

SÜRTÜNME KAYIPLARI

Deney No: 5a

Deneyin Amacı:

Silindirik düz boruda sıkıştırılamayan bir akışkanın akış ve vanalar, dirsekler, ani daralma ve ani genişleme gibi bağlantı elemanlardan geçerken sürtünme nedeni ile uğradığı enerji kayıplarının, basınç farkından yararlanılarak tayin edilmesidir.

TEORİ

I. Sürtünme Kayıpları

Akış sırasında akışkanın maruz kaldığı sürtünme akışkanın mekanik enerjisinin azalması/kaybolmasının göstergesidir. Yani sürtünmeli akışta, akış hatları boyunca basınç, kinetik enerji ve potansiyel enerji farklarının (head) toplamı sabit kalmaz ve akış yönünde azalma gösterir. Akış sürtünmesi, mekanik enerjinin akış hatlarında ısıya dönüşerek korunması şeklinde tanımlanır. Sürtünme kayıpları " h_f "'in boyutu, birim kütle için enerji olup her türlü sürtünmeden kaynaklanan mekanik enerjinin (ısıya dönüşerek) korunumunu ifade eder.

Akış sırasında oluşan sürtünme kaybı ikiye ayrılır:

a) Yüzey Sürtünmeleri: Sürtünme, hem laminar hem de kargaşalı akımda, hız gradyanının sürdürülmesi için kayma kuvvetleri tarafından yapılan işten dolayı sınır tabakasında oluşur. Yüzey boyunca, duvar ile akışkan arasında oluşan bu sürtünmelerde sınır tabaka duvardan ayrılmaz, fakat akışın başlangıcındaki mekanik enerjiler toplamı sürtünme kayıpları nedeni ile azalır. Ortalama lineer hız ve potansiyel seviyenin değişmediği hallerde tüm sürtünme kayıpları basınç düşüşü olarak ortaya çıkar. Sürtünme kayıpları akış uzunluğu (boru uzunluğu), akış hızı ve sürtünme katsayısının fonksiyonudur. Sürtünme katsayısı " f " akışın Reynolds sayısına ve yüzeyin pürüzlülüğüne bağlı bir sayıdır.

b) Biçim Sürtünmeleri:

Sınır tabakası dışında, katı yüzeyin konum ve şekline bağlı olarak ilave enerji kayıplarına yol açan sürtünme biçim sürtünmesi olarak tanımlanır. Biçim sürtünmesi epeyce büyüktür.

Akış yönünün ve/veya konumunun değişmesine neden olan ani daralma, ani genişleme, dirsek, vana, akım ölçen aletler ve her çeşit bağlantı elemanının sebep olduğu sürtünmelerdir. Akışkanın sınır tabakası duvardan ayrılır ve ortaya çıkan boşluklar emiş yaparak sınır tabakanın geri çekilmesine ve girdaplar oluşumuna neden olur. Ani daralma ve genişlemede dar boru içindeki akış hızına göre hesaplanan kinetik enerji belli bir katsayı ile çarpılarak sürtünme kayıplarını verirler.

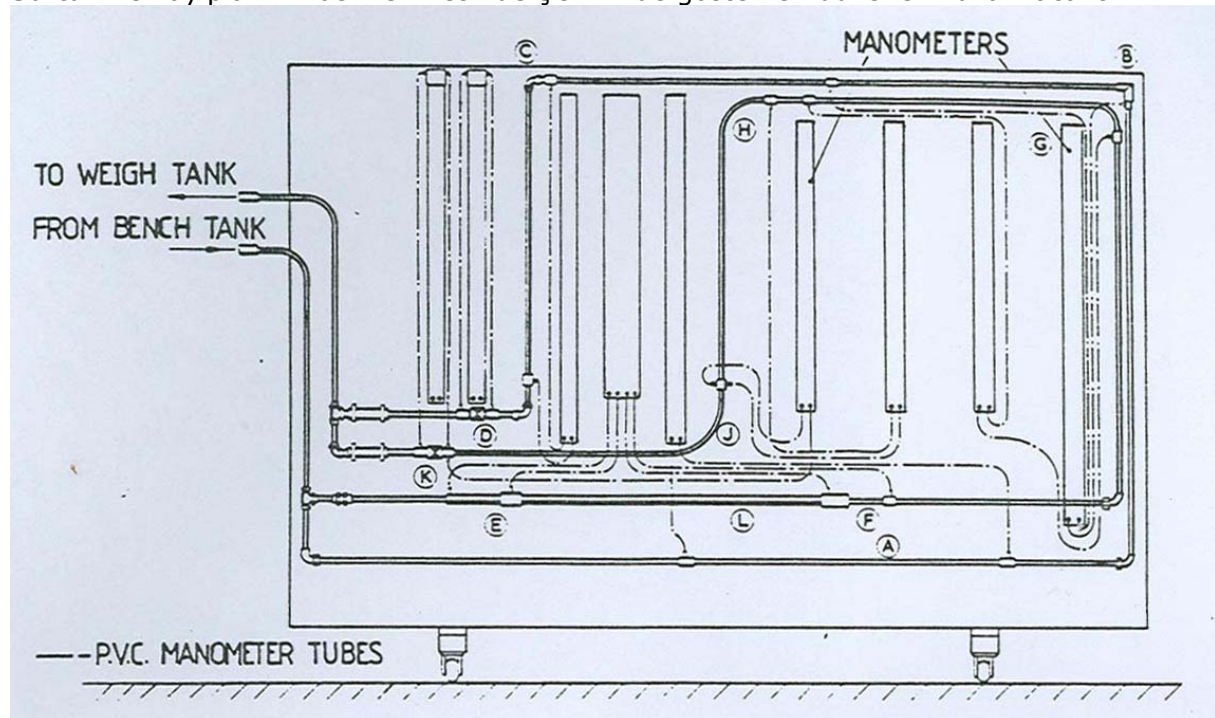
Belirli bir durum için yüzey ve biçim sürtünmeleri enerji kaybını değişik derecelerde etkiler. Toplam sürtünme kayıpları, h_f , her iki çeşit sürtünmeden kaynaklanan sürtünme kayıplarını içerir.

Deneye gelmeden önce herbir grup elemanı 3, 4, 5, 9, 10 nolu çalışmaları içeren bir kağıdını deney öncesi teslim etmelidir.

1. Akış türleri nelerdir? Açıklayınız.
2. Sıkıştırılamayan ve sıkıştırılabilen akışkanları birer örnek vererek tanımlayınız.
3. Boru/tüp/kanal içerisinde sıkıştırılamayan akışkanın yatışkın durum akışı için süreklilik ve mekanik enerji denklemlerini geliştiriniz. Mekanik enerji denkleminin içerdiği her bir terimi açıklayınız.
4. Sürtünme kayıpları ne demektir, kaç çeşit sürtünme kaybı vardır? borulardaki sürtünme kayıplarının incelenmesinin nedenlerini açıklayınız.
5. Herhangi bir akış sisteminde olası elemanlar nelerdir? Tiplerini ve akış elemanlarından kaynaklanan sürtünme kayıplarını belirlemek için gerekli ilişkileri bulunuz.
6. Yüzey sürtünme katsayısı-Reynolds sayısı ilişkisini açıklayınız.
7. Akıştan kaynaklanan (yüzey sürtünmesi) sürtünme kaybının akış hızı ile değişimi ifade ediniz.
8. Isı transferinin sürtünme kaybına olan etkileri nelerdir? Açıklayınız.
9. Deney sistemindeki olası sürtünme kayıplarını hesaplamak için gerekli eşitlikleri belirleyiniz.
10. Deneysel verileri kaydetmek için veri sayfası hazırlayınız.
11. Deneysel verileri kullanarak istenilen hesaplamaları nasıl gerçekleştireceğinizi belirleyiniz.
12. Deneysel verileri kullanarak (yüzey) sürtünme katsayısının akış hızı ile değişim ilişkisini nasıl belirlersiniz?

DENEYSEL YÖNTEM

Sürtünme kayıplarının belirlenmesinde Şekil 1’de gösterilen düzenek kullanılacaktır.



Şekil 1. Deney düzeneği

Sistem açıklaması:

A	13,7 mm çaplı düz boru
B	90° keskin dirsek
C	Özel 90° dirsek
D	Sürgülü vana
E	Ani genişleme 13,7 mm / 26,4 mm
F	Ani daralma 26,4 mm / 13,7 mm
G	52 mm yarıçaplı pürüzsüz 90° dirsek
H	102 mm yarıçaplı pürüzsüz 90° dirsek
J	152 mm yarıçaplı pürüzsüz 90° dirsek
K	Küresel vana
L	26,4 mm çaplı düz boru

Boru sistem bileşenlerinin herbirini içeren bir koyu ve bir açık mavi boyanmış iki ayrı hidrolik devresinin şematik olarak gösterimi Şekil 1'deki gibidir. Her iki devre aynı hidrolik tezgahtan suyla donatılmıştır. Devrenin her bir elemanı aşağıdaki gibidir.

Koyu Mavi Devre

1. Sürgülü vana
2. Standart dirsek
3. 90° eklem
4. düz boru

Açık Mavi Devre

5. Küresel vana
6. Ani genişleme
7. Ani daralma
8. 152,4 mm yarıçaplı 90° dirsek
9. 101,6 mm yarıçaplı 90° dirsek
10. 50,8 mm yarıçaplı 90° dirsek

Bu sistemde kullanılan borular özel standart (BS 659) hafif bakır tüpten yapılmıştır.

Bütün hallerde sürgülü ve küresel vanalar hariç her bir elemana karşı basınç değişimi basınçlandırılmış piezometre tüp* çiftleriyle ölçülür. Vanalarda ise basınç ölçümü civalı U tüpleriyle yapılır.

I) SÜRTÜNME KAYIPLARININ BELİRLENMESİ

Akıştan kaynaklanan (A koyu mavi hatta) sürtünme kayıpları

Akıştan kaynaklanan sürtünme kayıplarının belirlenmesi için değişik akış hızlarında aşağıda verilen deneysel çalışmayı yürütünüz.

- Hidrolik tank üzerindeki su kontrol vanası tümüyle açılır.
- Küresel vana (globe valve) kapatılıp, sürgülü vana (gate valve) tam açık konuma getirilir.
- İki-üç dakika su akışına izin verilir.
- Yatışkın durumda hacimsel akış hızı belirlenir.
- Bu hat boyunca U-tüpü ve piezometre tüplerinde okunan değerler kaydedilir.
- Sürgülü vana yavaş yavaş kapatılarak elde edilen değişik akış hızlarında, aynı okumalar kaydedilir.

Bağlantı elemanlarından kaynaklanan (B Açık mavi hatta) sürtünme kayıpları

Boru hattında yer alan *bağlantı elemanlarından kaynaklanan* sürtünme kayıplarının belirlenmesi için değişik akış hızlarında aşağıda verilen deneysel çalışmayı yürütünüz.

- Koyu mavi hattaki ölçümler bittikten sonra sürgülü vana kapatılarak küresel vana tam açık konuma getirilir. Aynı işlemler açık mavi hat için tekrarlanır.
- Deney bittikten sonra önce sürgülü ve küresel vanalar kapatılır, daha sonra pompanın çalıştırılması durdurulur.

* Piezometre tüpü: düşük basınç farklarını ölçmeye yönelik, düşük yoğunlukta sıvı içeren manometre

Pürüzlü boruda sürtünme kayıpları

Mevcut sistemde pürüzlü boruda sürtünme kayıplarının belirlenmesi için deneysel yöntem öneriniz ve önerdiğiniz deneyi gerçekleştiriniz.

II) POMPA İŞİ/VERİMİNİN BELİRLENMESİ

Mevcut sistemde pompa işi ve/veya veriminin belirlenmesi için deneysel yöntem öneriniz ve önerdiğiniz deneyi gerçekleştiriniz.

HESAPLAMALAR

I) SÜRTÜNME KAYIPLARININ BELİRLENMESİ (Akış/bağlantı elemanlarından kaynaklanan sürtünme kayıplarını)

- ✓ Yüzey sürtünme kaybının akış hızı ile değişimini veren ilişkiyi bulunuz. Elde ettiğiniz ilişkiyi literatürde verilen ilişki ile karşılaştırınız.
 - Sürtünme katsayısının Reynolds sayısı ile değişimini bulunuz. Literatürden belirlediğiniz (f-Re) değerler ile sonuçlarınızı karşılaştırınız.
- ✓ Akış sisteminde biçim sürtünmesinden kaynaklanan sürtünme kayıplarını ayrı ayrı belirleyiniz.
 - Bükülme elemanları için deneysel bükülme elemanı sürtünme katsayısı (K_B)'nın (r/d) ve ortalama akış hızı ile değişimini belirleyiniz.
(r/d; bükülme çapı /boru çapı)
 - Sistemdeki herbir vana için sürtünme kayıp katsayısı (K_V)'nın hacimsel akış hızı ile değişimini belirleyiniz.
- ✓ Herbir hat için (açık mavi hat ve koyu mavi hat) sistemde meydana gelen toplam sürtünme kayıplarını ayrı ayrı hesaplayınız.
- ✓ *Pürüzlü boruda sürtünme kayıplarını/sürtünme katsayısını hesaplayınız.*
- ✓ Elde edilen her türlü sonucu literatürle karşılaştırınız.

II) POMPA İŞİ/VERİMİNİN BELİRLENMESİ

- ✓ Önerdiğiniz deneysel yöntem ile elde ettiğiniz verileri kullanarak akış için gerekli pompa işi ve/veya pompa verimini belirleyiniz.

Referanslar

- Geankoplis, C.J., Toliver, P.R., *Transport Processes and Separation Process Principles*, 4th ed., Prentice-Hall, 2003, Newyork
- Geankoplis, C.J., *Transport Processes and Unit Operations*, 3rd ed., Prentice-Hall, 1993, Newyork
- McCabe, W.L. and J.C. Smith, Harriott, P., Smith, J., Smith, J.C., *Unit Operations of Chemical Engineering*, 7th ed., McGraw-Hill, 2004, London