

Borulardaki Genişleme, Daralma ve Bağlantı Parçalarındaki Sürtünme Kayıpları

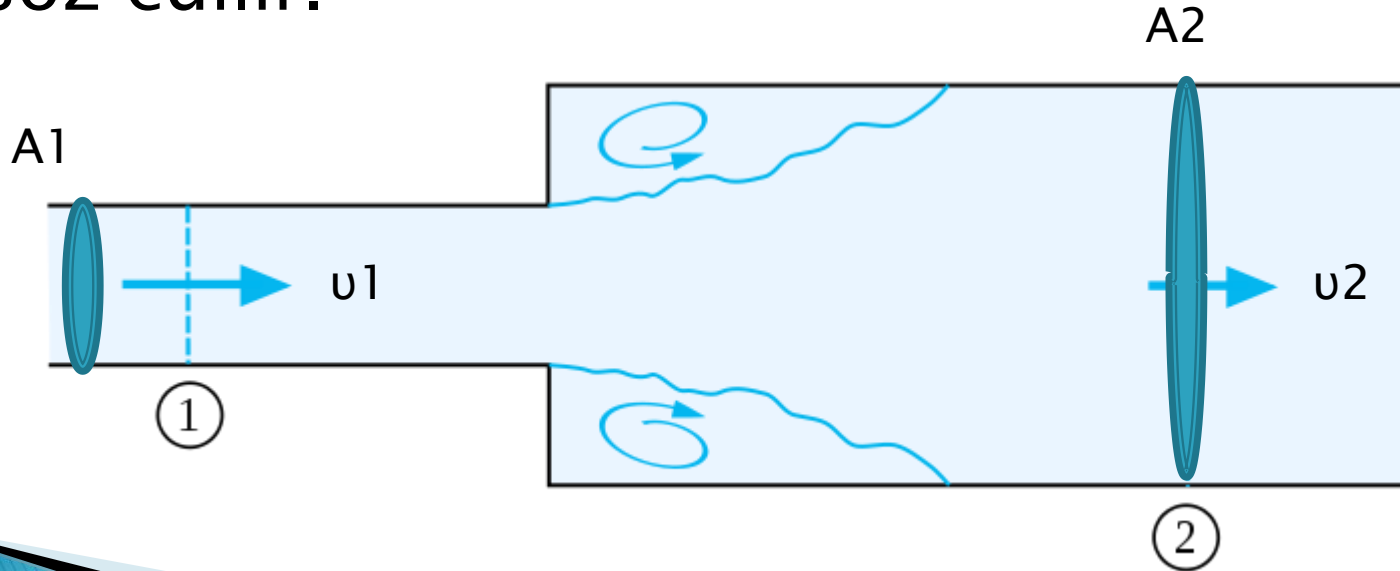
- ▶ Düz borudaki sürtünme kaybını:

$$F_f = \frac{4 f \Delta L v^2}{2D}$$

- ▶ Bu sadece düz boru için geçerlidir. Ancak akışkanın hızının yönü veya büyüklüğü değişiyorsa ek sürtünme kayıpları oluşur.

1) Ani Geniřlemede Sürtünme Kayıpları

- ▶ Eğer borunun kesiti çok yavaş bir şekilde genişliyorsa, ya çok az bir enerji kaybı olur veya ilave bir enerji kaybı meydana gelmez.
- ▶ Eğer değişim ani ise ilave enerji kayıplarından söz edilir.

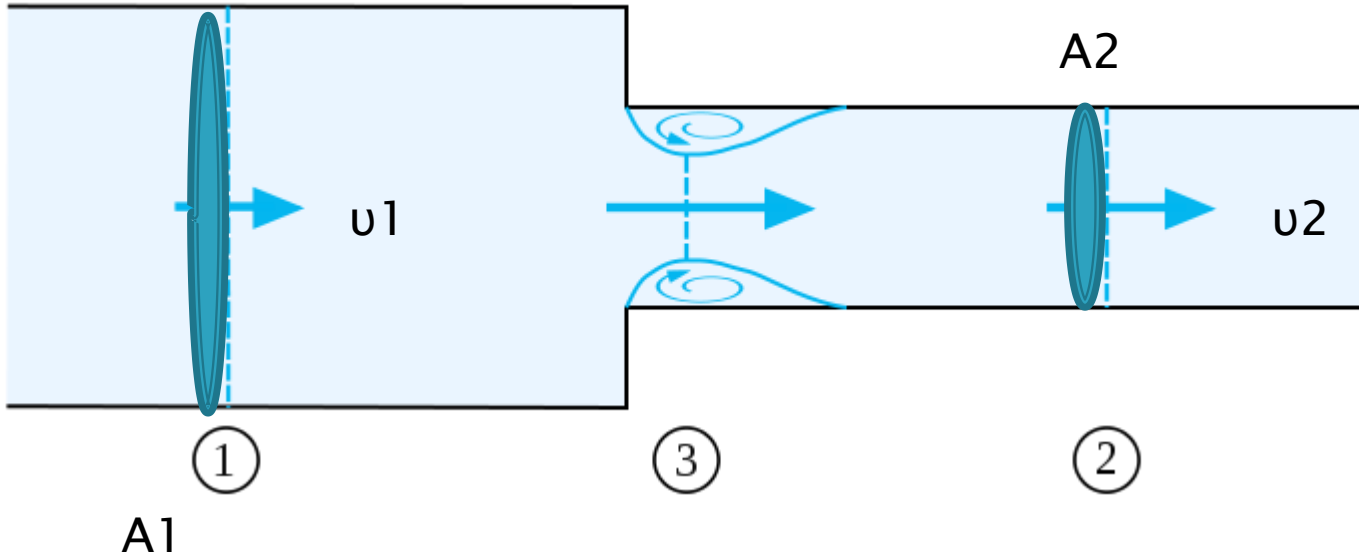


$$h_{ex} = K_{ex} \frac{v_1^2}{2\alpha}$$
$$K_{ex} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2$$

- ▶ h_{ex} : ani genişlemedeki sürtünme kaybı (J/kg)
- ▶ K_{ex} : genişleme kaybı katsayısı
- ▶ v_1 : küçük borudaki akışkanın hızı (m/s)
- ▶ $\alpha = 1/2$ laminer
- ▶ $\alpha = 1$ turbulent

2) Ani Daralmanda Sürtünme Kayıpları

- ▶ Eğer borunun kesit alanı aniden daralıyorsa, borunun köşelerinde akışkan sıkışıp ek sürtünme kayıplarına yol açar.



$$h_c = K_c \frac{v_2^2}{2\alpha}$$

$$K_c = 0.55 \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right)$$

- ▶ h_c : ani daralmadaki sürtünme kaybı (J/kg)
- ▶ K_c : daralma kaybı katsayısı
- ▶ v_2 : küçük borudaki akışkanın hızı (m/s)
- ▶ $\alpha = 1/2$ laminer
- ▶ $\alpha = 1$ turbulent

3) Bağlantılar ve Vanalardaki Sürtünme Kayıpları

- ▶ Boru tesis ve montajında kullanılan her türlü bağlantı elemanlarına FITTINGS denir.
- ▶ Bağlantı elemanları boruları birbirine eklemeye kullanılır. Akışın doğrultusunun değiştirilmesi, kollara ayrılması veya kolların tek bir akıntı halinde birleştirilmesi de yine boru bağlantı elemanları sayesinde gerçekleştirilir.
- ▶ Borulardaki bağlantı elemanları ve vanalar da düz boruda akan normal akışın düzenini bozar ve ekstra sürtünme kayıplarına neden olur.

- ▶ **Dirsek (Elbow):** Akışkanın yönünü değiştirmek için boru hatları üzerine bağlanan bağlantı elemanlarına **dirsek** denir. Değişik açılarda üretilebilirler ama en yaygın olarak kullanılan 90° lik olandır.

90° lik dirsek 45° lik dirsek



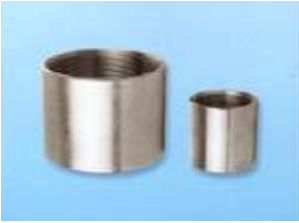
- ▶ **T- Bağlantısı (Tee):** Yaygın olarak TE diye ifade edilir. Üç yollu bağlantı elemanıdır



- **Dönüş (Return bend):** Akışkanın yönünü 180°C değiştirmek içindir.



- ▶ **Kaplin–Manşon (Coupling):** Bir boru parçasının içine diş açılmış olanına manşon, dışına diş açılmış olanına nipel denir. Kaplinler bir bağlantı elemanıdır.



- ▶ **Rekor (Union):** Küçük çaplı boruların sökülebilir dişli elemanlarıdır. Çoğunlukla tesisat ve basıncın fazla olmadığı yerlerde kullanılır.



Vanalar

- ▶ Akışkanları durdurmak, yol vermek veya ayarlamak için boru hatlarına monte edilmiş ekipmanlardır.
- ▶ Bazı vanalar tümüyle açık veya kapalı olarak kullanılır; buna "açık-veya-kapalı" servis denir.
- ▶ Bazıları ise yarım açık konumunda da kullanılabilir.
- ▶ Değişik çeşitleri bulunur: Sürgülü vanalar (Gate Valve), Glob Vanalar (Globe Valve), Çek Vanaları (Check Valve) vb.
- ▶ Gıda fabrikalarında prosesin ve ürünün çeşidine göre uygun vanalar kullanılır.

3) Bağlantılar ve Vanalardaki Sürtünme Kayıpları

$$h_f = K_f \frac{v_1^2}{2}$$

- ▶ h_f : bağlantı parçaları veya vanadaki sürtünme kaybı (J/kg)
- ▶ K_f : bağlantı parçaları veya vanadaki sürtünme katsayısı
- ▶ v_1 : düz borudaki akışkanın hızı (m/s)

- ▶ Kf değerleri deneysel olarak laminer ve turbulent akış için ayrı ayrı bulunmuş ve tabloları verilmiştir.
- ▶ Tablo 2.10–1 : vanalar ve bağlantılarda turbulent akış için sürtünme kaybı faktörü
- ▶ Tablo 2.10–2 : vanalar ve bağlantılarda laminer akış için sürtünme kaybı faktörü

TABLE 2.10-1. Friction Loss for Turbulent Flow Through Valves and Fittings

| Type of Fitting or Valve | Frictional Loss, Number of Velocity Heads, K_f | Frictional Loss, Equivalent Length of Straight Pipe in Pipe Diameters, L_e/D |
|--------------------------|--|--|
| Elbow, 45° | 0.35 | 17 |
| Elbow, 90° | 0.75 | 35 |
| Tee | 1 | 50 |
| Return bend | 1.5 | 75 |
| Coupling | 0.04 | 2 |
| Union | 0.04 | 2 |
| Gate valve | | |
| Wide open | 0.17 | 9 |
| Half open | 4.5 | 225 |
| Globe valve | | |
| Wide open | 6.0 | 300 |
| Half open | 9.5 | 475 |
| Angle valve, wide open | 2.0 | 100 |
| Check valve | | |
| Ball | 70.0 | 3500 |
| Swing | 2.0 | 100 |
| Water meter, disk | 7.0 | 350 |

Source: R. H. Perry and C. H. Chilton, *Chemical Engineers' Handbook*, 5th ed. New York: McGraw-Hill Book Company, 1973. With permission.

TABLE 2.10-2. Friction Loss for Laminar Flow Through Valves and Fittings (K_1)

| Type of Fitting or Valve | Frictional Loss, Number of Velocity Heads, K_f Reynolds Number | | | | | Turbulent |
|--------------------------|--|-----|-----|-----|------|-----------|
| | 50 | 100 | 200 | 400 | 1000 | |
| Elbow, 90° | 17 | 7 | 2.5 | 1.2 | 0.85 | 0.75 |
| Tee | 9 | 4.8 | 3.0 | 2.0 | 1.4 | 1.0 |
| Globe valve | 28 | 22 | 17 | 14 | 10 | 6.0 |
| Check valve, swing | 55 | 17 | 9 | 5.8 | 3.2 | 2.0 |

- ▶ Tüm bu sürtünmelerden kaynaklı kayıpları mekanik enerji dengesinde kullanabiliriz.

$$\frac{1}{2\alpha} \Delta v^2 + g\Delta z + \frac{\Delta P}{\rho} + \sum F + W_s = 0$$

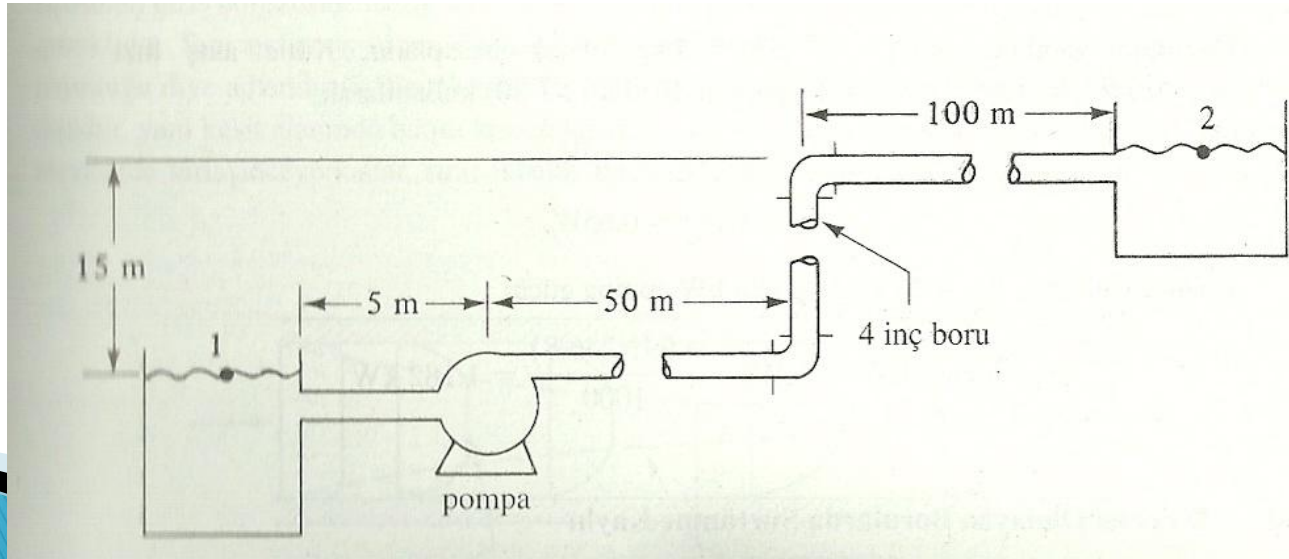
$\sum F$ = Düz borudaki sürtünme+
Ani genişlemeden kaynaklanan sürtünme+
Ani daralmadan kaynaklanan sürtünme+
Bağlantı parçaları ve vanalardan
kaynaklanan sürtünme

$$\sum F = \frac{4f\Delta Lv^2}{2D} + K_{ex} \frac{v_1^2}{2\alpha} + K_c \frac{v_2^2}{2\alpha} + K_f \frac{v_1^2}{2\alpha}$$

Örnek 2.10-6'ya evde çalışın.

Örnek 2.10-7

- ▶ 20°C deki su bir tanktan daha yüksekteki bir tanka $5 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ hızla pompalanmaktadır. Şekilde gösterilen tüm borular 4 inç, çizelge 40 borudur. Pompa %65'lik bir verime sahiptir. Pompanın gerçek gücünü kW olarak hesaplayınız.



Örnek

- ▶ Bir saklama tankında yoğunluğu 1030 kg/m^3 olan süt bulunmaktadır. Bu süt şekilde görüldüğü gibi 2 noktasından $0.223 \text{ ft}^3/\text{s}$ hızında boşaltılması istenmektedir. Sütün bu hızda 2 noktasından akabilmesi için H yüksekliğinin ne olması gerekir? Kullanılan borular standard çelik borular olup tarife sayısı 40'dır.
- ▶ $\mu(\text{süt}) = 2.12 \times 10^{-3} \text{ Pa.s}$

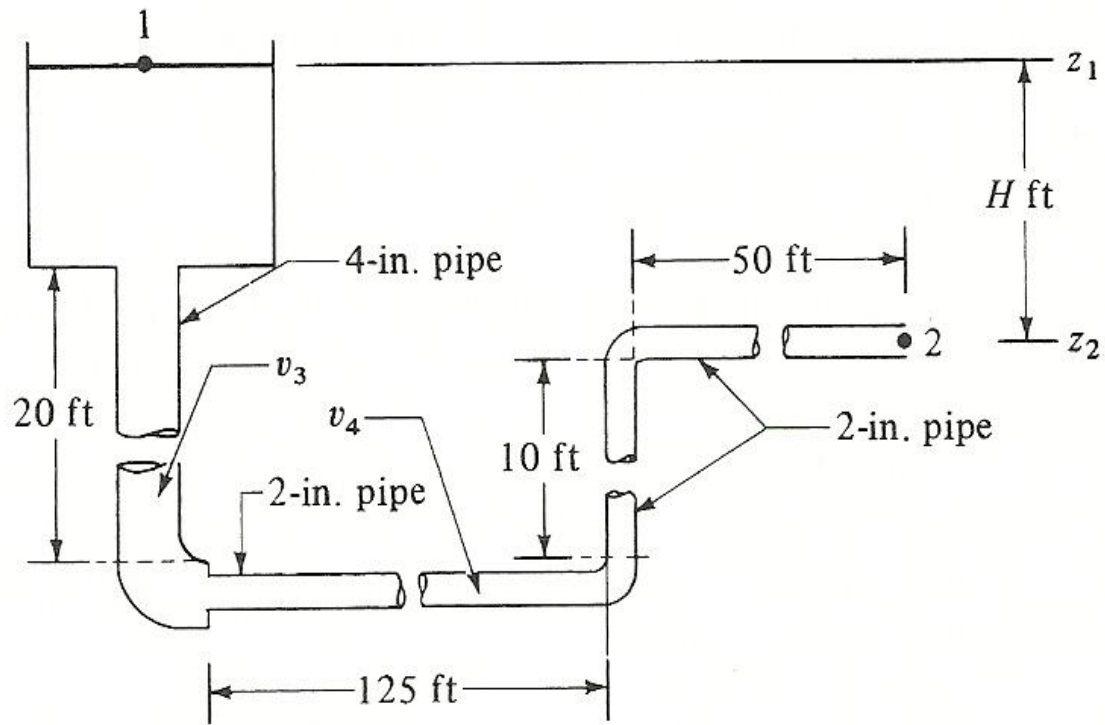


FIGURE 2.10-4. Process flow diagram for Example 2.10-6.