

5. SANTRİFÜJ POMPALARDA TEORİK ESASLAR

5.8. Santrifüj Pompalarda Kaviteasyon ve Karakteristiklere Etkisi

Santrifüj pompalarda kaviteasyona neden olan aşırı basınç düşmesi aşağıdaki etkenlere bağlıdır.

1) Pompaj tesisinin kurulduğu yerdeki yüksekliğe bağlı olarak atmosfer basıncındaki azalma,

2) Pompalanan suyun sıcaklığına bağlı buhar basıncı,

3) Statik emme yüksekliğinin fazla olması,

4) Emme borusundaki su hızının yüksek olması,

5) Emme borusundaki kayıpların büyük olması.

Yukarıda sıralanan etkenler incelendiğinde, kaviteasyon olayının pompanın emme koşulları ve emme boru hattındaki düzenleme ile yakından ilgili olduğu görülür.

Kaviteasyonun oluşmasına neden olan etkenlerden ilk ikisi yerel koşullara bağlıdır ve değiştirilemez. Diğerleri ise tesise bağlı etkenlerdir. Yeterli bir düzenleme ile en az düzeye indirilebilirler. Bu nedenle kaviteasyonu önlemek için, pompaj tesislerinde emme koşullarının çok iyi bir şekilde incelenmesi gerekir.

Şekil 5.38'de bir santrifüj pompanın emme boru hattı ve su girişi şematik olarak görülmektedir.

Santrifüj pompa, (h_{se}) statik emme yüksekliğinde çalışan tek kademeli bir pompadır. Emme borusundaki serbest su düzeyi olan (2) noktası ile suyun çarka girdiği (1) noktası arasında Bernoulli denklemi yazılırsa;

$$P_a / \gamma = h_{se} + P_1 / \gamma + h_{ke} + V_e^2 / 2.g$$

olur.

P_a : Atmosfer basıncı (kp/cm²),

P_1 : Suyun çarka girişindeki basınç (kp/cm²),

h_{se} : Statik emme yüksekliği (mSS),

V_e : Emme borusundaki su hızı (m/s),

h_{ke} : Emme borusundaki kayıplar (mSS),

γ : Suyun özgül ağırlığı (kp/dm³)'dir.

Eşitsizliğin sol tarafındaki terim "Emmedeki Net Pozitif Yük (ENPY) adını alır. Yukarıdaki eşitsizlik içine pompanın manometrik yüksekliği katılarak eşitsizlik aşağıdaki gibi yazılabilir (Özgür 1983).

$$\sigma_p > \sigma_k \rightarrow \frac{H_a - (h_{se} + h_{ke} + h_b)}{H_m} > \frac{V_e^2 / 2.g + K.W_1^2 / 2.g}{H_m}$$

Sol taraftaki terim **Thoma-Moody** kavitasyon katsayısı adını alır ve σ_p ile gösterilir. Eşitsizliğin sağ tarafı σ_k ile gösterilen kanat kavitasyon katsayısını gösterir. Santrifüj pompalarda kavitasyon meydana gelmemesi için daima aşağıdaki koşul var olmalıdır.

$$\sigma_p > \sigma_k \text{ veya } \frac{H_a - (h_{se} + h_{ke} + h_b)}{H_m} > \sigma_k$$

Thoma-Moody kavitasyon katsayısı değeri içinde atmosfer basıncı ve buhar basıncı değerleri tesisin kurulacağı yerdeki koşullara bağlıdır.

Santrifüj pompaların özgül hızına göre kanat kavitasyon katsayısı bilinirse, suyun sıcaklığı ve tesisin kurulduğu yere göre çizelgelerden bulunacak basınç değerlerine ve emme borusundaki yük kaybına göre tesisin statik emme yüksekliği diğer bir deyimle pompanın serbest su düzeyinden en fazla ne kadar yukarı kurulabileceği hesaplanabilir.

Santrifüj pompa tesislerinde, pompa serbest su düzeyinden yukarı yerleştirilirken statik emme yüksekliğinin kavitasyon koşullarına göre belirlenmesi gerekir. Gerek akarsular gerekse sığ kuyulardan pompajda, emme deposundaki su düzeyinin değişmesi göz önüne alınmalıdır. Bu durumda statik emme yüksekliği kavitasyon koşullarına göre saptandıktan sonra pompa, emme deposundaki su düzeyi ne kadar alçalırsa alçalsın hesaplanan statik emme yüksekliği değeri geçilmeyecek şekilde yerleştirilir.

Santrifüj pompalarda kanat kavitasyon katsayısı ile pompanın özgül hızı arasında belirli bir ilişki bulunmaktadır. Şekil 5.39'da bu ilişki belirtilmektedir.

Nomogramda apsiste (n_s) özgül hız değerleri, ordinatta ise (σ_k) kanat kavitasyon değerleri verilmiştir. Nomogramdan da görüldüğü gibi σ_k değerleri özgül hızla orantılı olarak artmaktadır. Diğer bir deyişle özgül hızı fazla olan pompalarda, statik emme yüksekliği değeri azalmaktadır.

Kanat kavitasyon katsayısı özgül hızla bağlı olarak Şekil 5.39'dan alınabileceği gibi aşağıdaki formülden de hesaplanabilir (Yalçın 1998).

$$h_{se} \leq H_a - (h_{ke} + h_b + H_m \cdot \sigma_k)$$

eşitsizliğinde yerine konarak pompanın kavitasyon meydana gelmeden çalışabileceği statik emme yüksekliği hesaplanır. Tesisteki statik emme yüksekliği hesaplanan değerden daima küçük olmalıdır, diğer bir deyişle hesaplanan değer sınır değeri olmaktadır.

5.8.1. Kavitasyonun belirtileri

5.8.1.1. Ses ve titreşim

Kavitasyon olayı sırasında meydana gelen buhar baloncuklarının yüksek basınç bölgesinde parçalanmaları ses ve titreşim meydana getirir. Santrifüj pompalar yüksek verim noktasının dışındaki koşullarda çalıştırılırken

her ne kadar, suyun çarka normal şekilde diğer değişle çark kanatlarının büküklüğüne uyacak şekilde girmemesinden bir titreşim ve ses meydana gelirse de kavitasyondan dolayı oluşan ses ve titreşim daha çok mekanik bir gürültüyü andırır. Bu durumda bazı hallerde emme borusundan bir miktar havanın girmesine izin verilerek ses ve titreşim önlenabilir. Emme borusuna giren hava, buhar baloncuklarının parçalanması sırasında bir yastık görevini yapar.

5.8.1.2. Karakteristik eğrilerin değişimi

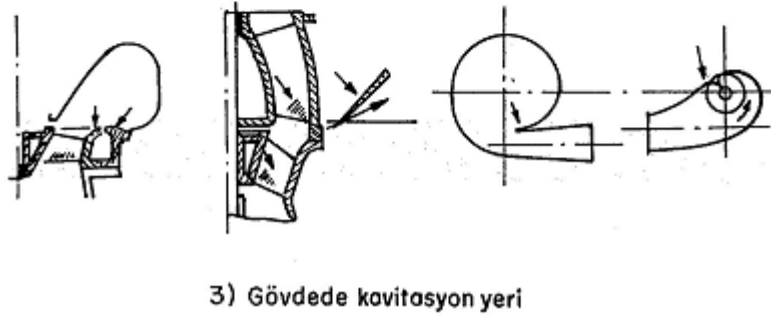
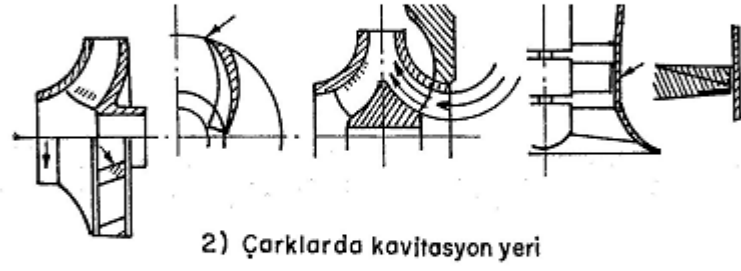
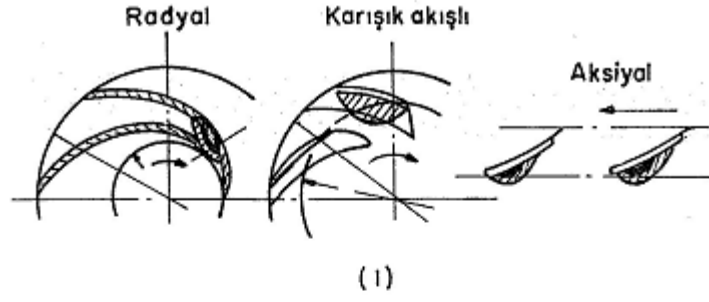
Kavitasyonun karakteristik eğriler üzerindeki etkisi pompanın özgül hızına bağlı olarak farklılıklar gösterir. Şekil 5.42'de kavitasyonun çeşitli pompalarda karakteristikler üzerine olan etkisi görülmektedir.

Radyal pompalarda, kavitasyon koşullarında H_m - Q eğrisinde birden düşme görülür. Eğrinin kırılma noktası h_{se} değeri arttıkça daha küçük verimlere doğru kayar.

Pompanın özgül hızı arttıkça, kavitasyon nedeni ile H_m - Q eğrisinin bütün boyunca düşme görülür. Şekildeki karışık akışlı bir pompaya ait karakteristik eğrilerde düşme, radyal pompalardaki gibi ani değil bütün eğri boyunca boyuncadır.

Aksiyal pompalarda ise karakteristik eğrilerdeki düşme daha açıktır. Bu tip pompalarda kavitasyon özellikle verim eğrisi üzerinde büyük düşmeler yaratır. Bu nedenle bir çok hallerde aksiyal pompalarda kavitasyon olayı incelenirken H_m - Q eğrisi yerine verim eğrisi alınır.

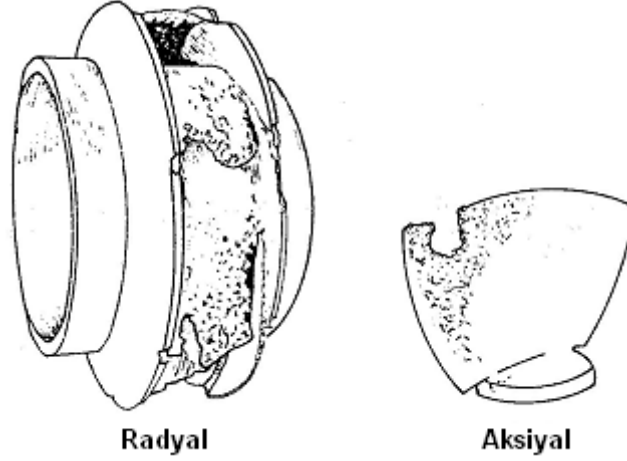
Kavitasyonun karakteristik eğriler üzerindeki etkisi çarkın yapısı ile de ilgilidir. Şekil 5.43'de çeşitli çark tipleri görülmektedir.



Şekil 5.43. Çark ve gövde üzerinde kavitasyonun etkisi ((Stepanoff 1957).

5.8.1.3. Aşınma

Santrifüj pompalar uzun süre kavitasyona maruz kalarak çalışırsa çark üzerinde kavitasyonun şiddeti ve çarkın yapı malzemesine bağlı olan bir aşınma meydana gelir. Kavitasyon nedeni ile ortaya çıkan aşınma, kimyasal etkilerle meydana gelen korozyon ve katı zerrelerin etkisi ile meydana gelen aşınmadan farklıdır (Şekil 5.44).



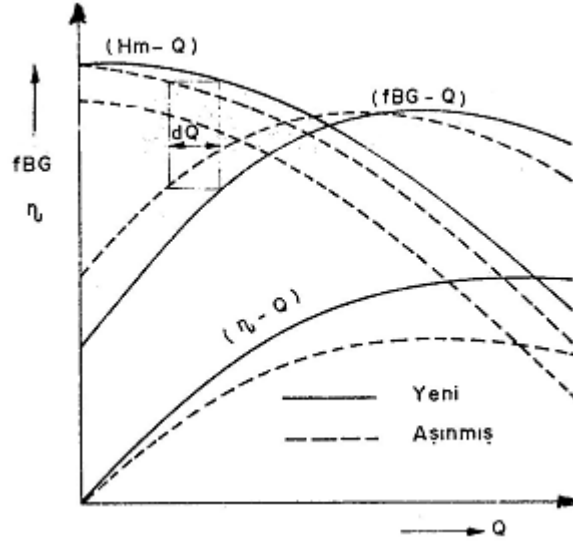
Şekil 5.44. Kavitasyonun aşındırma etkisi (Tezer 1978).

Kavitasyonun yarattığı aşınma, meydana gelen buhar baloncuklarının parçalandığı bölgede görülür. Yapılan araştırmalar gözenekli malzemelerde kavitasyon aşındırmasının daha fazla bulunduğunu, malzemenin molekül büyüklüğü ile sıvı viskozitesinin bu aşınmaya etkili olduğunu göstermiştir.

Buhar baloncuklarının parçalanmasından doğan çekiçleme etkisinin frekansı oldukça yüksek ve basıncın 300 at olduğunu yapılan araştırmalar göstermiştir. Çekiçleme etkisi çark ve gövde üzerinde yayılarak titreşime neden olur. Şekil 5.43'de çark ve gövde üzerinde meydana gelen kavitasyon etkilerinin yeri görülmektedir.

Santrifüj pompalarda normal olarak düşük basınç bölgesi emme ağzının biraz ilerisinde ve çark kanadının arkasında oluşur. Kavitasyon aşınması ise buhar baloncuklarının parçalandığı yerde olur. Şekil 5.43.2 ve 3'de bu durum görülmektedir. Eğer pompa devamlı olarak proje verdisinin üstündeki verdilerde çalıştırılırsa, çark kanatlarının emme tarafındaki ucunda ve kanadın arka tarafında aşınma görülür. Şekil 5.43.2'de çark kanatlarına uygun Şekil verilmemesinden doğan aşınma bölgeleri belirtilmiştir. Özellikle sivri noktalar en çok aşınmaya uğrayan bölgelerdir.

Çark üzerinde meydana gelen kavitasyon aşınması nedeni ile çarkın geometrik ölçüleri küçülür ve performans değerleri değişir (Şekil 5.45).



Şekil 5.45. Aşınma nedeni ile karakteristiklerin değişimi

Çark üzerindeki aşınma bölgeleri çarkın içindeki sürtünme kayıplarını artırdığından, çarkın hidrolik verimi azalır ve dolayısıyla pompanın toplam verimi düşer. Çarkın statik ve dinamik balansı, aşınmadan dolayı meydana gelen ağırlık azalması homojen olmadığından bozulur ve sonuçta pompada titreşim ortaya çıkar ve yatakların ömrü kısalmır.

5.8.1.4. Kaviteasyonu önleme yolları

Kaviteasyonu çeşitli önlemler alınarak önlenir. Bunların başında pompaj tesisi kurulurken emme koşullarının çok iyi bir şekilde etüt edilmesi gerekmektedir. Satın almalar için hazırlanacak şartnamelerde pompanın Thoma kaviteasyonu katsayısının veya statik emme yüksekliğini sınırlandıran tesis koşullarında pompanın kaviteasyonu deneylerinin yaptırılması hükümlerinin konulması gerekir.

Emme borusunun düzenlenmesinde, olabildiğince az basınç kaybı yaratacak şekilde hareket edilmesi halinde kaviteasyonu yaratmadan statik emme yüksekliğini artırmak mümkün olabilir. Bunun için emme borusu çapı bir kademe büyük seçilmeli, boru boyu olabildiğince kısa tutulmalı ve az sayıda boru parçası kullanılmalıdır. Kullanılacak süzgecin delik alanları toplam emme borusu alanından en az üç katı büyük olmalıdır.

Şayet pompaj tesisinin koşulları kaviteasyonu önlemek için elverişli değilse kaviteasyonu meydana getirdiği ses ve titreşim emme borusundan çok az miktarda havanın girmesine izin verilerek azaltılabilir veya ortadan kaldırılabilir.

Kaviteasyonu yaratacağı aşınma; pompa konstrüksiyonu dolayısıyla çark malzemesinin yapısı değiştirilerek azaltılabilir.

Kavitasyona dayanıklı malzemeler dayanım sırasına göre; kaynaklı paslanmaz çelik (2 kat, 16 Cr-7 Ni), temperli paslanmaz çelik (12 Cr), döküm paslanmaz çelik (18 Cr-8 Ni), plaka çeliği, döküm çelik, alüminyum, bronz ve dökme demirdir. Pompaj tesisi kurulduktan sonra kavitasyonu azaltıcı önlemler almak çok zordur. Bu nedenle tesis kurulmadan önce mutlaka kavitasyon göz önüne alınmalıdır.

Pompayı yüksek verim noktasında çalıştırarak da kavitasyon önlenir.