

YTÜ Makine Mühendisliği Bölümü
Termodinamik ve Isı Tekniği Anabilim Dalı Özel Laboratuvar Dersi
Rüzgar Tüneli Deneyi Çalışma Notu

Laboratuvar Yeri: E1 Blok – Termodinamik Laboratuvarı

Laboratuvar Adı: Rüzgar Tüneli

Konu: Rüzgar Tünelinde Model Üzerindeki Hava Hareketlerinin İncelenmesi

Kullanılan Cihaz Donatım ve Malzemeler:

- Rüzgar tüneli deney düzeneği
- Tünele yerleştirilecek model
- Fanın hız ayarı için frekans konvertörü
- Fark basınç ölçer
- Pitot tüpleri

Teorik Bilgi:

Rüzgar tünelinde, tünele yerleştirilen modelin oluşturduğu basınç kaybı belirlenir. Ayrıca, tünel içerisindeki hız dağılımı belirlenir. Deneyde sırasıyla; model tünele yerleştirilir, fan hızı ayarlanır ve basınç ölçümleri yapılır.

Modelin Tünele Yerleştirilmesi:

Rüzgar tünelinde, basınç ölçümlerini yapabilmek için hazırlanmış, görsel olarak da izlenebilecek bir test hücresi vardır. İncelenecek parça doğrudan bu test hücresine yerleştirilir. Eğer test edilecek parçanın boyutu rüzgar tüneline sığmayacak ise, aerodinamik açıdan uygun, ölçekli olarak küçültülmüş bir kopyası tünele yerleştirilebilir. Model tünele yerleştirildikten sonra, hava sızıntısı olmayacak şekilde tünel kapakları kapatılır.

Fan Hızı Ayarı:

Rüzgar tünelindeki hava akışını sağlayan fanın devri değiştirilerek, tünel içerisindeki hava hızı ayarlanabilmektedir. Bu amaçla bir frekans konvertörü kullanılır. Frekans konvertörü ile fanın enerji beslemesi yapılır ve frekans değiştirilerek fan devri kontrol edilir. Böylelikle, test edilecek olan model için uygun hava hızının ayarlanabilmesi mümkün olmaktadır.

Basınç Ölçümleri:

Test hücresine yerleştirilen model üzerinden basınç ölçümü alınacak ise, hava hortumları tünele monte olan manometrelere bağlanır. Böylelikle, model üzerindeki basınç dağılımı

belirlenebilir. Modelin oluşturduğu basınç kaybı belirlenecekse, model öncesinden ve sonrasında uygun noktalardan basınçlar okunur. Bu değerler kullanılarak, modelin oluşturduğu basınç kaybı ve kanal içerisindeki hız dağılımı belirlenebilir.

Basınç ölçümlerini doğru noktalardan yapabilmek ve okunan basınçların fiziksel olarak neyi ifade ettiğini bilmek bu noktada önem kazanmaktadır.

- **Bernoulli Denklemi:**

$$\frac{P}{\rho} + \frac{V^2}{2} + gz = \text{sabit}$$

Bu denklem, akışkanlar mekaniğinde daimi, sıkıştırılmaz akışlar için bir akım çizgisi boyunca viskoz olmayan akış bölgelerinde kullanılır. Sabitin değeri, akım çizgisi üzerinde basınç, yoğunluk, hız ve yüksekliğin bilindiği herhangi bir noktada hesaplanabilir.

Bernoulli denklemi, bir akışkan parçacığının bir akım çizgisi boyunca daimi akışı esnasında akış, kinetik ve potansiyel enerjilerinin toplamının sabit kaldığını ifade eder. Bu nedenle, akış esnasında akışkanın kinetik ve potansiyel enerjileri akış enerjisine dönüşerek (ya da tam tersi) basınç değişimine neden olabilir. Bu olay Bernoulli denklemindeki her bir terim yoğunluk (ρ) ile çarpılarak daha belirgin hale getirilebilir:

$$P + \rho \frac{V^2}{2} + \rho gz = \text{sabit}$$

Bu denklemdeki her bir terim basınç birimindedir ve bu yüzden her bir terim bir tür basıncı temsil eder.

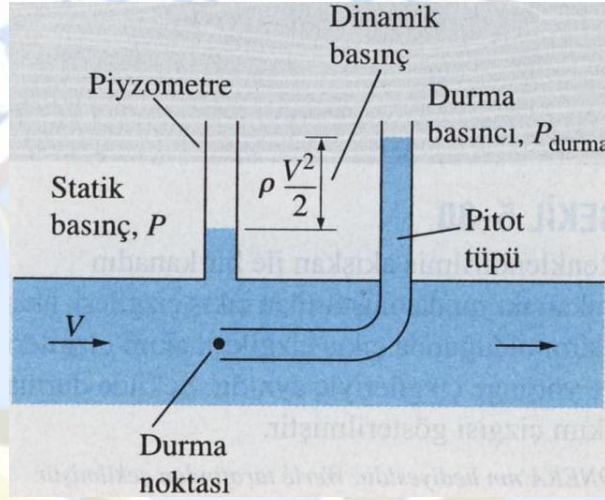
- **P statik basınçtır** (dinamik etkileri içermez); akışkanın gerçek termodinamik basıncını ifade eder ve termodinamik ve özellik tablolarında kullanılan basınçla aynıdır.
- $\rho \frac{V^2}{2}$ **dinamik basınçtır**; hareket halindeki bir akışkan izentropik olarak durmaya zorlandığında akışkanda meydana gelen basınç artışını ifade eder.
- ρgz **hidrostatik basınçtır**, değeri seçilen referans seviyesine bağlı olduğundan tam anlamıyla belirli bir basıncı ifade etmez, yüksekliğin yani akışkan ağırlığının basınç üzerindeki etkilerini hesaba katar.

Statik, dinamik ve hidrostatik basınçların toplamı **toplam basınç** olarak adlandırılır. Bu yüzden Bernoulli denklemi *bir akım çizgisi boyunca toplam basıncın sabit kaldığını* belirtir.

Statik ve dinamik basınçların toplamı durma basıncı olarak adlandırılır ve aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$P_{durma} = P + \rho \frac{V^2}{2}$$

Durma basıncı, akış içerisindeki bir noktada akışkanı izentropik olarak durmaya zorlayan basıncı ifade eder. Statik, dinamik ve durma basınçları Şekil-1'deki gibidir.



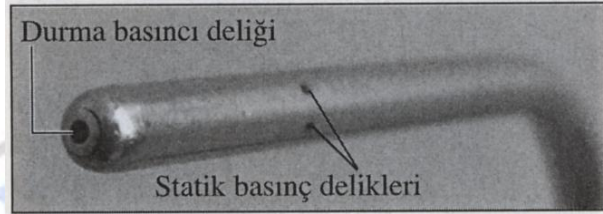
Şekil-1 Statik, Dinamik ve Durma Basınçları

Belirli bir noktadaki statik ve durma basınçları ölçüldüğünde o noktadaki akışkan hızı aşağıdaki bağıntıyla hesaplanabilir:

$$V = \sqrt{\frac{2(P_{durma} - P)}{\rho}}$$

Statik basınç deliği basitçe, delik düzlemi akış yönüne paralel olacak şekilde çepere açılan küçük bir deliktir ve statik basıncı ölçer. **Pitot tüpü** akışkanın basınç etkisini tam algılamak için açık ucu akışa doğru yerleştirilmiş küçük bir borudur ve durma basıncını ölçer. Akan bir *sıvının* statik ve durma basınçlarının atmosfer basıncından büyük olduğu durumlarda, Pitot tüpü ve **piyezometre tüpü** (ya da sadece **piyezometre**) olarak adlandırılan dikey, saydam bir boru Şekil-1'de gösterildiği gibi basınç deliğine takılır. Sıvı, piyezometre tüpünde ölçülen basınç ile orantılı bir sütun yüksekliğine (*yük*) çıkar. Eğer ölçülecek basınçlar atmosfer basıncının altındaysa ya da *gaz* akışkanların basınçları ölçülüyorsa, piyezometre tüpü bir işe yaramaz. Bu durumda yine statik basınç deliği ve Pitot tüpü bu iş için kullanılabilir. Ancak bunların, U manometresi ya da basınç dönüştürücü gibi diğer basınç ölçüm cihazlarına bağlanması gerekir. Bazen, statik basınç deliklerini bir

Pitot tüpü ile birleştirmek uygun bir çözümdür. Bunun sonucunda Şekil-2'de gösterilen **Pitot-Statik tüpü** elde edilir. Pitot-Statik tüpü bir basınc dönüştürücüsüne ya da bir manometreye bağlanarak doğrudan dinamik basıncı (ve bunun sonucunda da akışkan hızını) ler.



Şekil-2 Pitot-Statik Tüpü

