pompalar, nükleer santrallarda ısı iletim sıvılarının iletilmesinde kullanılabilir.

Terimler

Herhangi bir akışkan ileten cihazın yaptığı kullanılabilir iş, iki terimle tanımlanır:

- Cihaz içinden geçen akışkanın zaman birimindeki miktarı,
- Cihazdan hemen önce ve sonra ölçülen basınç farkının, akışkanın sıvı yüksekliği cinsinden ifadesi.

Bunlardan birincisi "kapasite", diğeri "emme yüksekliği" ve "basma yüksekliği" (head) olarak isimlendirilir.

Burada sıvıların pratikte sıkıştırılmaz kabul edildiğinin yinelenmesinde yarar vardır. Bu ifade düşük basınçlarda doğrudur, ancak çok yüksek basınçlarda bazı sıvıların yoğunluklarında meydana gelen değişiklikler için, akışkanın bu özelliğinin dikkate alınması gerekir.

Durgun haldeki bir sıvının bir noktasındaki basınç, sıvının yüzeyine yapılan basınç ile, o nokta üzerindeki akışkan kütesinin yarattığı basıncın toplamıdır. Sıvı açık bir kaptaki ise yüzeydeki basınç atmosfer basıncıdır. Bu şekilde bir sıvı üzerine uygulanan basınç, sıvının her tarafına eşit olarak iletilir. Sıvı içinde bir noktadaki basınç bu nokta ile temasta olan yüzeylere dik olarak etki eden kuvvetler yaratır. Tüm akışkan basınçları, yeterli uzunluktaki bir kolonu doldurmuş akışkan ağırlığının eşdeğeri cinsinden ifade edilebilir.

Akışkanların transferinde cihazlarla ilgili basınçlar yerine, yükseklik kullanılması benimsenmiştir. Pompalardan ve kompresörlerden bahsederken "basma yüksekliği" denildiğinde, pompanın, iletilmesi konu olan sıvıyı hangi yüksekliğe kadar çıkaracağı anlaşılmalıdır. Basma yüksekliği, genellikle feet veya metre olarak verilir. Pompanın çıkış basıncı, basma yüksekliğinin akışkanın yoğunluğu ile çarpılmasıyla bulunur:

$$p(\text{lb} / \text{in}^2) = \text{ft} / 12 (\text{in}) \times \rho (\text{lb} / \text{in}^3)$$

Kapasite: Kapasite, pompa veya kompresörlerin zaman biriminde bastıkları akışkan miktarıdır. Kapasite için çeşitli birimler kullanılabilir. Genellikle kullanılan hacim birimi galon / dakika, $\text{m}^3 / \text{dakika}$ gibi olmakla beraber, üretimde daha çok ağırlık birimi olan kg/saat, lb/saat kullanılır. Sıkıştırılabilir akışkanlar (gaz ve buhar) söz konusu olduğunda, yoğunlukla hacim birimi kullanılır ve akışkanın cihaza (pompa+kompresör) giriş noktasındaki hacmi verilir. Bunun için basınç ve sıcaklığın açıkça belirtilmesi gerekir.

Hız: Sıvı akışkanlarda, akışkanın bir noktadan belli bir zaman süresi içinde geçen miktarı ile akışkanın hızı arasında bir bağlantı vardır.

Viskozite: Viskozite, akışkanın akmaya karşı gösterdiği direnç olarak tarif edilmektedir; akışkanların fiziksel özelliklerindedir ve sıcaklıkla değişir (sıcaklık yükseldikçe azalır). Viskoz akışkanlar iletimde daha fazla pompa gücüne ihtiyaç gösterirler; diğeri bir deyişle, yüksek viskozite pompanın verimini, kapasitesini ve

basma yüksekliğini düşürücü yönde, akımın geçtiği borulama içindeki sürtünme kuvvetlerini ise arttırıcı yönde etki eder.

Sürtünme Yüksekliği (Friction Head, h_f): Akışkanın borulama sisteminde ilerlerken karşılaştığı sürtünme kayıplarını yenmesi için gerekli olan ve akışkanın yüksekliği cinsinden verilen basınç, sürtünme yüksekliği olarak tanımlanır.

Emme Yüksekliği (Suction Head, h_s): Pompa emişinde bulunan göstergede okunan basıncın, akışkanın yoğunluğuna bölünerek bulunan sıvı yüksekliği ile, bu noktada akışkanın içerdiği hızdan kaynaklanan sıvı yüksekliğinin toplamıdır.

$$h_s = h_{sg} + Atm + h_{vs}$$

$$h_s = h_{ss} - h_{fs}$$

Hız Yüksekliği (h_v): Bernoulli eşitliğinde bulunan terimler hatırlanacak olursa mekanik enerjiyi karşılayan terimin $V^2 / 2 g_c$ olarak verildiği, $<MO>V = ft / sn$ ve $g <MV>c=ft/sn <M^>2$ olduğu düşünülürse, Bernoulli eşitliğindeki terimlerin sıvı yüksekliği cinsinden ifade edildiği görülür.

$$h_v = V^2 / 2 g_c = 0.0155 V^2$$

Basma Yüksekliği (Deşarj Head, h_d): Pompa çıkışında bulunan göstergede okunan basıncı karşılayan sıvı yüksekliğine, bu noktadaki hız yüksekliğinin ilavesi ile bulunan değer basma yüksekliğidir.

$$h_d = h_{dg} + Atm + h_{vd}$$

Toplam Dinamik Yükseklik (H): Toplam dinamik yükseklik, toplam basma yüksekliği ile toplam emme yüksekliği arasındaki fark olarak tanımlanır.

$$H = h_d - h_s$$

Pompalamada İşin Tanımı

Bir akışkanın graviteye karşı hareket ettirilmesi bir iş yapmayı gerektirir. Bir pompa akışkanı belli bir yüksekliğe çıkarttığı gibi, basınçlı bir kabın içine girmesini veya sadece bir noktadan diğerine, borulamadaki kayıpların yenilmesiyle taşınmasını sağlar. Pompadan nasıl bir servis istenirse istensin, sıvıya uygulanan enerjiler sonucunda bir iş yapılmış demektir. Bu enerjilerin cebirsel olarak toplanabilmesi için bunların metre veya feet olarak akışkan sütunu cinsinden ifadeleri alışkanlık haline gelmiştir.

Bir pompa için gerekli teorik işin (buna hidrolik veya sıvı beygir gücü denir) saptanmasında, toplam dinamik yükseklik ile belirli bir zamanda pompalanan sıvı ağırlığının bilinmesi gerekir. Ağırlık çoğu zaman hacim ve yoğunluk (veya öz ağırlık) terimleriyle verilir.

$$\text{hidrolik } h_p = \frac{8.33 H_s (\text{gal / dak})}{33\,000}$$

$$\text{hidrolik } h_p = \frac{H_s (\text{gal / dak})}{3960} = \frac{H_p (\text{gal / dak})}{1714} \quad (1)$$

Burada H_s = sıvının toplam dinamik yüksekliği (ft), H_p = toplam dinamik yükseklik (lb / in^2), s = öz ağırlıktır (spesifik gravite).

Bir pompanın gerçek (break) beygir gücü, hidrolik beygir gücünden pompadaki sürtünme, sızıntı, v.s., gibi kayıplar kadar daha büyüktür. Bu nedenle pompa verimi aşağıdaki şekilde tarif edilir.

$$\text{pompa verimi} = \frac{\text{hidrolik beygir gücü}}{\text{gerçek beygir gücü}}$$

Pompa Emişindeki Kısıtlamalar

Pompanın emiş noktasındaki sıvı sütunu cinsinden ifade edilen mutlak basınç: (a) akışkanın sıvı sütunu cinsinden verilen buhar basıncından, (b) akışkan içinde çözülmüş gazların sıvı sütunu cinsinden verilen kısmi basınçlardan, (c) emişteki sürtünme kayıplarından (h_{fs}), (d) pompa emiş ağzındaki sıvı sütunu cinsinden ifade edilen kayıplardan, büyük olmalıdır.

Tariflerden görüldüğü gibi, her pompada pompanın çalışabilmesi için bir minimum emme yüksekliğinin olması gerekir. Bu değer, pompaya, akım miktarına ve toplam dinamik yüksekliğe göre değişir ve "net pozitif emme yüksekliği (Net Positive Suction Head, NPHS)" olarak isimlendirilir.

Pompa imalatçıları gerekli net pozitif emme yüksekliğini, pompa kapasitesine ve devir hızına bağlayan grafikler verirler. Bu bilgilerin kullanılabilmesi için "mevcut net pozitif emme yüksekliği (NPSH)_A" nin hesaplanabilmesi gerekir.

$$(NPSH)_A = h_{ss} - h_{fs} - p$$

veya, (NPSH)_A mevcut sistemden okunabiliyorsa,

$$(NPSH)_A = \text{Atm} + h_{sg} - p + h_{vs}$$

$(NPSH)_A$, daima gerçek $(NPSH)_R$ den fazla olmalıdır. Aksi halde pompa emişinde akışkanın buharlaşması veya akışkan içinde çözünmüş gazların gaz haline geçmesi gibi nedenlerden pompada kavitasyon olayı meydana gelir. Kavitasyon (pompa içinde iki fazlı -gaz ve sıvı- akışkanın dolaşması) sonucunda oyuk açılarak sıvı çekişinin engellenmesiyle pompa hasarlanabilir veya çalışmaz. $(NPSH)_A$ ve $(NPSH)_R$ nin birbirine çok yakın olması durumunda pompa titreşimli çalışır. Kavitasyon veya titreşim, pompalar için istenmeyen ve esneklik gösterilemeyecek çalışma şekilleridir.

ÖRNEK

350 °F daki su bir pompayla, emiş noktasından 150 lb / in² geyç basıncında ve 12 ft/sn hızla taşınmaktadır. Net pozitif emme yüksekliği ne kadardır?

350 °F daki suyun buhar basıncı 134.6 lb / in², öz ağırlığı 0.89 dur. $V^2 / 2 g_c$,

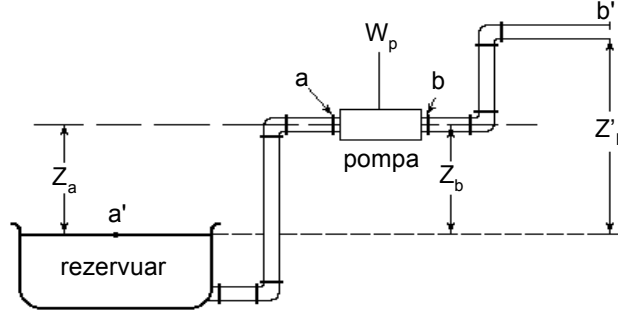
$$\text{hız yüksekliği} = \frac{V^2}{2 g_c} = \frac{(12)^2}{2 \times 32.17} = 2.24 \text{ ft / sn}^2$$

$$(NPSH)_A = \frac{(150 + 14.7 - 134.6) 2.31}{0.89} = 2.24 = 8036 \text{ ft}$$

Pompalar

Yaratılan Yükseklik

Aşağıdaki şekilde tipik bir pompa uygulaması görülmektedir. Pompa, bir boru hattına yerleştirilmiştir; bir tanktaki sıvıyı çekip, tank seviyesinden Z_b yüksekliğindeki bir noktadan boşaltmak için gerekli enerjiyi sağlar.



Pompaya sıvı girişi a noktasındaki emme, sıvı çıkışı b noktasındaki basma bağlantılarıyla sağlanır. a ve b noktaları arasında bir Bernoulli eşitliği yazılabilir.

Burada karşılaşılan sürtünme sadece pompadaki sürtünme olduğundan ve mekanik verim (η) de yer aldığından, $h_f = 0$ dır; bu durumda aşağıdaki eşitlik yazılır.

$$\eta W_p = \left(\frac{p_b}{\rho} + \frac{g Z_b}{g_c} + \frac{\alpha_b V_b^2}{2 g_c} \right) - \left(\frac{p_a}{\rho} + \frac{g Z_a}{g_c} + \frac{\alpha_a V_a^2}{2 g_c} \right) \quad (2)$$

Parantez içindeki miktarlar "toplam yüksekliği" belirtir ve H ile tanımlanır.

$$H = \frac{p}{\rho} + \frac{g Z}{g_c} + \frac{\alpha V^2}{2 g_c} \quad (3)$$

Pompalarda emme ve basma bağlantı yükseklikleri arasındaki fark ihmal edilebilir; buna göre denklem(2) deki Z_a ve Z_b , Z şeklini alır. H_a = toplam emme yüksekliği, H_b = toplam boşaltma yüksekliği ise, sistemde yaratılan yükseklik, ΔH ,

$$\Delta H = H_b - H_a$$

$$W_p = \frac{H_b - H_a}{\eta} = \frac{\Delta H}{\eta} \quad (4)$$

Güç Gereksinimi

Pompaya güç bir dış kaynaktan verilir; buna "gerçek beygir gücü (break horse-power)" denir ve P_B ile gösterilir. P_B , W_p den hesaplanır.

$$P_B = \frac{m W_p}{550} = \frac{m \Delta H}{550} \quad (5)$$

m = kütle akış hızı (lb / saniye), η = toplam mekanik verimdir. Kütle akış hızından ve pompanın yarattığı yükseklikten hesaplanan güç, "sıvı (veya hidrolik) beygir gücü"dür ve P_f ile gösterilir:

$$P_f = \frac{m \Delta H}{550} \quad (6)$$

Denklem (5) ve (6) dan,

$$\frac{P_f}{P_B} = \eta \quad (7)$$

Bir pompa içindeki akış hızı q' , çoğunlukla galon/dakika cinsinden verilir. Denklem (5) aşağıdaki şekilde yazılır.

$$P_B = \frac{q' \rho \Delta H}{2.47 \times 10^6} \quad (8)$$

Denklem(2) ve (8), ρ yerine $\rho = (\rho_a + \rho_b) / 2$ alınarak fanlar için de kullanılabilir (ρ , ortalamayı gösterir).

Emme Basıncı ve Kaviteasyon (Oyuk Açma)

Denklem(4) ile hesaplanan güç, basma ve emme arasındaki basınç farkına bağlıdır, fakat basınç seviyesinden bağımsızdır. Emme basıncının alt sınırı, emme bağlantısında sıvı sıcaklığının buhar basıncıyla belirlenir. Sıvı üzerindeki basınç buhar basıncına ulaştığında, bir kısım sıvı buharlaşır ki buna "kaviteasyon" denir. Emme hattında kaviteasyon meydana geldiğinde pompaya sıvı çekişi olmaz. Emmedeki hız ve basınç yükseklikleri toplamı, sıvının buhar basıncından yeteri kadar büyükse kaviteasyon oluşmaz. Bu toplamın, buhar basıncından olan farkına "net pozitif emme (suction) yüksekliği (head), NPSH" denir ve H_{sv} ile gösterilir. Bir rezervuardan emiş yapan bir pompa için (Şekil-14) NPSH veya H_{sv} ,

$$H_{sv} = \frac{\alpha_a V_a^2}{2 g_c} + \frac{p_a - p_v}{\rho} \quad (9)$$

buradaki p_v = buhar basıncıdır. Rezervuardaki sıvı seviyesini gösteren a' noktası ile pompa emişini gösteren a noktası arasında, $Z_a' = 0$ ve $V_a' = 0$ kabul edilerek Bernoulli eşitliği yazılabilir.

$$\frac{p_a'}{\rho} = \frac{p_a}{\rho} + \frac{\alpha_a V_a^2}{2 g_c} + h_{fs} + \frac{g Z_a}{g_c} \quad (10)$$

h_{fs} = emme hattındaki sürtünmedir. Denklem(9) ve (10) ile $(p_a / \rho + \alpha_a V_a^2 / 2 g_c)$ yok edilir ve aşağıdaki eşitlik çıkarılır.

$$H_{sv} = \frac{p'_a - p_v}{\rho} - h_{fs} - \frac{g Z_a}{g_c} \quad (11)$$

Sıvı uçucu değil ($p_v = 0$), sürtünme önemsiz ($h_{fs} = 0$) ve a' noktasındaki basınç atmosfer basıncına eşitse NPSH barometrik yüksekliği belirtir; bir sıvı kolonu yüksekliğiyle ölçülür ve atmosfere açık bir tanktan olabilecek en yüksek emme kaldırmasını gösterir. Soğuk su için bu yükseklik 34 ft tir.

Bir pompada, herhangi bir noktadaki basınç, $H_{sv} = 0$ olacak değere ulaştığında kavitasyon meydana gelir. Böyle bir durum pompanın normal çalışmasını bozmakla kalmaz, önemli erozyon ve mekanik hasara yol açar. Bu nedenle NPSH sıfırdan büyük olmalıdır (en az birkaç feet).

ÖRNEK

Yukarıdaki şekilde gösterilen sistemle, 100 °F sıcaklıktaki benzen 40 gal/dak hızla pompalanmaktadır. Rezervuar atmosferik basınçtadır. Boşaltma hattının sonundaki geyç basıncı 50 lb_f / in² dir. Rezervuardaki sıvı seviyesinden itibaren, basma 10ft, emme 4ft yükseklikten yapılmaktadır. Basma hattı 1.5 inç Sch 40 borudur. Emme hattındaki sürtünme 0.5 lb_f / in², basmadaki 5.5 lb_f / in² dir. Pompanın mekanik verimi 0.60 (% 60) tir. Benzenin yoğunluğu 54 lb / ft³, 100 °F daki buhar basıncı 3.8 lb_f / in² dir.

- Yaratılan pompa yüksekliği (ΔH),
- pompanın gerçek beygir gücü (P_B),
- net pozitif emme yüksekliği (NPSH veya H_{sv}), nedir?

(a) pompa işi W_p , aynı zamanda yaratılan yüksekliktir. alt nokta (a'), rezervuardaki sıvı seviyesinde, üst nokta (b') boşaltma hattının sonundadır.

Bernoulli denklemi,

$$\frac{p_a}{\rho} + \frac{g Z_a}{g_c} + \frac{\alpha_a V_a^2}{2 g_c} + \eta W_p = \frac{p_b}{\rho} + \frac{g Z_b}{g_c} + \frac{\alpha_b V_b^2}{2 g_c} + h_f, \text{ den}$$

$V'_a = 0$ kabul edilerek, aşağıdaki eşitlik yazılır.

$$\eta W_p = \frac{p_b}{\rho} + \frac{g Z'_b}{g_c} + \frac{\alpha'_b V_{b'}^2}{2 g_c} + h_f - \frac{p_a}{\rho}$$

$V_{b'}$ hızı, Ek-4 teki verilerden bulunur. 1 (1/2) inçlik Shc 40 boru için 1 ft/sn lik hız, 6.34 gal/dak lık akış hızını karşılar; buna göre,

$$V_{b'} = \frac{40}{6.34} = 6.31 \text{ ft/sn}$$

$\alpha_{b'} = 1.0$ (kinetik enerji faktörü)

$$\eta W_p = \frac{(14.7 + 50) 144}{54} + \frac{g}{g_c} 10 + \frac{(6.31)^2}{2 \times 32.17} + \frac{(5.5 + 0.5) 144}{54}$$

$$\eta W_p - \frac{14.7 \times 144}{54} = 159.9 \text{ ft.lbf / lb}$$

$$\Delta H = H_b - H_a = \eta W_p$$

$$\Delta H = 159.9 \text{ ft.lbf / lb}$$

(b) pompanın gerçek beygir gücü (P_B), Denklem(5) ten hesaplanır.

$$P_B = \frac{m W_p}{550} = \frac{m \Delta H}{550}$$

Kütle akış hızı, m,

$$m = \frac{40 \times 54}{7.48 \times 60} = 4.81 \text{ lb/sn}$$

$$P_B = \frac{4.81 \times 159.9}{550 \times 0.60} = 2.33 \text{ hp}$$

(c) Net positif emme yüksekliğinin (H_{sv}) bulunması için, 3.8 lb_f / in² (100 °F) lik sıvı buhar basıncının karşıladığı yükseklik ve emme hattındaki sürtünme değerleri gerekir.

Yükseklik,

$$\frac{p_v}{\rho} = \frac{3.8 \times 144}{54} = 10.1 \text{ ft.lbf / lb}$$

Emme hattındaki sürtünme,

$$h_f = \frac{0.5 \times 144}{54} = 1.33 \text{ ft.lbf / lb}$$

Denklem(11) den NPSH hesaplanır.

$$H_{sv} = \frac{p_a' - p_v}{\rho} - h_{fs} - \frac{g Z_a}{g_c}$$

$$H_{sv} = \frac{14.7 \times 144}{54} - 10.1 - 1.33 - 4 \frac{g}{g_c}$$

$$H_{sv} = 39.2 - 10.1 - 1.33 - 4 = 23.87 \text{ ft lb}_f / \text{lb}$$

Pompaların Sınıflandırılması

Pompalar çok çeşitlidir ve değişik şekillerde sınıflandırılabilir. Tablo-2'de görüldüğü gibi pompaları iki genel sınıfta toplayabiliriz.

- Pozitif yer değiştirmeli pompalar (Hacimsel)
- Kinetik Pompalar

Pozitif yerdeğiştirmeli pompalarda pompa içindeki akışkan hacmi değişmekte, çalışma sadece mekanik ve statik kurallara bağlı kalmaktadır. Hacimsel pompalar da iki ayrı grupta incelenebilir:

- Pistonlu Pompalar (Reciprocating)
- Döner Pompalar (Rotary)

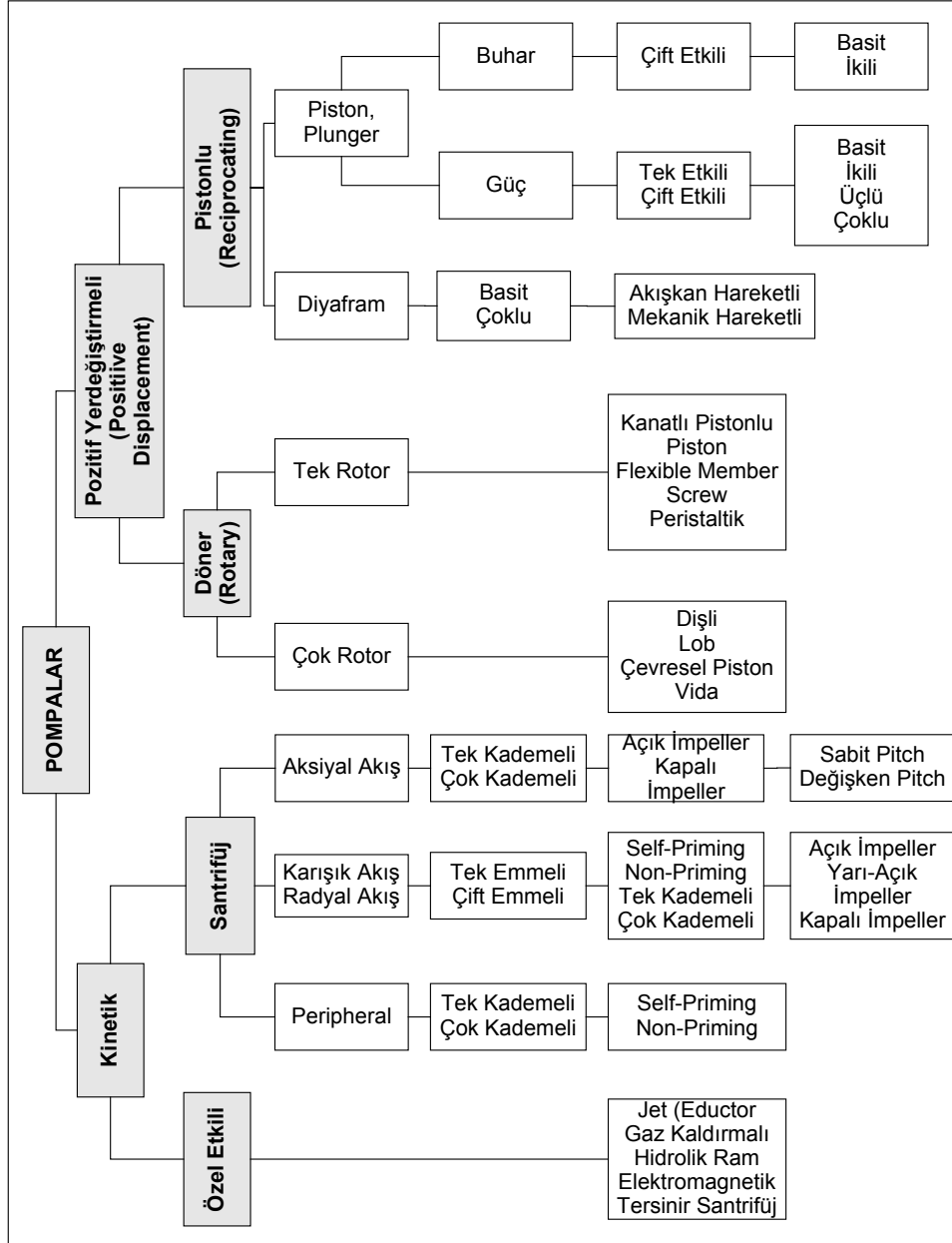
Kinetik pompalar çoğunlukla santrifüjlü pompalardır; ayrıca jet pompalar, gaz kaldırmalı pompalar, hidrolik ram pompalar, elektromagnetik pompalar ve tersinir santrifüjlü pompalar gibi pompalar özel etkili pompalar başlığı altında toplanabilir.

Pozitif Yer Değiştirmeli Pompalar

Pistonlu (Reciprocating) Pompalar

Bu tip pompalar, içine aldığı akışkana karşı hareket eden bir piston yoluyla, akışkan sistemine enerji verir. Akışkanın akışı pompa geometrisine bağlı olduğundan, akışkan dinamiği ilkeleri fazla önemli değildir. Piston bir buhar motoru veya bir elektrikli motorla yürütülür. Pistonun her bir hareketinde pompadan sabit miktarda akışkan boşaltılır.

Tablo-2: Pompaların Sınıflandırılması



Akışkan miktarı, silindirin hacmine ve içindeki pistonun hareket sayısına bağlıdır. Gerçekte iletilen akışkan miktarı silindirin doldurulması sırasındaki kaçaklar ve pistondan olabilecek sızıntılar nedeniyle pompanın teorik değerinden daha düşüktür. Bu nedenle "hacimsel (volumetrik) verim" denilen bir tanım yapılır.

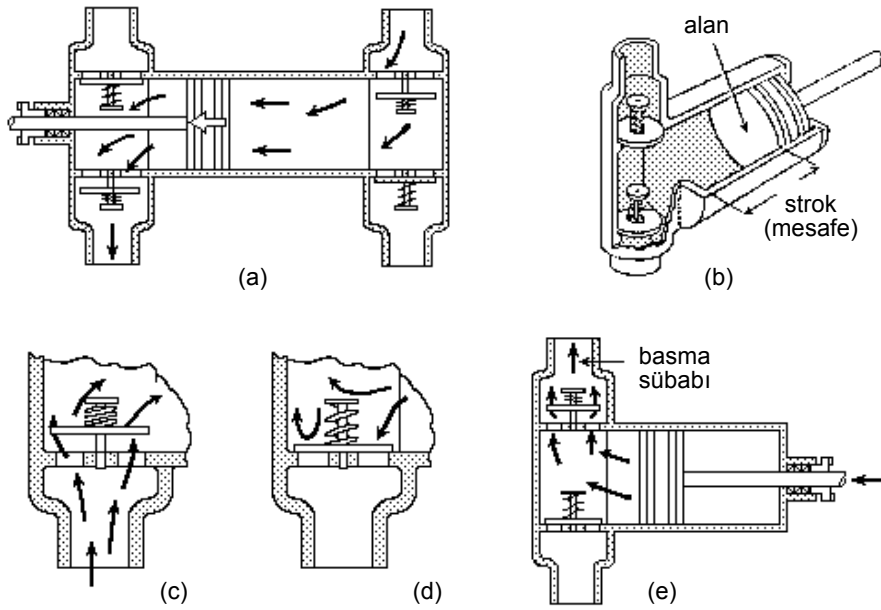
$$\text{hacimsel verim} = \frac{\text{gerçek iletilen akışkan hacmi}}{\text{teorik iletilen akışkan hacmi}}$$

İyi tasarlanmış ve bakımlı bir pompada hacimsel verim % 95 in üzerindedir.

Diğer bir verim tanımı (daha önemlidir), yapılan işlerle ilgilidir:

$$\text{Verim} = \frac{\text{akışkan üzerinde yapılan iş}}{\text{pompa üzerinde yapılan iş}}$$

Pompayı çalıştırmak için bir elektrik motoru kullanılıyorsa bir "pompa-motor" verimi söz konusudur; bu durumda verim, akışkan üzerinde yapılan işin, motora verilen elektrik enerjisine oranıdır.



Şekil-33: Pistonlu pompada silindir, piston, emme ve basma klapelerinin görünümü ve strok tanımı.

Pistonlu pompada piston silindirde aşağı çekildiğinde (sıvı girişi) pompadan akışkan çıkışı durur. Bu nedenle sıvı iletimi pulslar (kısım kısım) halindedir. Pulslar, bir çift etkili pompa kullanarak veya silindir sayısını artırarak azaltılabilir. Bir çift-etkili pompada pistonun iki tarafında bulunan silindir hacmi, hem ileri hem de geri stroklarda gidilen yol akışkan verilmesini sağlar.

Şekil-33'de bir pistonlu pompadaki piston, silindir ve klepelerin çeşitli konumları gösterilmiştir.

Şekil-34(a)'da bir pistonlu pompanın şematik diyagramı verilmiştir. Bu tip pompada piston, bir elektrik motoruyla çalıştırılan uygun bir krank miline bağlıdır. Proses endüstrisinde buharla çalıştırılan çift etkili pompalar da kullanılmaktadır; bunlarda piston çubuğu buhar ve sıvı pistonunu bağlar (Şekil-34 b).

Pistonlu pompa, içinde hareket eden bir pistonun bulunduğu bir silindiridir. Sıkıştırma sırasında akışkanın geri kaçmaması için piston ve silindir birbirine çok iyi alıştırmış olmalıdır. Piston ve silindirin, pistonun tüm hareketi boyunca (strok) ve pompanın çalışma süresince birbiriyle temas etmesi pompada önemli derecede aşınmaya neden olur.

Bunu önlemek için piston etrafına (yuvalar içine) ağızları açık bilezikler geçirilir. Böylece sürtünme azaltıldığı gibi, akışkan kaçağı da en aza indirilmiş olur.

Pistonlu pompada akışkanın emme periyodunda silindire girmesi ve basmada silindirden çıkması vanalarla sağlanır. Bu vanalar çek vana ilkesine göre çalışır ve "supap" veya "klepe" olarak tanımlanırlar. Emme periyodunda emme supabı açılır, akışkan silindir içine girer, basmada emiş supabı kapanır, çıkış supabı açılarak akışkanı boşaltır.

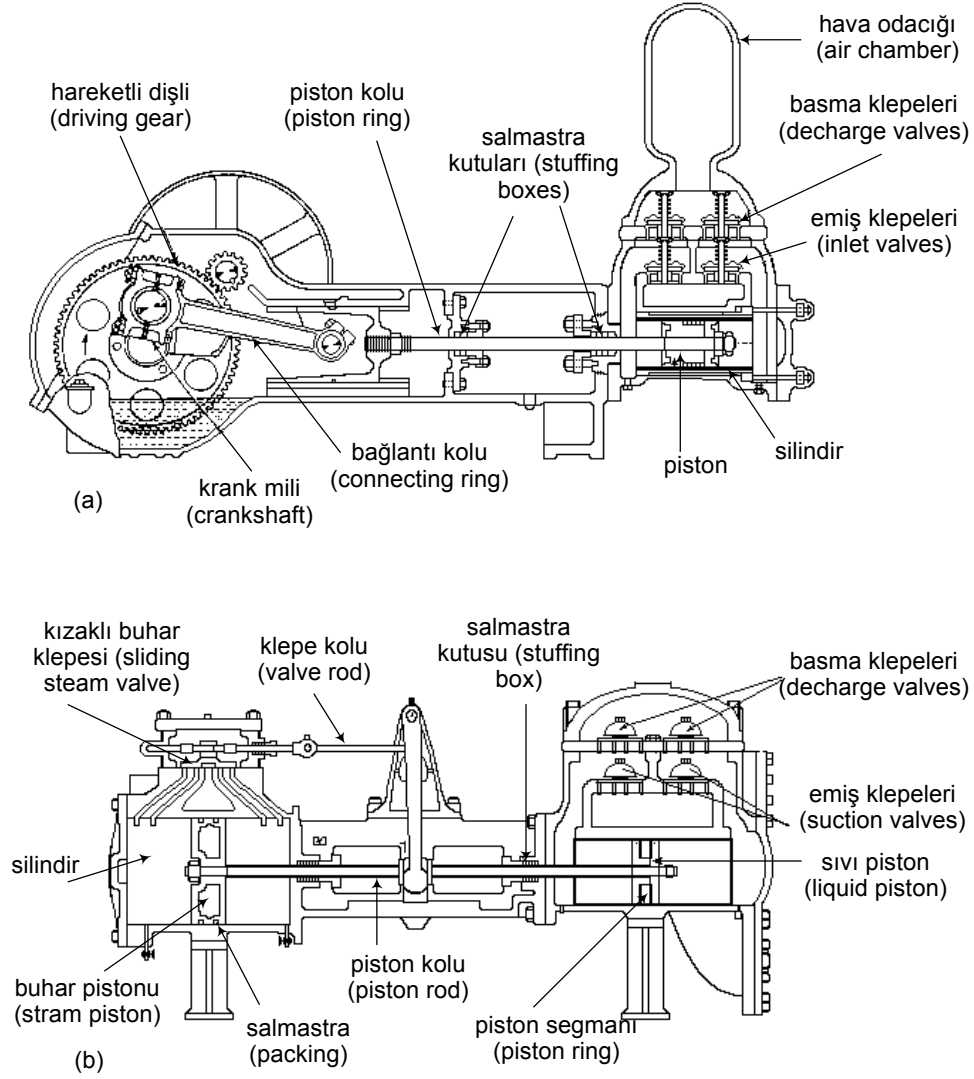
Pistonlu pompalar viskoz akışkanların iletilmesinde çok uygundur. Bu tip akışkanlar piston ve silindir arasında ince bir tabaka oluşturarak ikinci bir yalıtım katmanı meydana getirirler ve akışkan kaçağı en aza iner.

Akışkanda aşınmaya yol açabilecek tanecikler bulunması halinde pistonlu pompalar önerilmez.

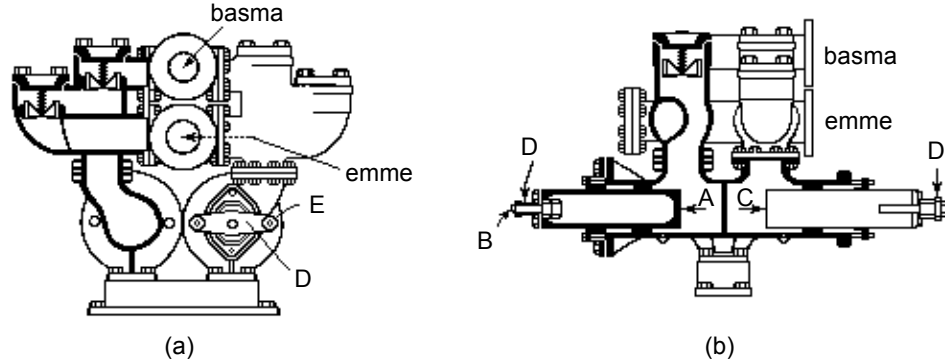
Dalgıç (plunger) pompa olarak tanımlanan pompalar ilke olarak pistonlu pompalara benzer, ancak bunlarda piston çapı silindir çapından çok küçüktür.

Piston bir salmastra kutusu içinde hareket eder, silindir içindeki sıvı üzerine basınç yapar ve onu iter. Pistonun geri gelmesi sırasında akışkan üzerindeki basınç kalkacağından silindire emiş tarafından yeni sıvı girer (Şekil-35).

Dalgıç pompalar çok yüksek basınçlar için uygundur. Ayrıca pistonu yapışan ve silindire etki eden (çözen) sıvıların pompalanmasında da kullanılır. Bunlarda segman ve silindir gömleği bulunmaz.



Şekil-34: Pistonlu pompaların şematik diyagramları; (a) tekli pistonlu pompa, (b) buharla çalıştırılan çift-etkili pistonlu pompa.



Şekil-35: Çiftli, çift-etkili buharla çalışan bir dalgıç pompanın şematik görünümü.

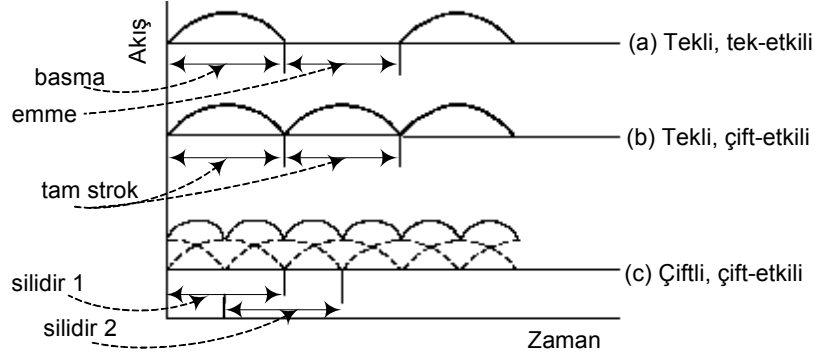
Pistonlu Pompanın Çalışma Özellikleri

Pistonlu pompaların iletme özelliklerini gösteren basma eğrileri Şekil-36'da verilmiştir. Açılan basma klepelerinden akışkanın basılması, pistonun durup ters yöne dönmeye (yani strokun sonuna) kadar devam eder. Pompalama çevriminin bir kısmında akış sıfırdır; basma hattından olan akım, pompa dizaynına bağlı olarak hemen hemen sabittir. Çift-etkili pompalarda basma hattından daima bir akış vardır. Çiftli pompalarda bir silindirin stroku yarıya ulaştığında diğer silindirin stroku başlar; yani, iki silindir stroku birarada ilerler. Böylece pompadan olan toplam akış, Şekil-36(c)'deki kesiksiz çizgilerle gösterilen iki strokun toplamıyla tanımlanır. Çiftli, üçüz veya çoklu operasyonlarla hemen hemen "pulsuz" akıma ulaşılabilir.

Bir pistonlu pompanın akım kapasitesi, hızıyla doğru orantılı olarak değişir. Hızlar çoğunlukla 20-200 strok/dak. aralığındadır. Dikkatli ve özenli imalat ve bakım bu tip pompaların iyi bir verim göstermesini sağlar. Pistonlu pompaların bazı dezavantajları büyüklükleri, pahalı oluşları ve bakım masraflarının fazlalığıdır. Çok çeşitli dizaynları bulunduğu için seçme avantajı vardır.

Döner (Rotary) Pompalar

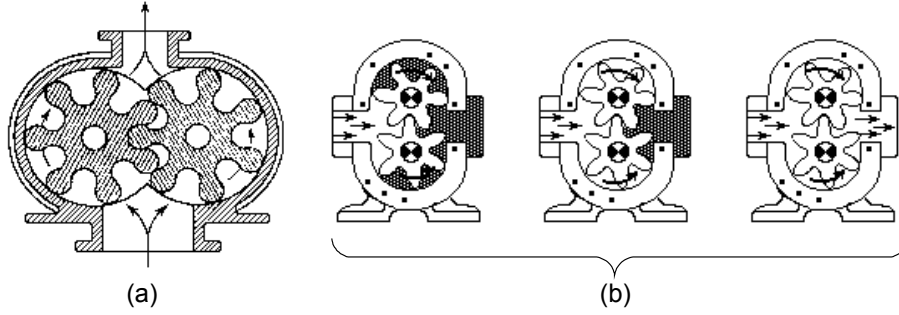
Bu tür pompalarda akışkan pompa içine alınır ve dönme hareketiyle dışarı boşaltılır. Döner pompalar, akışkan giriş ve çıkışının çek vanalarla (klepeler) kontrol edildiği pistonlu pompalardan farklıdır; bir miktar sıvıyı yakalanır (kapan gibi) ve basma noktasına kadar götürülür.



Şekil-36: Pistonlu pompalarda basma eğrileri

Sıvı, pompa girişinde, dişliler arasındaki boşluğa dolar. Dişli döndüğünde sıvı, dişler ve pompa kasası arasında hapsolür ve basma hattına taşınır.

Döner pompalar, aşındırıcı olmayan ve yüksek-viskoziteli sıvılar için uygundur. Akışkanın yağlama özelliği dişlilerin aşınmasını azaltır. Şekil-37'de bir döner dişli pompanın çalışma sistemi görülmektedir.



Şekil-37: (a) İki dişli-çarklı döner-dişli pompa, (b) döner-dişli pompanın çalışma mekanizması

Döner pompalardan,

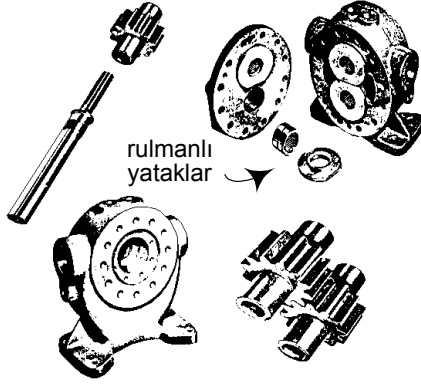
- Dişli Döner Pompalar
- Loplu (Yuvarlak Uçlu) Döner Pompalar
- Vidalı Döner Pompalar
- Döner-Pistonlu Pompalar
- Kanatlı Pistonlu Döner Pompalar

Aşağıda kısaca tanımlanmıştır.

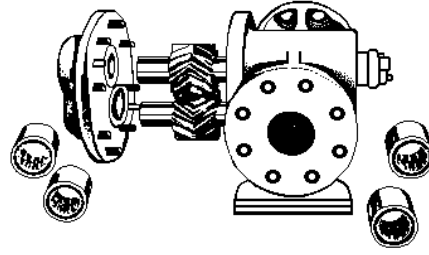
(a) Dişli Döner Pompalar

Dişli pompalar en basit döner pompa tipidir. Çalışma ilkesi Şekil-.37'de görülen tipte bir dış-dişli pompanın açılmış hali Şekil-.38'de verilmiştir. Görüldüğü gibi yapı oldukça basittir. Düz dişli çarklar (spur gears) kadar, helezon (sarmal, heliks) dişliler de kullanılır (Şekil-.39).

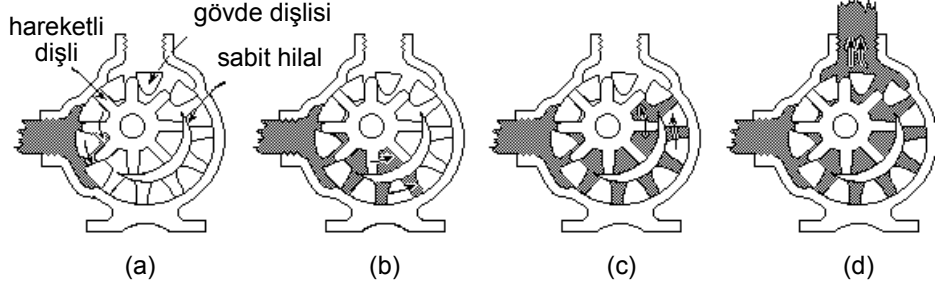
Şekil-.38 ve Şekil-.39'daki pompalara "dış-dişli" pompalar denir. "iç- dişli" olarak adlandırılan ve Şekil-.40(a)'da görülen dişli pompa tipinde sıvı, pompa kasasına çekilir ve rotorun dişleriyle hareketsiz dişli (idler gear) arasında hapsolür. Hilal şeklindeki sabit parça sıvıyı böler, giriş ve çıkış uçları arasında kapatıcı gibi görev yapar (Şekil-.40 b). Şekil-.40(c), pompanın hemen hemen dolu halini, Şekil-.40(d) ise tam dolmuş ve boşaltma durumunu göstermektedir.



Şekil-.38: Döner-dişli pompanın açılımı.



Şekil-.39: Bir helezon-dişli pompanın şematik görünümü.



Şekil-40: İç-dişli pompa ve çalışma mekanizması.

(b) Loplu (Yuvarlak Uçlu) Döner pompalar

Bu tip döner pompalar (Şekil-41) dişli pompalara benzer, ancak dişliler yerine iki veya daha fazla loplar içeren iki rotor bulunur. Rotorların dıştan hareketlidir.

(c) Vidalı (Screw) Döner Pompalar

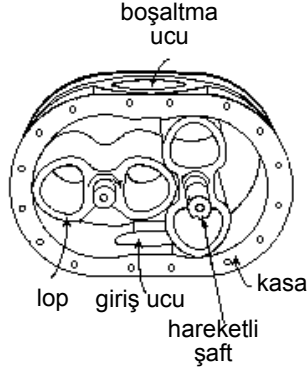
Vidalı döner pompada dişliler yerine, sabit bir kasada dönen uygun vidalar bulunur. Şekil-42'de tek-vidalı ve çift vidalı pompalar görülmektedir. Sıvı, pompanın emme odacığına gelir, bölünür ve pompanın sonuna akarak rotor vidasının dişleri arasındaki boşluklara girer. Böylece rotor tarafından, pompa bedeninin merkezindeki boşaltma ucuna taşınır. Vidalı pompalar pulssuz (darbesiz) bir akım verirler ve viskoz sıvıların taşınmasında oldukça yaygın kullanım alanına sahiptirler.

(d) Döner-Pistonlu Pompalar

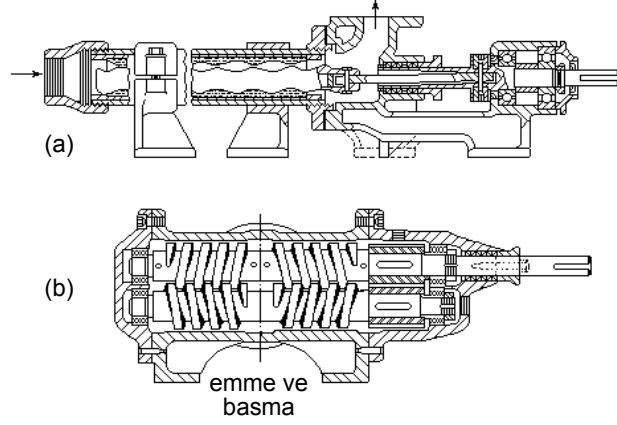
Bu tip pompada dişliler bulunmaz, pompa kasasının merkezinde eksantrik (merkezleri ayrı)olarak yerleştirilmiş dairesel bir rotor vardır. Şekil-43'de bir döner-pistonlu pompanın kesit görünümü verilmiştir. Piston ok yönünde hareket ederken çıkış klepesinden akışkanı boşaltır ve pompa odacığında akışkan için boşluk yaratır. Bu tip pompalar gazların taşınmasında fevkalade sistemlerdir.

(e) Kanatlı-Pistonlu Pompalar

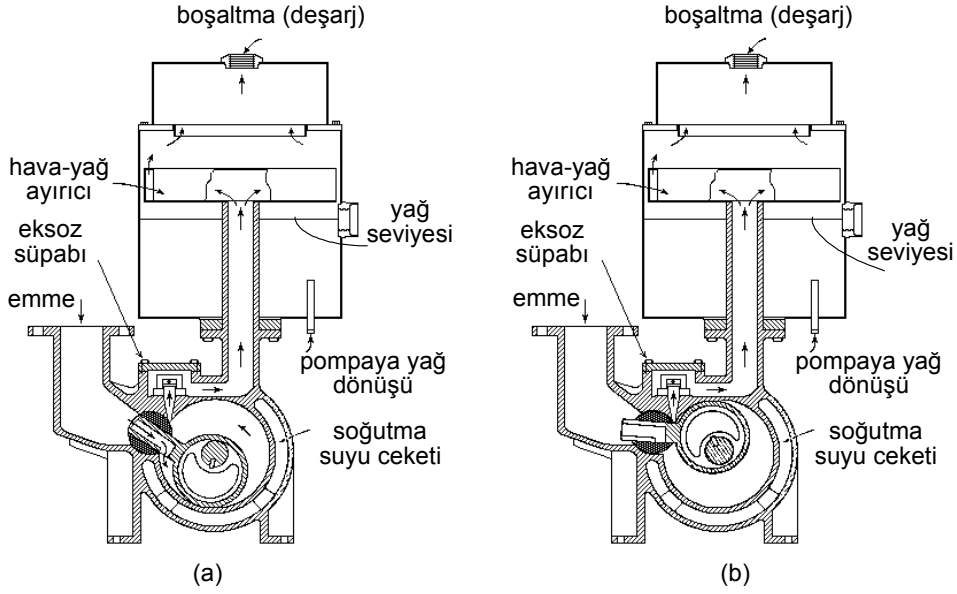
Kanatlı pompalarda dönen bir şaft içine yerleştirilmiş birkaç sürgülü kanat bulunur. Şaft dönerken Santrifüj kuvvet kanatları dışa çekerek akışkanın girmesine olanak veren boşluğu yaratır. Kanatlar arasında hapsedilen akışkan boşaltma ucuna iletilir.



Şekil-41: Loplu pompanın kesit görünümü.



Şekil-42: Vidalı döner pompaların şematik görünümü; (a) Tek-rotorlu, (b) iki-rotorlu.



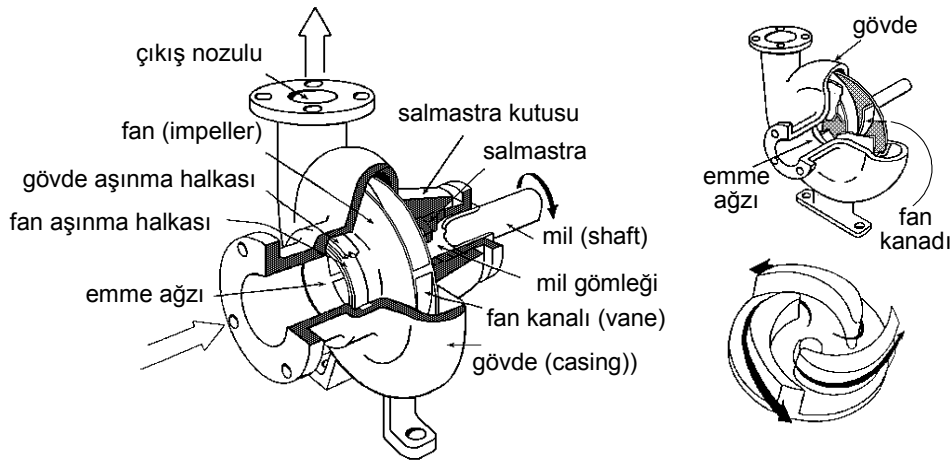
Şekil-43: Bir-döner pistonlu pompanın kesit görünümü ve çalışma çevrimi. Döner pistonun, (a) pompa odacığında gaz için boşluk yaratması, (b) basma ucuna gelerek gazı dışarı atması.

Santrifüj Pompalar

Santrifüj pompalar, yapılarının basitliği, dizaynlarının kolay, bakım masraflarının düşük olması, kullanım koşullarında esneklikler göstermesi bakımından geniş bir uygulama alanına sahiptir. Mekanik yapılarının uygunluğundan dolayı bir kaç galon/dak. kapasite ve çok düşük basma yüksekliğinden, 600 000 gal/dak. ve 300 ft basma yüksekliğine kadar olan geniş bir bölgede kullanılabilir.

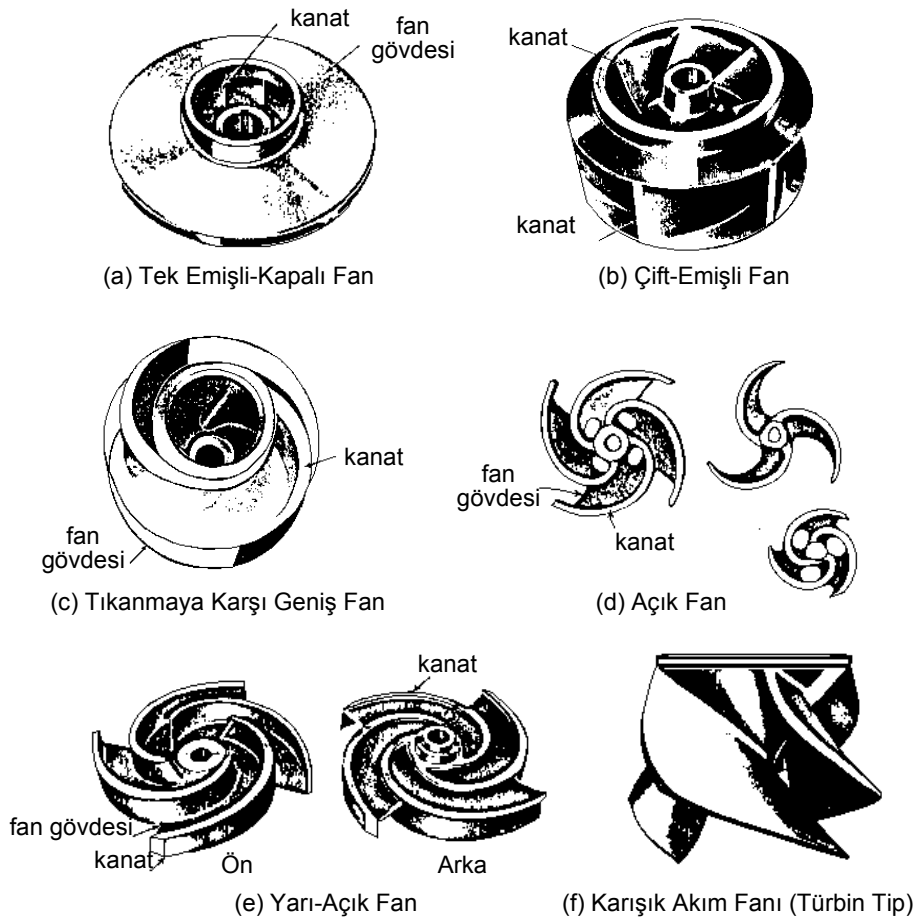
En basit santrifüj pompa, bir gövde ve gövde içinde dönen bir fandan oluşur (Şekil-44). Akışkan pompa içine fanın merkezine yakın bir noktadan girer ve fanın dönmesi ile doğan santrifüj kuvvetlerin etkisiyle fan kanatları arasından dışarı doğru fırlatılır. Fan ne kadar hızlı dönerse sıvının hareketi o kadar çabuk olur. Akışkan fanın emme ağzından, yani fanın merkezinden, fan kanatçığının uç kısmına doğru giderken kinetik enerjisi artar. Kinetik enerjiyi doğuran hız, kanatçığı terk ettikten sonra basınç yüksekliğine dönüşür ve akışkan pompayı terk etmiş olur.

Fanlar santrifüj pompanın en önemli parçalarıdır ve kanatlardan oluşur. Kanatların yapıları, sayıları ve şekilleri, akışkana uygulanacak santrifüj ve mekanik itici kuvvetlerin en iyi şekilde akışkanın kinetik enerjisine dönüşmesini sağlayacak şekilde tasarlanmıştır.



Şekil-44: Santrifüj pompanın şematik görünümü ve kısımları.

Şekil-.45'de çeşitli fan tipleri görülmektedir. Tek emişli, iki tarafı kapalı fanda (Şekil-.45 a) dönme sırasında fanın kanatlarının alanı, dönüş eksenine paralel bir hat oluşturur. Şekil-.45(b) de görülen çift-emişli fan, iki tek-emişli fanın sırt sırta yerleştirilmiş şeklidir. 3.45(a) ve 3.45(b) deki fanlar, eğer küçük parçacıklar içeren sıvıların veya sıvaşabilen katı taneciklerin bulunduğu sıvıların basılmasında kullanılırsa, fan kanatları arasında kalan kanallar dolabilir. Bu durumda pompa beklenen işi beklenen verimle yapamaz.



Şekil-.45: Santrifüj pompası fanları

Böyle durumlarda kanat aralıkları geniş fanlar kullanılır (Şekil-.45c). Açık fanlarda kanatlar merkeze birleşmiştir; böylece mekanik aşındırma özelliği olan akışkanların basılmasına uygun bir şekil verilmiş olur (Şekil-.45d).

Yarı açık fanlarda tek bir gövde, kapalı fanda, kanatların heriki ucunda fan gövdesi bulunur. Yarı kapalı fan, gövdenin sonuna yerleştirilmiştir ve pompa-çıkış kanadı bulunur; amacı basıncı düşürmektir (Şekil-.45e). Karışık-akım fanı (Şekil-.45f), akımın radyal ve aksiyal bileşenlerine göre dizayn edilmiş bir fan tipidir.

Santrifüj pompanın gövdesi çeşitli şekillerde dizayn edilebilir. Ancak genelde gövdenin fonksiyonu: (a) fanlar tarafından akışkana verilmiş olan kinetik enerjinin basınç enerjisine dönüşümünü sağlamak, (b) akışkanın korunmasını sağlayan bir kap görevi yapmak, (c) akışkanın fana girmesini ve fandan çıkıp borulama sistemine geçmesini sağlamak.

İki tip gövde vardır:

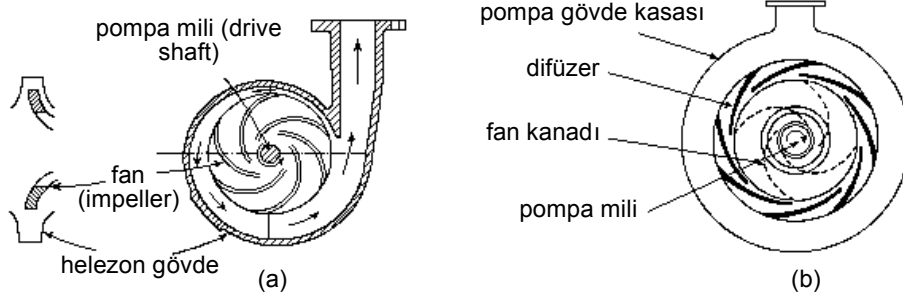
- Helezon yapıda,
- Difüzör yapıda, gövdeler.

Helezon Yapıdaki Gövde: Bu tip yapıda, Şekil-.46(a)'da görüldüğü gibi, fandan çıkan akışkan gittikçe genişleyen bir gövde boşluğuna girer. Bu şekilde sürekli büyüyen bir akım alanı, akışkanın hızının azalmasını ve girdaplı bir yapı oluşumunun önlenmesini sağlar. Böylece hızdan kaynaklanan kinetik enerji, çok küçük kayıplarla basınç enerjisine dönüştürülür.

Difüzör Yapıdaki Gövde: Şekil-.46(b)'de görülen gövdede, içinde eşit aralıklarla yerleştirilmiş yönlendiriciler bulunur. Bu yönlendiriciler akışkan için sürekli genişleyen bir hacim oluştururken, yapıları gereği ortamda girdaplı oluşumların meydana gelmesini önlerler.

Difüzörler, helezonun işlevini yapar. Her iki pompanın verimi ve amaçları aynıdır. Ancak difüzör yapı çok kademeli pompalarda, yüksek basınç pompalarında, veya karışık akım fanlarının kullanıldığı gövdelerde daha yaygındır.

Santrifüj pompa içinde bir adet fan varsa, bu tip pompalara tek kademeli pompa denir. Eğer akışkanın iletilmesi için gerekli basma yüksekliği bir tek fanın sağlayacağından daha fazla ise, bu durumda birden fazla fan kullanılır. Bu şekildeki pompalar kademeli pompa olarak bilinir. Kademeli pompalar, bir shaft (mil) üzerine yerleştirilmiş birden fazla sayıdaki tek kademeli pompanın seri olarak birleştirilmesinden oluşmuş gibi düşünülebilir.



Şekil-46: Santrifüj pompa gövdeleri; (a) helezon, (b) difüzer, yapıda gövdeler

Gerçekte, tek kademeli pompanın fanından çıkan akım ikinci kademede bulunan fanın emiş kısmına gönderilir. İkinci kademeye giren akışkana, ikinci kademe fan tarafından ilave bir enerji verilir. Bu işlem kademeler ilerledikçe devam ederek istenilen çıkış basıncına ulaşılır.

Santrifüj Pompaların Çalışma Özellikleri

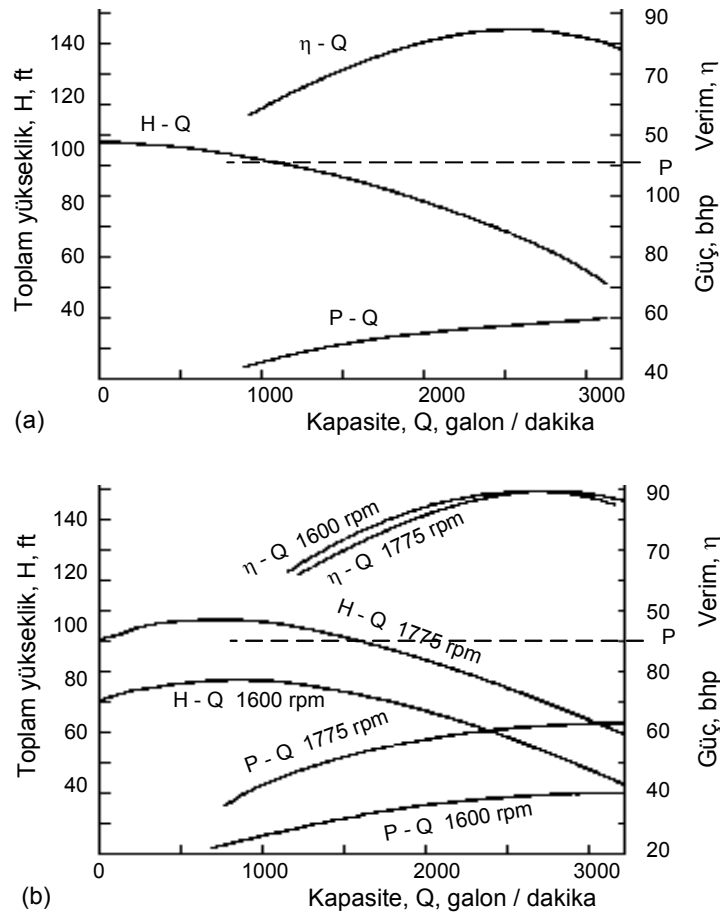
Santrifüj pompalar genellikle sabit bir hızda çalışırlar. Böyle bir çalışma durumunda pompanın kapasitesi: (a) pompanın sağladığı basma yüksekliğine, (b) pompanın yapısına (tasarımına), (c) pompanın emişindeki şartlara bağlıdır.

Bir santrifüj pompanın işletme karakteristikleri en iyi şekilde pompanın "karakteristik eğrileri" ile tanımlanabilir. Şekil-47'de sabit hızla çalışan bir pompanın tipik karakteristik eğrileri (performance curves) görülmektedir.

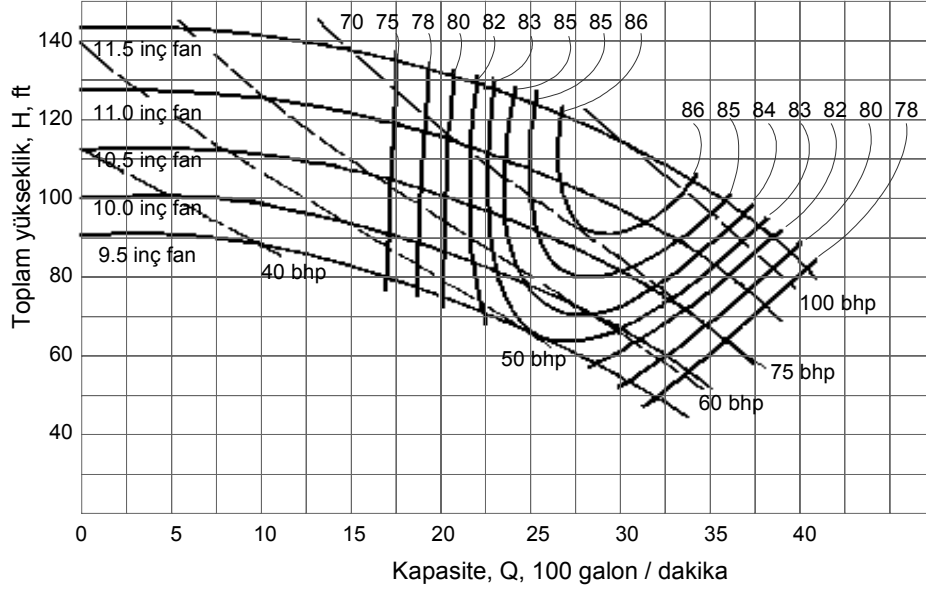
Eğriler pompanın; basma yüksekliği (H), kapasitesi (Q), verimi (η), kullandığı güç (P) arasındaki bağlantıları gösterir. H-Q eğrisi, kapasite ile basma yüksekliği arasındaki bağlantıyı verir. Pompa çıkışında yaratılan basınç, bu değer akışkan yoğunluğuna bölünmesiyle bulunan basma yüksekliği ile tanımlanır.

H-Q eğrisinden, pompanın kapasitesi arttırıldığında, basma yüksekliğinin düşeceği anlaşılmaktadır. P-Q eğrisi kapasite ile pompaya verilmesi gereken güç arasındaki bağıntıyı, η - Q eğrisi pompa verimi ile kapasitenin ilişkisini gösterir. Şekil-47(a)'daki özelliklere sahip bir pompada en yüksek verime $Q = 2500$ gal/dak debi ve 80 ft yükseklikte ulaşılabilir. Değişik hızlarla çalışabilen bir pompa için karakteristik eğriler Şekil-47(b)'de görüldüğü gibidir.

Birbirinin aynı iki pompadan birinin fan kanat eninin artırılması pompa kapasitesinin yükselmesini sağlar. Fan çapının artırılması kanatçıklar arasındaki hacmi arttıracığından kapasitenin artmasına yol açar. Ancak fan çapının büyütülmesinin etkisi, daha çok pompa çıkış basıncında görülür; çapı büyütüldüğünde pompanın basma yüksekliği (basma yüksekliği çapın karesi ile orantılı olduğundan) artar. Bunun yanında pompanın bu yeni durumda ihtiyaç duyduğu güç de yükselir. Fan çapının pompa özelliklerine etkisi Şekil-.48'de görülmektedir.



Şekil-47: Santrifüj pompanın karakteristik eğrileri; (a) sabit hızda çalışan, (b) değişen hızlarda çalışan, pompalar için eğrilerin görünümü.



Şekil-48: Fan çapındaki değişikliğin pompa özelliklerine etkisi.

Özel Pompalar

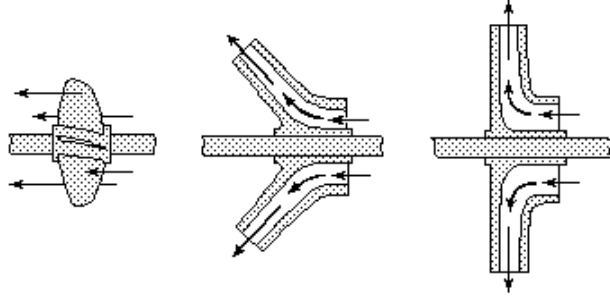
Akışkanı ileten mekanizmalar fan şeklinde olabildiği gibi pervane veya türbün yapısında da olabilir. Şekil-49'da farklı iletim mekanizmaları görülmektedir.

(a) Pervaneli Pompalar

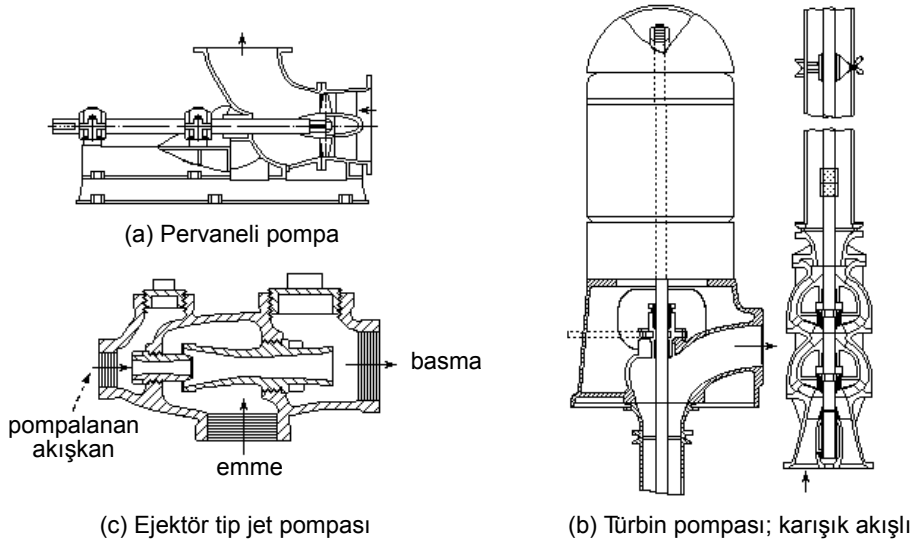
Fanların şekilleri pervane yapısında olan pompalardır (Şekil-50 a). Fan yerine kullanılan pervane, üzerinden geçen sıvıya yüksek hız verir. Akışkanın giriş yönüyle çıkış yönü aynıdır. Fana giren akışkan sadece fan merkezinden girmesine karşılık, pervanelerin tüm kanatları üzerinden geçer. Bu nedenle pervaneli pompalar fazla bir basma yüksekliği gerektirmeyen çok yüksek kapasiteler için kullanılır; normalde 2000 galon/dak. üzerindeki kapasiteler için uygundur. Bu pompalar için tipik basma yüksekliği 50 ft veya daha azdır (50 ft / 3.28 = 15.244 metre).

$$p = \frac{\rho}{10} = \frac{15.244 \times 1}{10} = 1.524 \text{ kg / cm}^2$$

Pervaneli pompaların kapalı devre sirkülasyon sistemlerinde, örneğin, kalorifer sistemlerinde kullanılması avantajlı bulunmaktadır.



Şekil-49: Akışkan itici mekanizmalar



Şekil-50: Çeşitli pompa tipleri.

(b) Türbinli Pompalar

Akışkana verdiği yön bakımından, pervaneli ve santrifüj pompalar arasında bulunan fanları içeren pompalardır. Santrifüj pompalarda sıvının fana giriş yönü ile çıkış yönü arasında 90° açı vardır. Pervaneli pompalarda ise giriş ve çıkış aynı yönlüdür. Türbinli pompalarda giriş ile çıkış arasında bir açı oluşturulur. Bu pompalar 100 galon/dak.dan büyük kapasitelerde kullanılır. Sağladıkları basma yüksekliği her kademe için 100 ft mertebesindedir. Türbinli pompalar genellikle dik konumda yerleştirilir.

Pompa elemanı, çoğu kez bir borunun uç kısmına konular; bu boru aynı zamanda çıkış borusu görevini de yapar. Hazırlanmış böyle bir ünite pompalanacak akışkanın içine dik olarak daldırılır. Çoğunlukla kuyularda, büyük kapasite gerektiren drenaj işlerinde, veya kondenser sirkülasyon suyu sistemlerinde uygundur. Şekil-.50(b)'de bir türbin (veya karışık-akışlı) pompa görülmektedir.

(c) Jet Pompalar

Jet pompalar, çok geniş bir uygulaması olmamasına rağmen akışkanların taşınmasında özel bir grubu temsil ederler. Hızı yüksek bir akışkanın venturi içinden geçerken yarattığı negatif basınçla (emiş), iletilmek istenen akışkanın sürüklenmesi ve moment taşıyan akışkan ile birlikte transfer edilmesidir. Şekil-2(c) çok basit bir jet pompası ejektörünü göstermektedir. Moment taşıyan pompalanan akışkan, nozul içinden ejektöre girer ve venturi nozulu hızla geçerken venturi ağzında bir emiş yaratır; doğan bu emiş ile pompalanacak akışkan sürüklenir ve her iki akışkan venturiden geçerek ejektörü terk ederler.

Jet pompaların ve ejektörlerin verimleri çok düşüktür. Yaratılan basma yüksekliği de çok düşük olmakla beraber özellikle tanklar arasında sıvı transferlerinde, düzenli bir güç kaynağının sağlanamadığı koşullarda, asit ve baz transferlerinde, çamursu akışkanların derinlerden emilmesinde çok kullanılan sistemlerdir.

Kompresörler

Kompresörlerin Sınıflandırılması (Tablo-3)

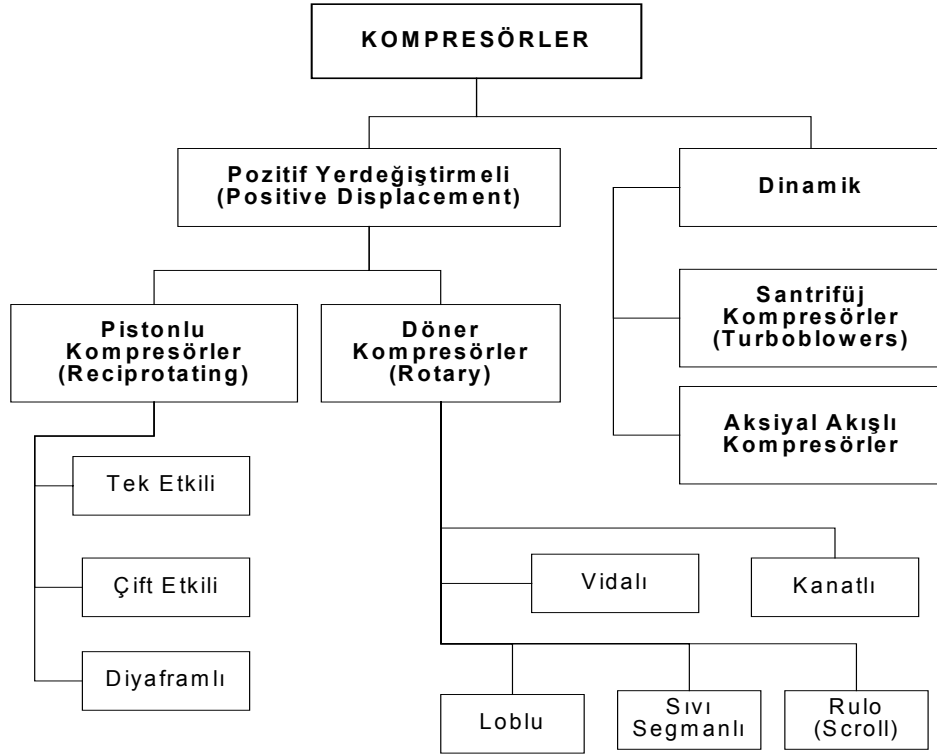
Sıvıların iletiminde kullanılan pompalarda olduğu gibi, gazların taşınmasında kullanılan kompresörler de iki sınıfa ayrılır.

- Pozitif-yerdeřiftirmeli kompresörler
- Dinamik Kompresörler

Positif yerdeşiftirmeli kompresörler, pistonlu ve döner sistemler içerirler. Gazlar, kompresörler ve blowerle iletilir; bu iki sistem arasında her zaman kesin ve açık bir ayırım yapılamaz.

Dinamik kompresörler santrifüjlü kompresörler (turboblowerlar) ve aksiyal akışlı kompresörler olarak iki grupta toplanabilir.

Tablo-3: Kompresörlerin Sınıflandırılması



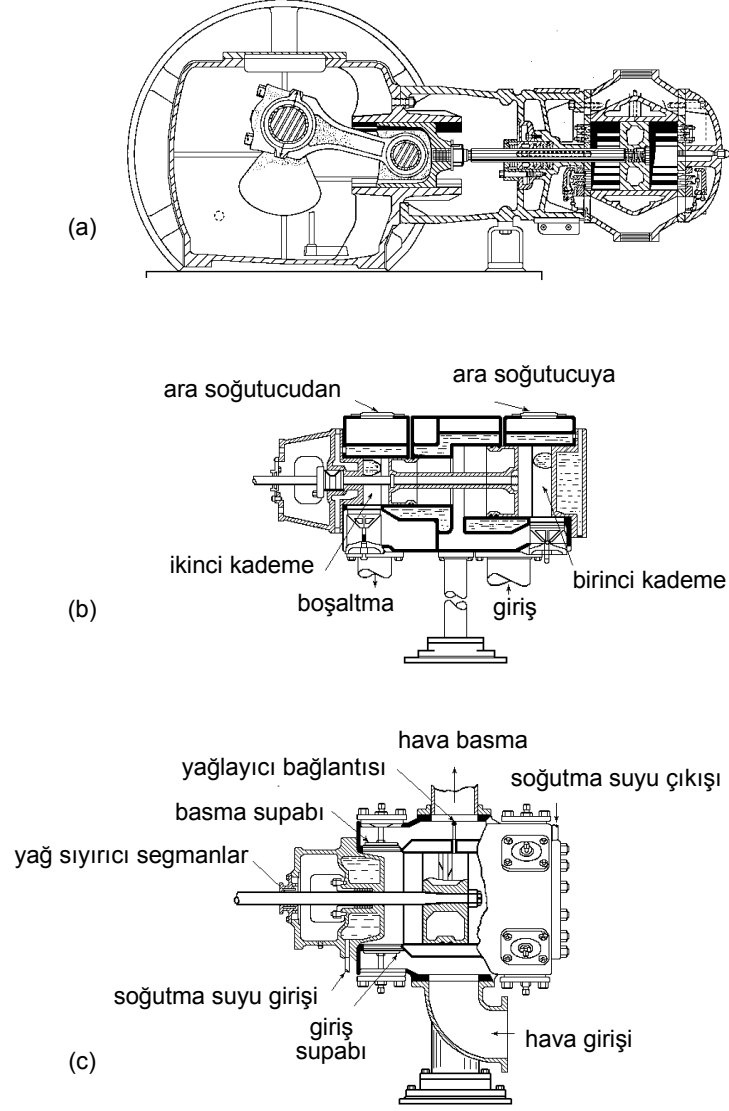
Pozitif Yerdeğiştirmeli Sistemler

Pistonlu Kompresörler

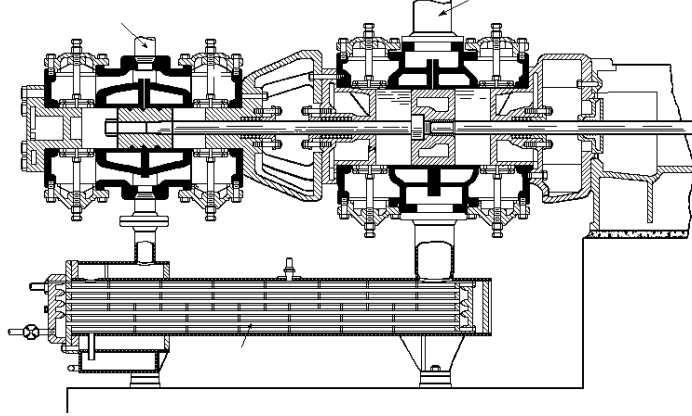
Pistonlu kompresör, gazı, birkaç psi den başlayarak 35 000 psi gibi çok yüksek basınçlara kadar taşıyabilirler. Bunlar, pistonlu pompaların özelliklerini gösterir; bir piston, uygun giriş ve çıkış supapları bulunan bir silindir ve hareketli bir krank mili bulunur. Tek-kademeli veya çok-kademeli çalışabilir; daha çok çift-etkili silindir kullanımı yaygındır. Kademelerin sayısı, sıkıştırma oranı p_2 / p_1 ile belirlenir. Herbir kademedeki sıkıştırma oranı çoğu kez 4 ile sınırlandırılır; ancak, küçük miktarlara 8 veya daha yüksek sıkıştırma oranları da uygulanabilir.

Sıkıştırılacak gaz silindire giriş supabından girer, sıkıştırılır ve çıkış supabından boşaltılır. Supaplar, silindirin içiyle dışarıdaki basınç farkı istenilen seviyede olduğu zaman açıp-kapayacak şekilde ayarlanmıştır. Şekil-.51(a)'da çift etkili bir piston içeren tek-kademeli su soğutmalı bir kompresör görülmektedir. Sistemin büyüklüğüne ve kademe sayısına göre tek-etkili (Şekil-.51 b) veya çift-etkili pistonlar da kullanılabilir (Şekil-.51 c).

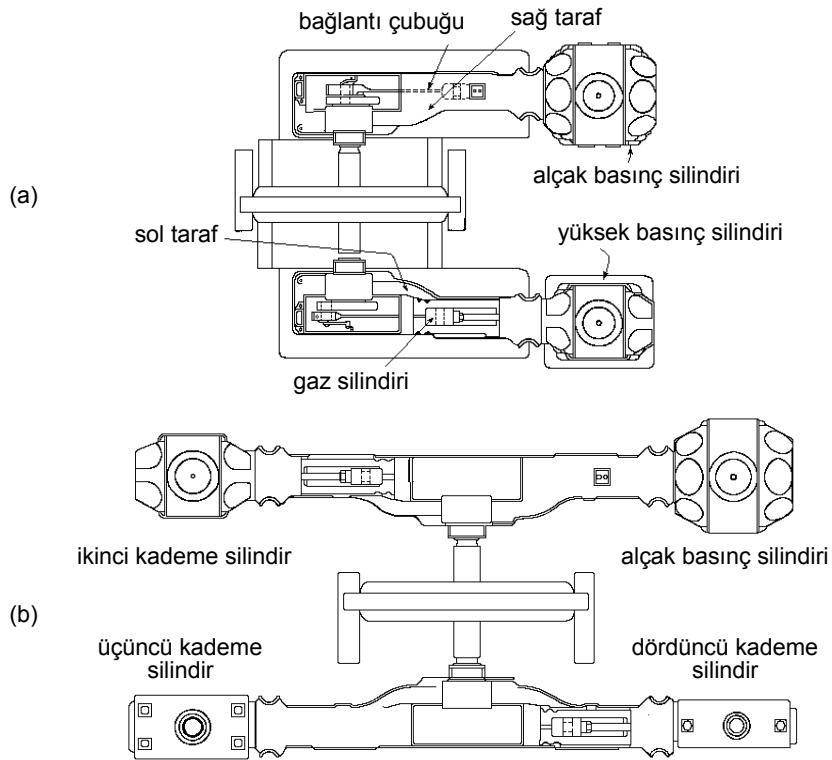
Çok-kademeli sistemlerde kademeler arasında ara soğutucular bulunur. Bunlar gazdan sıkıştırma sırasında açığa çıkan ısıyı alır ve gazın sıcaklığını, kompresör girişindeki sıcaklığa düşürür. Böyle bir soğutma işlemi, yüksek basınç silindirine giden gazın hacmini azaltır, sıkıştırma için gerekli beygir gücünü düşürür ve yüksek basınçlarda sıcaklığı güvenli çalışma sınırlarında tutar. Şekil-.52'de iki-kademeli çift-etkili kompresör silindirleri ve ara soğutucu gösterilmiştir. Silindirler Şekil-.51(a)'daki tek-kademeli su-soğutmalı kompresörde olduğu gibi yatay konumdadır.



Şekil-51: Çeşitli pistonlu kompresörlerin şematik diyagramları; (a) tipik bir tek kademeli, su soğutmalı kompresör, (b) tek basamaklı silindirde iki-kademeli tek-etkili karşılıklı silindir, (c) çift-etkili piston ve kompresör silindiri.



Şekil-.52: İki kademeli çift-etkil, kompresör silindirleri ve ara soğutucu.



Şekil-.53: (a) Çift-kademeli, (b) dört köşeli dört-kademeli, kompresörler

Yatay silindirli kompresörler, kolay çalışabilme olanağı verdiği için çok yaygındırlar. Ancak silindirleri dikey, dik açılı (biri yatay, diğeri dikey) veya V açılı yerleştirilmiş kompresörler de yapılmaktadır.

Kompresörlerde, 100 hp ye kadar bir merkez-itici krank bulunur (Şekil-.51 a). Bunun üstündeki büyüklüklerde, şaftın iki ucu üzerinde kranklarla çiftli bir yerleşim vardır (Şekil-.53 a).

Bazı büyük senkronize motor-hareketli sistemler dört-köşeli yapımdadır. Şekil-.53(b)'de görüldüğü gibi bunlarda, iki krank-iticiden gelen iki bağlantı miliyle ikili-çift yerleşim bulunur. Buharla-çalıştırılan kompresörlerde bir veya daha fazla sayıda buhar silindiri vardır. Silindirler, gaz silindir pistonuna, piston miliyle doğrudan bağlanmıştır.

Kontrol Sistemleri

Bazı yerleşimlerde kompresöre gaz girişi aralıktır, bu nedenle kompresör çıkışının uygun yöntemlerle kontrol edilmesi gerekir. Sürekli gaz girişi olduğunda, çıkış basıncında dalgalanmalar olmasına rağmen sabit bir çıkış istenir; bu durumda kontrol sisteminin görevi, sabit kompresör basıncını sağlamaktır.

Kompresörün kapasitesi, hızı veya basıncı istenildiği gibi değiştirilebilir. Kontrol sistemi neyin düzenleneceğine göre dizayn edilir; örneğin, basınç, hacim, sıcaklık veya istenilen düzenleme miktarını saptayan diğer faktörler, gibi.

Kompresörden en fazla istenen özellik kapasite düzenidir. Kapasite kontrol sistemlerinin pek çoğu, kompresörün basma ucundaki basıncı düzenler. Düşen bir basınç kullanılan gazın, basılan gazdan daha az olduğunu gösterir; bu durumda daha fazla gaza gereksinim vardır. Yükselen

bir basınç ise gereğinden fazla gazın basıldığını belirtir. Bir kompresörün kapasitesi, hızı değiştirilerek kontrol edilebilir. Bu yöntem buhar-hareketli kompresörlere ve iç yanmalı motorlarla çalıştırılan sistemlere uygulanır; regülatör, buhar-verici veya yakıt-verici supabı ayarlayarak kompresörün hızını kontrol eder.

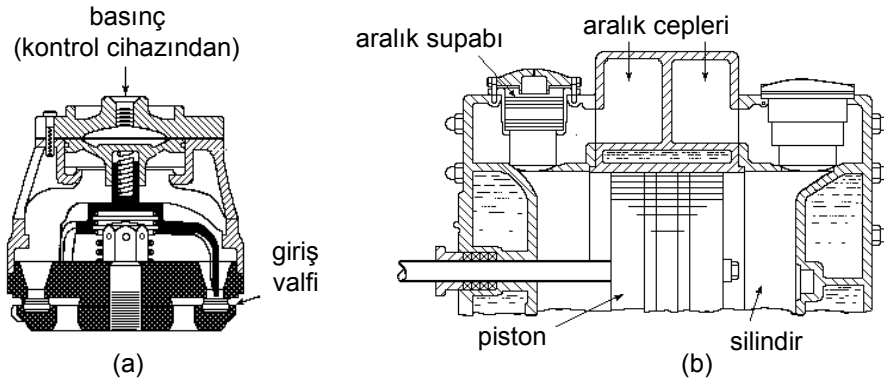
Motor-hareketli kompresörler çoğunlukla sabit hızda çalışır; bu nedenle kapasite kontrolü başka yöntemlerle yapılmalıdır. 100 hp ye kadar olan pistonlu kompresörlerde iki tip kontrol olanağı vardır: otomatik-başlama- ve -durma, sabit-hız kontrolü.

Otomatik başlama- ve -durma kontrolü, adından da anlaşıldığı gibi, gaz talebi azaldığında bir basınç-ayarlayıcı düğme yoluyla kompresörün çalıştırılması veya durdurulmasıyla yapılır. Bu yöntem, gazın aralıklı basıldığı halde uygulanır.

Sabit-hız kontrolü, sabit gaz gerektiği hallerde kullanılmalıdır. Bu yöntemde kompresör sürekli çalışır, fakat sadece gerektiği zaman gaz basar. Bu tip kontrolde yüklü kompresörü boşaltmada üç metot vardır:

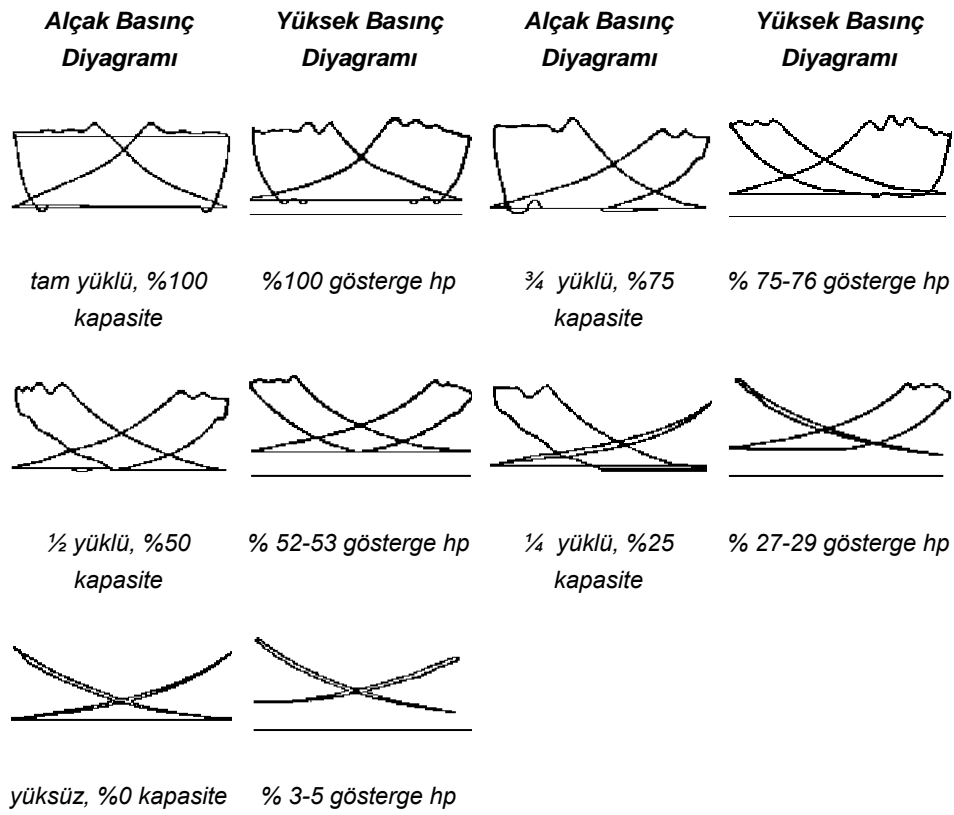
- Kapalı emme boşaltıcılar
- Açık giriş-supaplı boşaltıcılar
- Aralıklı (boşluk) boşaltıcılar

Kapalı emme boşaltıcılar, kompresör girişini kapatan basınçla-çalışan supaplardır. Açık giriş-supaplı olanlar (Şekil-.54 a), kompresör giriş supabını açık tutar ve sıkıştırmayı önler. Aralıklı boşaltıcılar (Şekil-.54 b), kompresör yükü kaldırılmak istendiğinde açılan cepler veya küçük rezervuarlardan oluşur. Sıkıştırma strokunda gaz bu cepler veya rezervuarlarda sıkışır ve geri dönüş strokunda silindir içinde genişler; böylece ilave gaz sıkıştırılması önlenmiş olur. Bazen kompresörün hem sabit-hızla, hem de otomatik-başlama ve durma kontrollü çalışması istenir; bu, bir düğmeyle ayarlanır.



Şekil-.54: Gaz kontrol sistemleri; (a) açık giriş supaplı, (b) aralıklı kontrol silindiri, gaz boşaltma sistemleri.

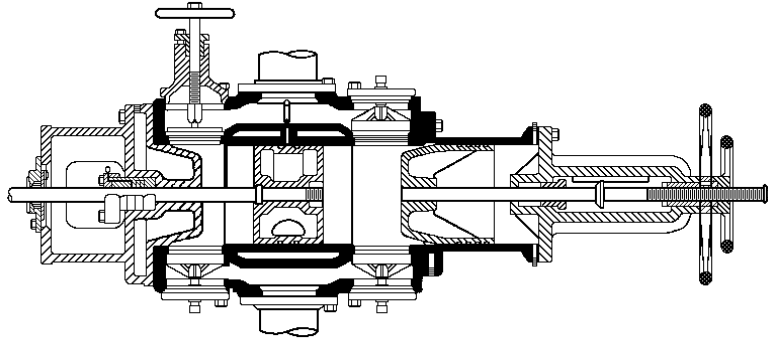
100 hp üstündeki büyüklüklerde motor-hareketli pistonlu kompresörlerde, çoğunlukla bir "basamak kontrolü" bulunur. Bundan amaç, sabit-hız kontrolü için kompresörün tam yüklü halden, yüksüz hale getirilmesinin birkaç seri basamakla sağlanmasıdır. Üç-basamaklı kontrol (tam yüklü, yarım yüklü, yüksüz), giriş-supaplı boşaltıcılarla yapılır. Beş basamaklı kontrol (tam yüklü, 3/4 yüklü, 1/2 yüklü, 1/4 yüklü, yüksüz), aralıklı ceplerle sağlanır (Şekil-55). Bazı sistemlerde giriş-supaplı ve aralıklı kontrol boşaltma tipleri birarada kullanılır.



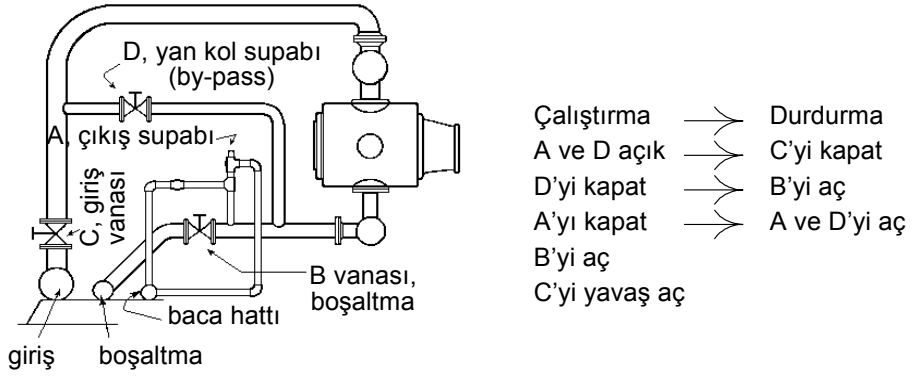
Şekil-55: İki kademeli bir kompresörde aralıklı-kontrol çalışmasını gösteren gerçek indikatör diyagramı.

Bazı çalışma koşullarında, otomatik kontroller yerine elle yapılan kontroller tercih edilir. Bu gibi sistemlerde, aralık ceplerini veya rezervuarları elle açıp kapayacak bir supap (veya supaplar) veya silindir içindeki aralığı değiştiren hareketli bir silindir kafası bulunur (Şekil-.56).

Kapasiteyi kontrol eden veya yükü kaldıran bir sistem olmadığında, giriş ve çıkış arasına yan-geçişler (by passes) konularak kompresörler yüksüz olarak çalıştırılır (Şekil-.57).



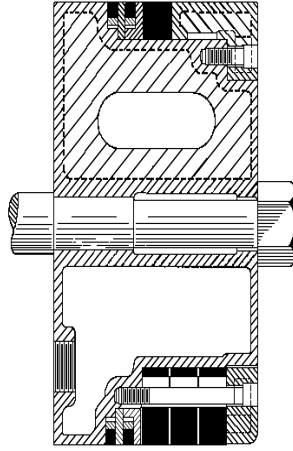
Şekil-56: Bir ucunda elle çalışan bir supap, diğer ucunda bir değişken-hacim aralık cebi bulunan silindirin kesit görünümü.



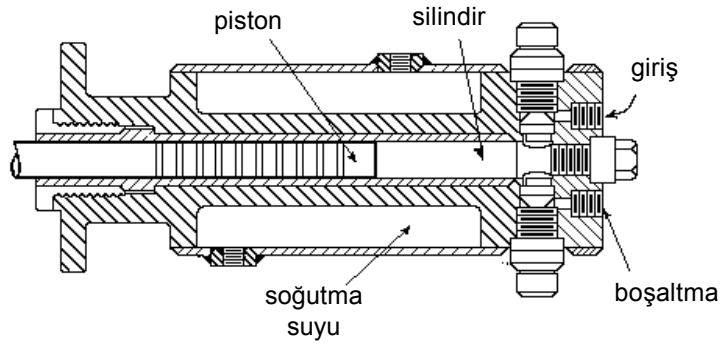
Şekil-57: Tek kademeli bir kompresör için by-pass sistemi. (Çok kademeli sistemlerde her bir kademede, benzer şekilde, by-passlar bulunur.)

Yağsız Silindirler

Kompresörlerin çoğunda silindirlerin yağlanması yağ kullanılır. Bazı proseslerde, az miktarda da olsa, yağla kirlenmeler olur. Bu gibi durumlar için "yağsız" çalışan silindirler üretilmiştir (Şekil-.58). Bu silindirler üzerindeki pistonlarda, grafit karbon veya teflondan piston bilezikleri (segmanlar) vardır; bunlar piston ve silindir arasındaki gerekli açıklığı ayarlayan segmanlarla aynı malzemeden yapılır. Plastik salmastra yağlama gerektirmez.



Şekil-.58: Yağlamasız bir silindir için karbon piston ve yatak segmanları bulunan bir pistonun görünümü.



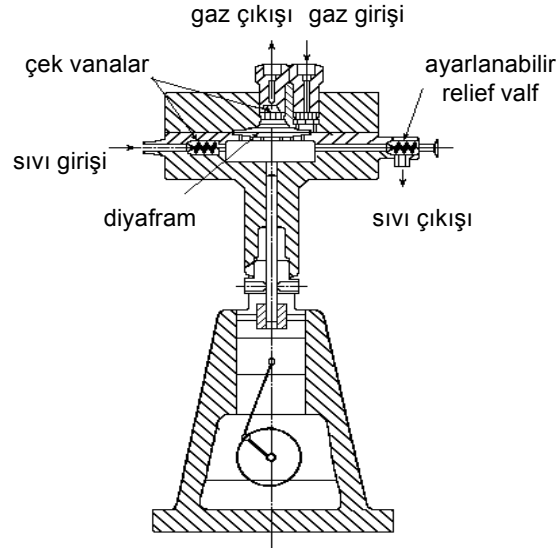
Şekil-.59: Dövme çelikten tek-etkili yüksek basınç silindiri.

Yüksek Basınç Kompresörleri

Kimya endüstrisinde çıkış basıncı 5000 den 25000 lb / in² ye kadar olan yüksek-basınç kompresörleri kullanılmaktadır. Bunlar özel dizaynlar gerektirir; bu nedenle, kullanılacak gazın tüm özellikleri bilinmelidir. Gaz, çoğunlukla ideal gaz halinden sapar, sıcaklık ve diğer sınırlamalar, bir mühendislik çalışmasıyla çözülür. Yüksek basınç kompresörleri beş, altı, yedi veya sekiz kademelidir. Silindirler çeşitli kısıtlamaları karşılayacak ve aynı zamanda çeşitli kademeler arasındaki yükü dengeleyecek şekilde dizayn edilmiştir.

Çoğu zaman kademeler arasında sıyırma veya diğer prosesler bulunur. Yüksek basınç silindirleri tek-etkili plungerli çelik dövmelemdir (Şekil-.59).

Kompresörde, plunger'e karşı olan basınç yükü, düşük basınç kademelerinin bir veya daha çok tek-etkili pistonlarıyla ters çevrilir. Piston mili salmastrası metaliktir. Doğru yerleştirme ve bilinçli yağlama çok önemlidir. Yüksek basınç kompresör supapları koşullara göre dizayn edilir, fevkalade yüksek mühendislik ve işçilik gerektirir.



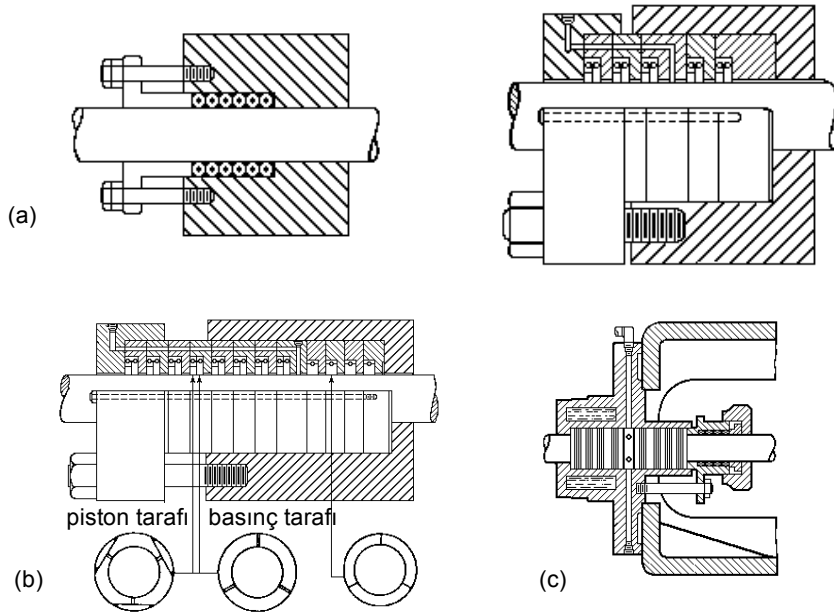
Şekil-60: Yüksek basınç diyafram kompresörü.

Metalik Diyafram Kompresörler

Metalik diyafram tipteki kompresörler (Şekil-60) küçük miktarların (10 ft³/dak) sıkıştırılmasında kullanılır. Sıkıştırma oranı, her kademede 10 - 1 aralığındadır. Sıcaklık yükselmesi önemli bir sorun yaratmaz; gaz hacmine göre duvar alanı, izotermal sıkıştırma için gerekli ısı transferine izin verir. Bu tip sıkıştırılarda proses gazı için sızdırmazlığa gerek yoktur. Diyafram, bir plungerle (basma silindiri) hidrolik olarak hareket ettirilir.

Piston Mili Salmastrası

Piston mili salmastrası çok çeşitlidir ve kullanılan gaza ve çalışma koşullarına göre özeldir; yumuşak, yarı-metalik ve metalik olabilirler. Çoğu zaman metalik salmastra önerilir. Tipik bir düşük-basınç salmastra yapısı Şekil-.61(a)'da, bir yüksek-basınç salmastrası Şekil-.61(b)'de verilmiştir.



Şekil-61: Salmastra tipleri; (a) Düşük basınç salmastra kutularında tipik salmastra düzeni, (b) metalik salmastra kullanılan tipik bir yüksek basınç salmastra kutusu, (c) yardımcı yumuşak salmastralı salmastra kutusu.

Islak, uçucu, tehlikeli gazlarla çalışıldığında veya aralıklı gaz basma durumunda yardımcı bir salmastra kutusu ve yumuşak salmastra kullanılır (Şekil-.61 c).

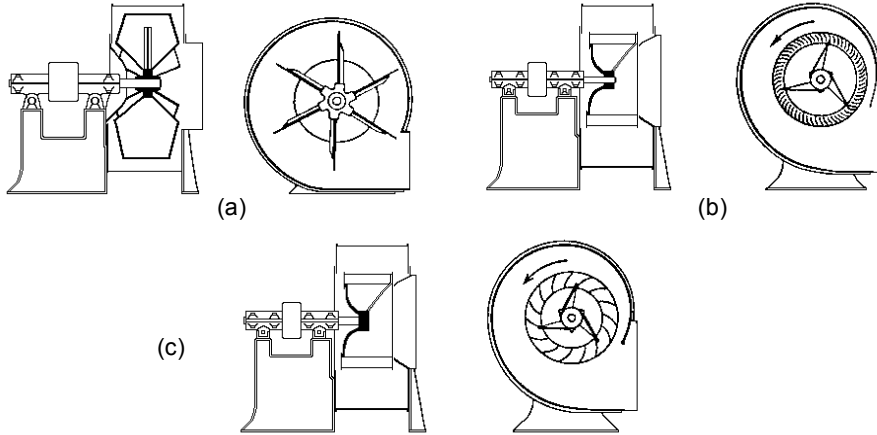
Fanlar ve Blowerler

Bir fan ve kompresör arasındaki fark kesin olarak tanımlanamaz. Fanların çalışma basıncı ($p < 0.5 \text{ lb / in}^2$), gaz üzerindeki sıkıştırma etkisi ihmal edilebilecek düzeyde kalacak kadar düşüktür. Fanlarda giriş ve çıkış hacimleri hemen hemen eşittir, bunlar basit gaz taşıyıcı sistemlerdir. Fanlar, hava akışlı (radyal) veya santrifüjlü ve aksiyal (dik) akışlı olarak iki grupta toplanır. Radyal-akışlı fanlarda akış basittir ve fan şaftına paraleldir.

Santrifüjlü Fanlar

Başlıca üç tipte yapılırlar: düz kanatlı (veya çelik-levhali), ileriye-eğimli kanatlı, geriye-eğimli kanatlı. Ayrıca çift yöne eğimli tipler de vardır.

Düz-kanatlı fanlarda, tekerlek pedalına benzer birkaç (5-12) radyal bıçağın bulunduğu, çapı büyük bir rotor vardır. Bunlar düşük hızlarda çalışır, hava akımındaki atıkların taşınmasında ve eksozların atılmasında kullanılır (Şekil-.62a). İleri-eğimli kanatlı fanlarda bıçak sayısı fazladır (20-64 kadar). Rotorun çapı daha küçüktür ve düz-bıçaklı fanlardan daha yüksek hızda çalışırlar (Şekil-.62b). Geriye-eğimli kanatlı fanlarda da 10-15 gibi çok sayıda bıçak bulunur. Bunların kullanım alanları oldukça geniştir (Şekil-.62c).

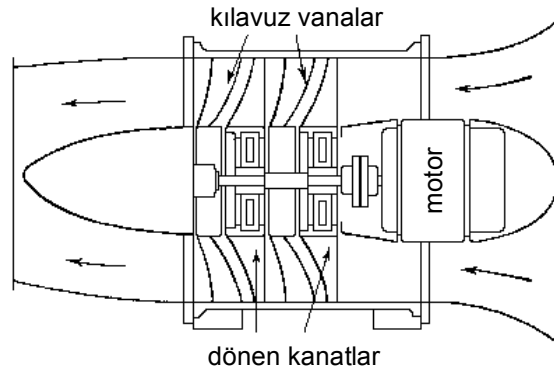


Şekil-. 62: Santrifüjlü fan tipleri.

Aksiyal (Dik) Akışlı Fanlar

Bunlar iki genel tipte yapılır: disk tipi, propeller (pervane) tipi. Disk tipi aksiyal fanlarda, evlerde kullanılan fanlara benzer düz veya eğimli kanatlar bulunur. Genel sirkülasyonda veya eksoz işlerinde kullanılır; kanallara gereksinim olmaz.

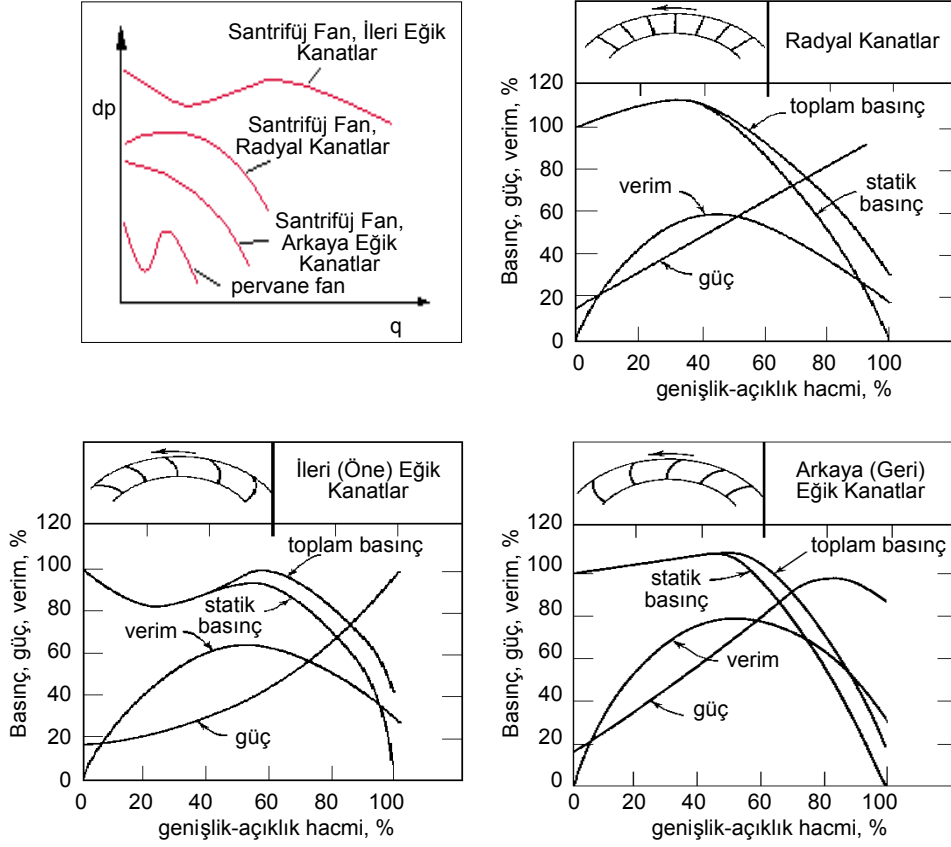
Propeller tipi aksiyal fanların kanatları uçak kanatlarına benzer şekilde dizayn edilir; bunlar iki-kademelidir (Şekil-.63).



Şekil-.63: İki-kademeli bir aksiyal akışlı fanın şematik görünümü.

Sabit bir çalışma koşulunda fanın hızı değiştirildiğinde, hareket eden gazın hacmi fan hızıyla doğru orantılı olarak değişirken, durgun basınç fan hızının karesiyle, güç ise küpüyle orantılı olarak değişir. Uygulamada gerçek fan performansı, sadece deneylerle saptanır. Fanın özellikleri, çoğunlukla dizaynına bağlıdır. Santrifüj fanlarda kanat tipi, fan performansını etkiler. Aksiyal-akışlı fanlar için en önemli parametre propellerin dizaynıdır. Çeşitli fan tiplerinin karakteristik özellikleri Şekil-.64'deki eğrilerle tanımlanmıştır.

Radyal kanallı fanda verim orta-derecededir. Bu tip kanat yapısı, asılı tanecikler içeren gazların taşınması için ideal bir yapıdır; santrifüj kuvvet kanatların temiz kalmasını sağlar. İleri-eğimli kanatlar içeren fanlar hızı düşük, büyük cihazlardır; verimi orta derecededir. Bunlarla temiz gazlar taşınır. Geriye-eğimli kanatlı fanlar daha yeni sistemlerdir; verimi ve gücü yüksektir. Bunlarla temiz gazlar taşınır.



Şekil-64: Çeşitli fan tiplerinin yaklaşık özelliklerini gösteren eğriler.

Dinamik Kompresörler

Santrifüj Kompresörler (Turboblowerler)

Bir santrifüj kompresörün ana işlevi, içinden akan gazın basıncını arttırmaktır. İşlem, bir santrifüj pompada olduğu gibi, girişten çıkışa doğru radyal olarak akan gazın hızlandırılmasıyla yapılır. Santrifüj kompresörlerin kapasiteleri çeşitlidir; çoğu 3500 rpm veya daha yüksek hızlarda, elektrik motoru, buhar veya gaz türbinlerle çalışır.

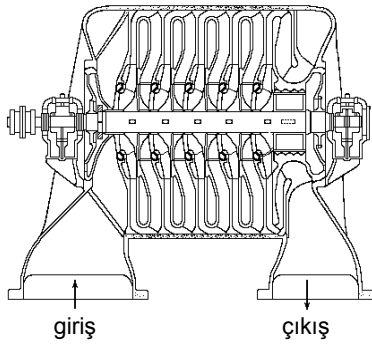
Santrifüj kompresörde bir impeller (fan) ve bir gövde (kasa) bulunur; bunlar, pompa fanlarına çok benzer. Gaz kompresöre fan gözü yakınından girer, fanın ucun-

da bir difüzöre yüksek bir hız ve basınçla fıskırtılır. Hızın kalan kısmı difüzörde basınca dönüştürülür. Santrifüj kompresörler, çok yüksek basınçlı çıkışa ulaşabilmek için çok kademeli yapılıdır.

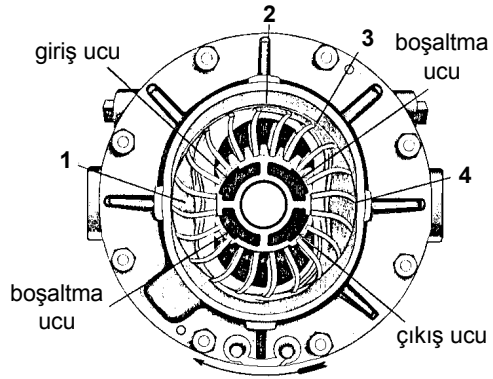
Çok kademeli çalışmada gaz difüzörü terkeden gaz, bir sonraki fanın gözüne yönlendiren bir diyaframa girer; diyaframda supaplar bulunur. Sıkıştırılırken gaza transfer edilen enerji, gazın ısınmasına yol açar; bu nedenle kademeler arasında soğutma kanalları konulmuştur. Tek bir gövdede altı veya yedi kademeden fazla kademe bulunmaz. Yeterli basıncın alınamaması halinde iki veya daha fazla gövde seri olarak bağlanarak kullanılır. Beş kademeli bir kompresör Şekil-.65'de verilmiştir.

İlginç bir santrifüj kompresörü Şekil-.66'de görülmektedir. Bunda eliptik bir kasa vardır ve kısmen sıvı ile dolu durumdadır; içinde rotor kanatları döner. Rotorun hızı, merkezden santrifüj kuvvetle uzaklaşan sıvının gövde duvarı üzerinde bir sıvı halkası oluşturacak şekilde ayarlanmıştır.

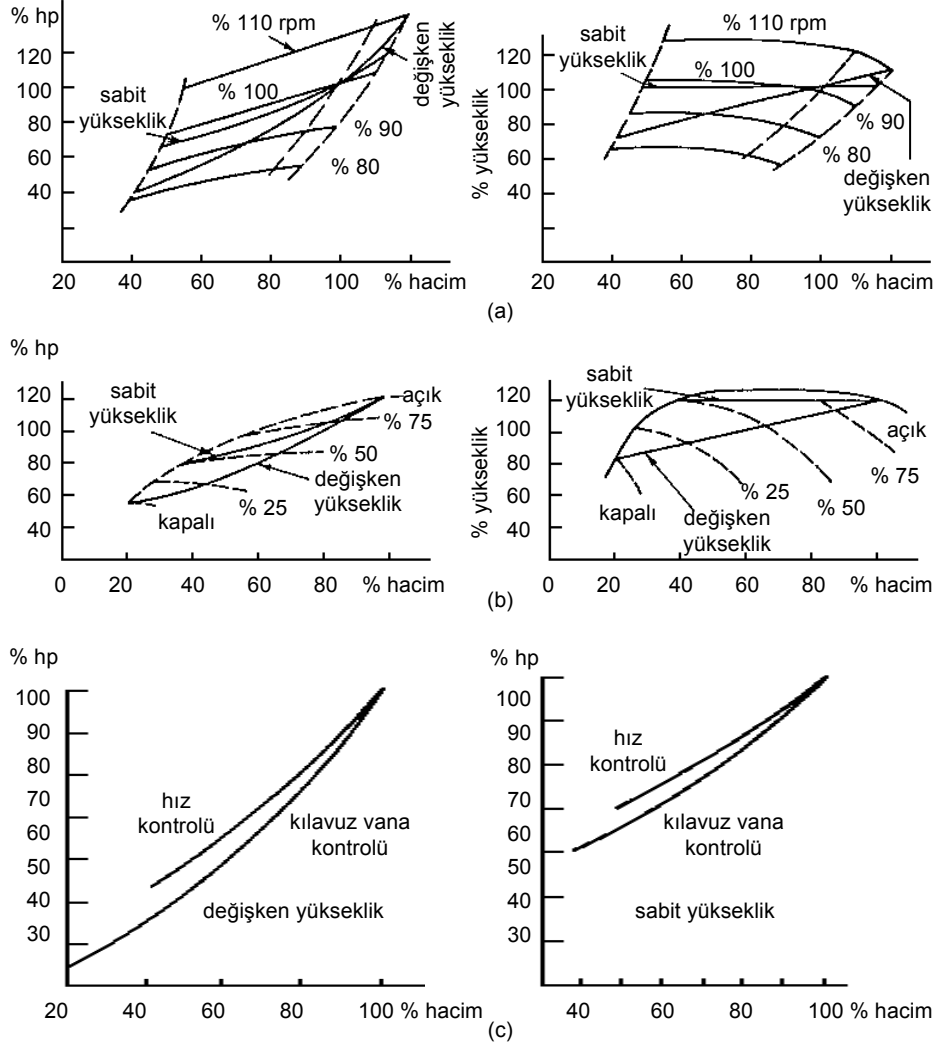
Operasyon çevrimi, şekle göre, (1) de kanat boşluğu (bucket) sıvıyla doludur; rotor dönerken sıvı gövdede ilerler, rotordan uzaklaşır ve böylece gaz giriş ucundan girer, (2) de gaz için boşluk en fazladır; çünkü sıvı gövdededir, (3) te eliptik duvar eksene çok yakındır, sıvıyı rotora doğru geri iter, gaz boşluğunu azaltarak gazı sıkıştırır ve (4) te boşaltır. Bu çevrim bir dönme devrinin yarısında tamamlanır. Soğutmanın sağlanabilmesi için sıvı sürekli beslenir; iyi bir çalışma için akış miktarı en iyi şekilde kontrol edilmelidir.



Şekil-.65: Beş kademeli bir turboblower.



Şekil-.66: Nash 'Hytor' kompresörünün çalışma çevrimi.



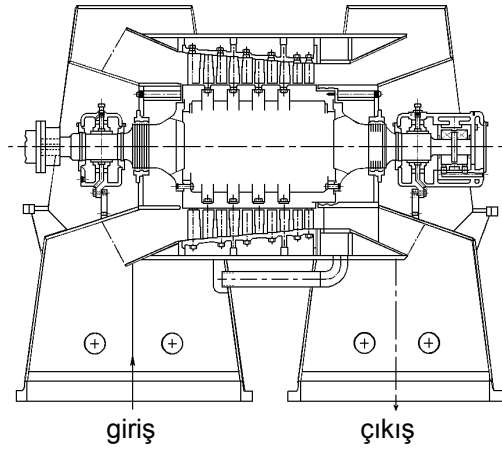
Şekil-67: Santrifüj kompresörlerin tipik karakteristik eğrileri; (a) türbin-hız kontrollü, kılavuz-supap kontrollü, (c) hız ve kılavuz-supap kontrollü santrifüj kompresörleri arasında beygir gücü kıyaslaması.

Çok kademeli bir kompresörün tipik karakteristik eğrileri şekil-.67(a)'da verilmiştir. Görüldüğü gibi kompresör, bir sabit-basınç sistemidir ve güç tüketimi, verilen hacimle doğru orantılıdır. Motorla çalışan kompresörlerde hidrolik kaplin, magnetik kaplin gibi cihazlarla istenilen çalışma koşulları sağlanır.

Çalışma aralığı hız değiştirilerek kontrol edilir; ayrıca "giriş kılavuz supabı" kullanılarak kapasite azaltılır ve kararlı çalışma aralığı yükseltilebilir (Şekil-.67b). Kılavuz supabının ana görevi, giriş kayıplarının azaltılması için impellerin önceden dönmelerini sağlamak olduğu gibi, gaz yoğunluğunu düşürerek gaz akış hızını azaltmaktır. Şekil-.67(c)'de hız kontrolü ve kılavuz-supap kontrolünün tüketilen güce karşı kıyaslaması verilmiştir.

Aksiyal Akışlı Kompresörler

Aksiyal Akışlı Kompresörler gaz türbinleriyle çalışır ve jet uçakları motorlarında bazı avantajları vardır. Endüstride bu tip sistemlerin kullanımı azdır, bazı uygulama alanları olarak yakma-fırınları, gaz iticiler ve rüzgar-tünelleri sayılabilir. Santrifüjlü sistemlere kıyasla en önemli avantajları yüksek verim ve yüksek kapasitedir. Küçük boyuttaki aksiyal akışlı kompresörler, aynı koşullarda uygun olan santrifüjlü tiplerden daha pahalıdır ve tercih edilmezler.



Şekil-.68: Allis Chalmers aksiyal akışlı kompresör

Şekil-.68'de tipik bir aksiyal-akış sistemi görülmektedir. Dönen element (rotor) bir kazan şeklindedir ve buna birkaç dizi kanat bağlanmıştır. Basınç artışının yarısı rotor kanadında, diğer yarısı stator kanadında sağlanır. Sabit kanat dizileri havayı rotor kanatları içine gönderirken, statik basıncı ve kinetik enerjiyi artırır. İyi dizayn edilmiş bir aksiyal-akışlı kompresör havayı 400 ft/sn hıza kadar çıkarabilir. Bu tip kompresörlerin çoğunda kademededen kademeye olan gaz hızı sabittir. Peşpeşe kademelerde sürekli basınç yükselmesi olacağından sabit gaz hızı, küçük bir dairesel alanla sağlanır.

Vakum İşlemleri

Endüstrideki işlemlerin bazıları atmosfer basıncı altındaki basınçlarda yapılır, 0.5 inç cıva basıncına, bir pistonlu veya döner pompayla kolaylıkla erişilebilir.

Ejektörler: Piston, sübab, rotor, ve diğer hareketli parçaların bulunmadığı basit vakum pompaları veya kompresörlerdir. Şekil-.69(a)'da tek-kademeli bir ejektörün kesiti görülmektedir. Yüksek basınçlı buhar veya hava bir nozuldan buhar odasına beslenir; buradan, çevresinde bulunan buhar veya gazları yakalar, beraberinde sürükleyerek nozuldan yüksek hızla çıkar ve bir yaklaştırıcı-ayırıcı nozul boyunca genişler. Difüzör (veya birleştirici boğaz), hız enerjisinin basınç enerjisine dönüşmesine yardım eder. Bu işlem sonunda, yakalanan bir miktar gaz, buhar odacığındaki basınçtan daha yüksek bir basınçla dışarı atılır; difüzer bir kompresördür.

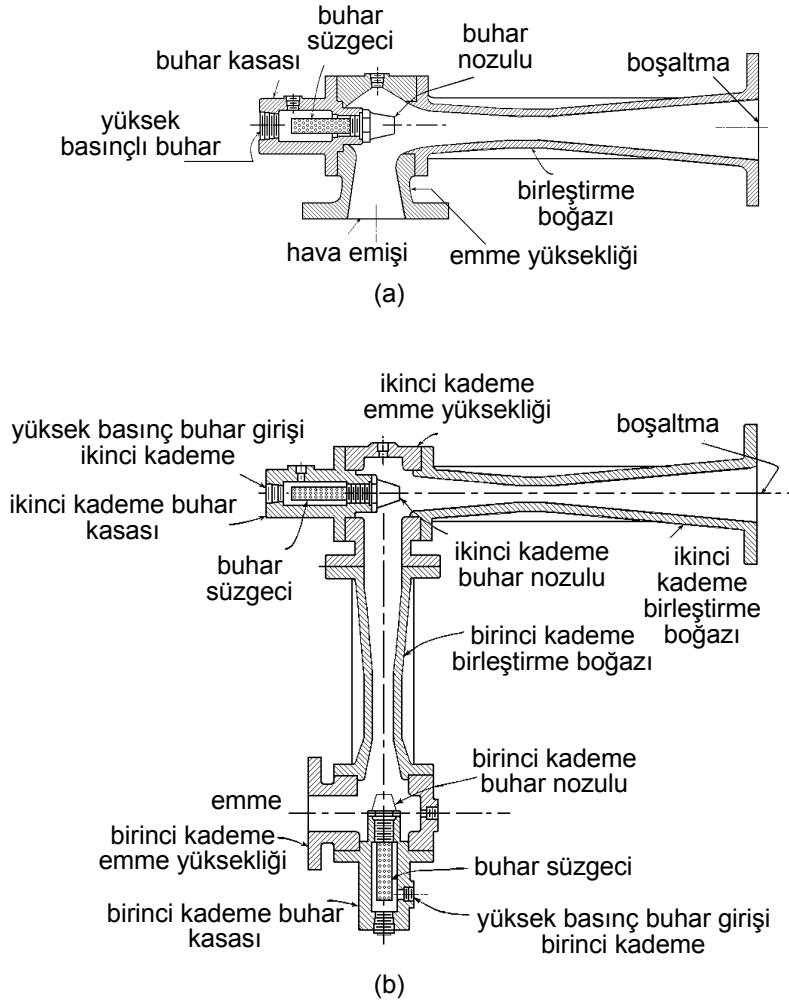
Tek-kademeli bir ejektörde sıkıştırma oranı 10/1 i geçer, fakat kapasite/taşınan akışkan oranı ekonomik değildir. Daha büyük sıkıştırma oranları uygulandığında uygun kapasitelere çıkılabilir. Şekil-.69(b)'de görüldüğü gibi, düşük-basınçlı jetten yüksek basınçlı jetin emme odasına besleme yapılabilir.

Böyle bir sistemde her jette bir sıkıştırma oranı sağlanarak istenilen basınç yükselmesine ulaşılabilir. Altı kademe seri olarak kullanılabilir.

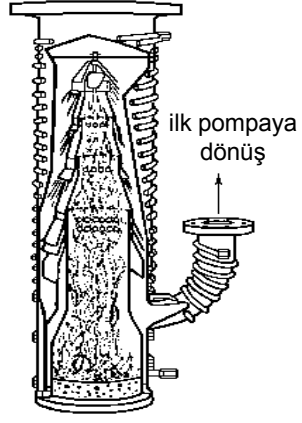
Difüzyon pompaları: Çok düşük basınçların (yüksek vakum) istendiği durumlarda difüzyon pompası gerekir. Difüzyon pompasıyla 10⁻⁷ mm Hg basıncının altına kadar inilebilir. Bu büyüklükteki vakumlar için bir difüzyon pompası, tek-kademeli bir mekanik pompa ile beraber kullanılır.

Difüzyon pompasındaki akışkan düşük buhar basınçlı bir sıvıdır; çoğu kez cıva veya özel bir yağ kullanılır. Pompadaki akışkan, pompanın dibinde buharlaştırılır ve buharlar kondenser içinde yükselir. Ön vakum uygulanmış gaz molekülleri, rasgele ısıl hareketlerle difüzyon pompası içine girer ve buharlaşan pompa sıvısı

molekülleriyle çarpışır. Buharlaşan sıvı molekülleri kondenserin soğuk cidarlarında yoğunlaşır geri akarken, konsantrasyonu artmış olan gaz, mekanik pompayla dışarı basılır. Şekil-70'de bir difüzyon pompası görülmektedir.



Şekil-69: Jet ejektörleri; (a) tek-kademeli, (b) çift-kademeli.



Şekil-.70: Tipik bir difüzyon Pompası