

DENEY 1

KESME HIZININ YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

1. AMAÇ

Bu deneyin amacı; üretilen parçaların yüzey pürüzlülüğünü belirlemek ve yüzey pürüzlülüğüne etkileyen parametrelerden kesme hızının etkisini incelemektir.

2. TEORİ

İşleme metodu, kesicinin cinsi ve işlenen malzemeye bağlı olarak, işleme sırasında fiziksel, kimyasal ve ısı faktörlerle, kesen ve kesilen arasındaki mekanik hareketlerin de etkisiyle işlenmiş yüzeylerde, genellikle istenmediği halde tabii olarak bazı izler oluşur. Nominal yüzey çizgisinin altında ve üstünde düzensiz sapmalar meydana getiren bu duruma yüzey pürüzlülüğü denir.

İşlenen yüzeylerin kalitesi işleme performansı üzerinde önemli rol oynar. Kaliteli işlenmiş bir yüzey, yorulma mukavemetini, korozyon direncini ve sürtünme ömrünü önemli derecede iyileştirir. Yüzey pürüzlülüğü ayrıca yüzey sürtünmesine sebep olan temas, aşınma, ısı iletimi, yağ filminin tutulması ve dağıtılması kabiliyeti, kaplama veya direnç ömrü gibi parçaların çeşitli fonksiyonel özelliklerini de etkiler. Bu sebeple istenilen yüzey tamlığı genellikle belirlenir ve ihtiyaç duyulan kaliteye ulaşmak için uygun işlemler seçilir.

Talaşlı imalatla yüzey pürüzlülüğü aşağıdaki faktörlerden etkilenir:

- Takım tezgâhının rijitlik durumu,
- Yataklama sisteminden kaynaklanan hatalar,
- Takım tutucu rijitlik durumu,
- Takım aşınmasının etkileri,
- Takım geometrisi,
- Kesme parametreleri,
- Malzemenin mekanik özellikleri,
- Soğutma sıvısının etkileri.

Kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliği gibi kesme operasyonunu kontrol eden faktörler üst seviyede kontrol edilebilir. Buna rağmen takım geometrisi, takım aşınması, talaş yükleri ve talaş oluşumları veya takım ve iş parçasının malzeme özellikleri kontrol edilemeyen özelliklerdir.

Takım tezgâhı titreşimleri, iş malzemesinin yapısındaki hasarlar, takım aşınması veya talaş oluşumunun düzensizlikleri, işleme sırasında yüzeyin bozulmasına neden olurlar.

Yüzey pürüzlülüğünü tahmin etmek ve ilerleme veya kesme hızı gibi işleme parametrelerinin uyumunu değerlendirmek ürün kalitesini yükseltir ve istenilen yüzey pürüzlülüğünün elde edilmesini sağlar.

Talaşlı işlemede genellikle yüksek kesme hızında daha iyi yüzey kalitesi elde edilir. Ancak yüksek kesme hızı takım körelmesini hızlandırdığı için aynı yüzey kalitesi uzun süre muhafaza edilemez.

Tek ağızlı kesme takımıyla yapılan talaş kaldırma işleminde elde edilen ortalama ideal yüzey pürüzlülüğünün takım uç yarıçapı ve ilerlemesi ile olan ilişkisi aşağıdaki denklemde verilmiştir:

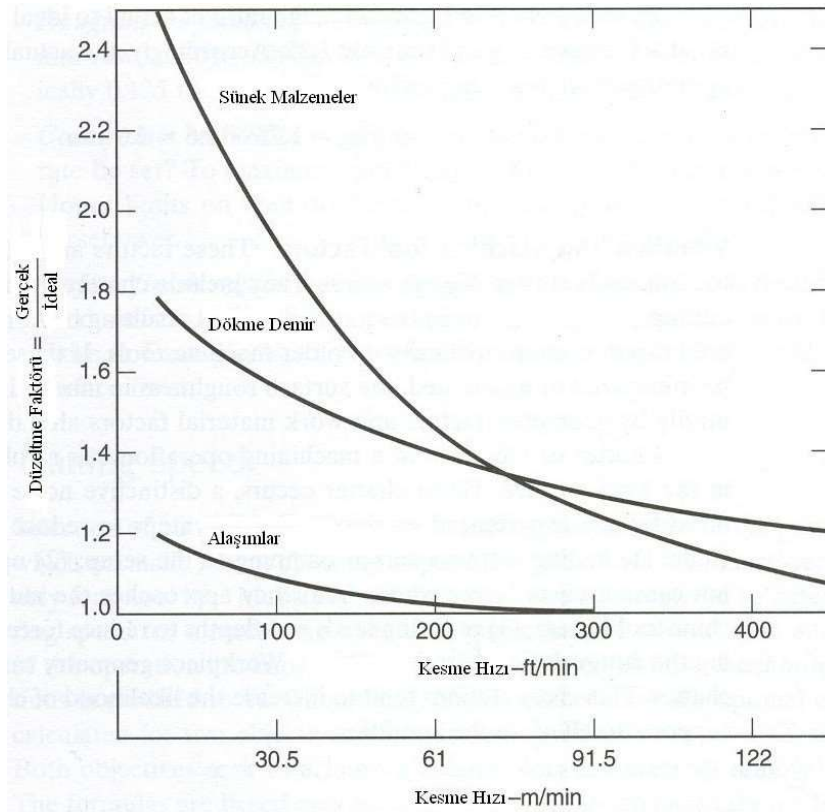
$$R_i = \frac{f^2}{32r}$$

R_i : İdeal ortalama yüzey pürüzlülüğü, mm
 f : İlerleme, mm/dev
 r : Uç yarıçapı, mm

Yüzey pürüzlülüğüne etki eden faktörlerin etkisiyle oluşan gerçek yüzey ideal yüzeyden daha pürüzlü olur. Bu faktörler göz önünde tutularak ideal ve gerçek yüzey pürüzlülükleri arasında bir düzeltme faktörü geliştirilebilir. Şekil 1’de gerçek yüzey pürüzlülüğü ve ideal yüzey pürüzlülüğü arasındaki düzeltme faktörü gösterilmektedir. İdeal yüzey pürüzlülüğüne bağlı olarak gerçek yüzey pürüzlülüğü aşağıdaki denklemle ifade edilir:

$$R_a = r_{ai} R_i$$

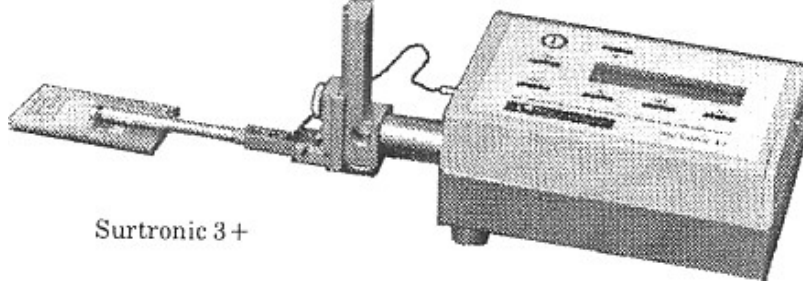
R_a : Gerçek yüzey pürüzlülüğü
 r_{ai} : Düzeltme faktörü
 R_i : İdeal yüzey pürüzlülüğü



Şekil 1. Yüzey pürüzlülüğü düzeltme faktörü

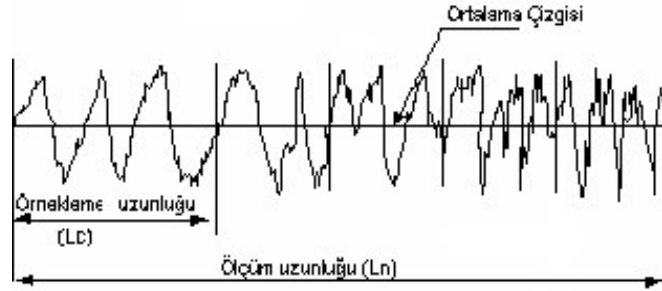
Yüzey Pürüzlülüğünün Ölçümü

Deneylerde, Taylor Hubson 3+ Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazı (Şekil 2) yardımıyla yüzeyde oluşan çukurcuklar ve tepecikler ölçülecektir.



Şekil 2. Taylor Hubson 3+ yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı

Bir yüzey profilinin pürüzlülük hesapları yapılırken, yüzeyin üstünde ve altında kalan alanları eşit şekilde kesen ve ortalama çizgisi olarak adlandırılan referans çizgisinden yararlanılır (Şekil 3). Bu çizgi matematiksel olarak yüzey profilinin ağırlık merkezi şeklinde de ifade edilebilir (L_c).



Şekil 3. Ölçüm ve örnekleme uzunluğu

Örnekleme uzunluğu yüzeyin pürüzlülük karakteristiğini bulmada öncelikli olarak seçilen parametredir. n adet örnekleme uzunluğunun bir araya gelmesi ile L_n şeklinde ölçüm uzunluğu oluşmaktadır (Şekil 3).

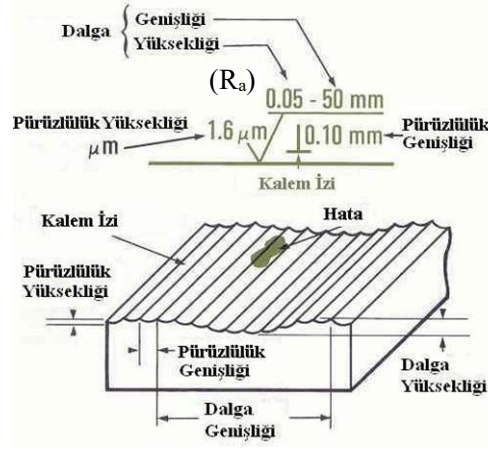
Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü (R_a):

Ortalama yüzey pürüzlülüğü, ortalama çizgisinden ölçülen yüksekli değişimlerininaritmetik ortalamasıdır.

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |Z(x)| dx$$

R_a değerleri deneyde kullanılacak cihaz tarafından otomatik olarak hesaplanmaktadır.

Yüzey pürüzlülüğü ve karakteristiğini göstermekte kullanılan semboller Şekil 4’te gösterilmiştir.



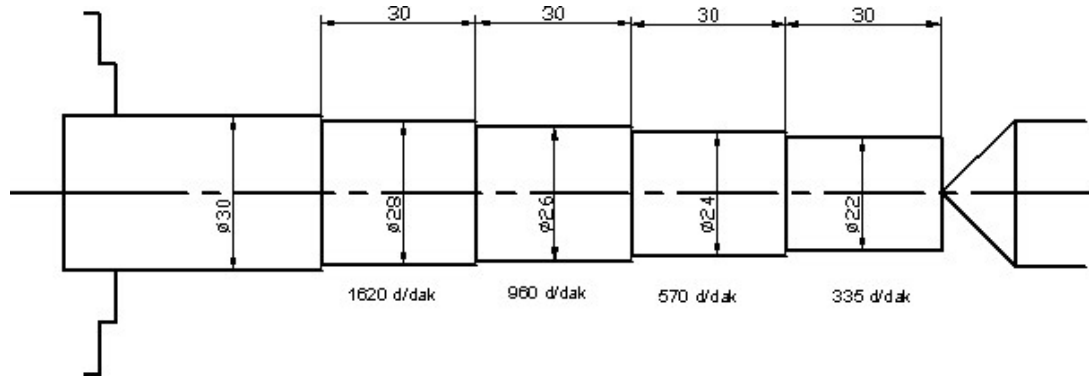
Şekil 4:Yüzey karakteristiği ve sembolleri

3. CİHAZ VE GEREÇLER

Bu deneyde, G.Ü. Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü Takım Tezgâhları Laboratuvarlarındaki torna tezgâhı kullanılacaktır.

4. YÖNTEM

1. Tornalama için Ç1010, Ç1020 veya Ç1030 yuvarlak malzeme temin edilir.
2. Kesici ağız olarak 0.4’lük radyüse sahip sert metal bir kesici uç seçilir ve deney boyunca değiştirilmez.
3. Parça ayna-punta arasına bağlanır ve 30 mm’lik mesafelerle, sırası ile yaklaşık 20, 40, 80 ve 140 m/dak. kesme hızlarında tornalanır (Şekil 5).



Şekil 5. Deney numunesinin tornalanması

4. Tornalanması yapılan parçada, yüzey pürüzlülük ölçme cihazı ile her bir çapta en az 3 adet ölçüm alınır.
5. Parçaların yüzey pürüzlülükleri hesaplanır.

5. RAPOR VE DEĞERLENDİRME

Torna tezgâhında işlenmiş parçaların f : 0.28 mm/dev ve r : 0.4 mm olmak kaydıyla ;

1. Yüzey pürüzlülük cihazıyla ölçülen ve hesaplar sonucunda bulunan yüzey pürüzlülük değerlerinin karşılaştırılması ve yorumlanması.
2. Teorik ve Pratik yüzey pürüzlülüğünün grafikte gösterilmesi
3. Teorik ve Pratik yüzey pürüzlülüğünün hata oranlarının hesaplanması ve yorumlanması
4. Teorik ve Pratik yüzey pürüzlülüğünün hata oranlarının grafikte gösterilmesi
5. Yüzey pürüzlülüğünü etkileyen kesme hızı parametresinin karşılaştırılması ve Yorumlanması
6. Yüzey pürüzlülüğünü etkileyen ilerleme hızı parametresinin karşılaştırılması ve Yorumlanması

6. KAYNAKLAR

1. Akkurt, M., “Makina Elemanları Cilt II”, Birsen Yayınevi, İstanbul (2000).
2. Akkurt, M., “Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları”, Birsen Yayınevi, İstanbul (1998).
3. Güllü, A., “Silindirik Taşlamada İstenen Yüzey Pürüzlülüğünü Elde Etmek İçin Taşlama Parametrelerinin Bilgisayar Yardımıyla Optimizasyonu”, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Makine Eğitim Bölümü, Ankara, (1995).
4. Huynh, V., M., Fan, Y., “Surface-Texture Measurement and Characterization With Applications To Machine-Tool Monitoring”. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 7, 2-10,(1992).
5. Jang, D.Y., Choi, Y.G., Kim, H.G., Hsiao, A., “Study of The Corelation Between Surface Roughness and Cutting Vibrations To Develop An Online Roughness Measuring Tecnique _n Hard Turning”, International Journal of Machine Tools Manufacture, 36(4), 453-464(1996).
6. Özses, B., “Bilgisayar Sayısal Denetimli Takım Tezgahlarında Değişik İşleme Koşullarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi”. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Bölümü, Ankara, (2002).
7. Onwubolu, G., C., “Surface Roughness Prediction Model in Machining of Carbon Steel by PVD Coated Cutting Tools” American Journal of Applied Sciences, 2 (6), 1109-1112 (2005).
8. Groover, M., P., “Fundamentals of Modern Manufacturing- Materials, Processes and Systems”, Prentice-Hall Inc., New Jersey, 220-639(1996).

DENEY 2

MALZEMELERDE ELASTİSİTE VE KAYMA ELASTİSİTE MODÜLLERİNİN EĞME VE BURULMA TESTLERİ İLE BELİRLENMESİ

1. AMAÇ

Eğme deneyinde amaç bir kirişte kiriş ile uygulanan yük, kiriş kalınlığı, kiriş genişliği ve kiriş uzunluğu ile sehim arasındaki bağıntıların incelenmesi ve çelik malzemenin elastisite modülünün bulunmasıdır.

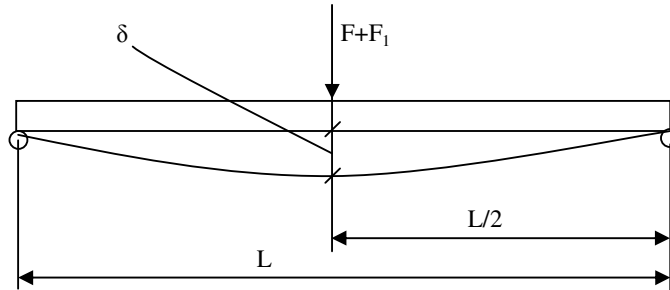
Burulma deneyinde ise amaç bir milde burulma açısının burulma momenti ve mil uzunluğu ile değişimi incelenerek çelik, pirinç ve alüminyum numunelerin kayma modüllerinin bulunmasıdır.

2. TEORİ

2.1 Eğme Deneyi

Bir veya daha fazla noktadan desteklenmiş ve çubuk eksenine dik olarak yüklenmiş elemanlara kiriş denir. Kirişler eğme yüküne maruzdurlar. Eğme deneyi sonucunda malzemelerin şekil değiştirme özellikleri hakkında edinilen genel bilginin yanında eğilme momenti, eğilme gerilmesi, elastisite modülü ve eğilme miktarı (sehim) gibi değerler hesaplanır. Elastisite modülü çekme deneyi ile saptanabileceği gibi eğme deneyi ile de belirlenebilir.

Bu deneyde malzemenin akma sınırından düşük gerilmeler uygulanarak elastik bölge aşılmadan malzemenin elastisite modülü hesaplanacaktır.



Şekil 1. Eğme Deneyi

Orta noktasından F kuvveti uygulanan basit mesnetli kiriş (Şekil 1) için sehim formülü:

$$\delta = \frac{FL^3}{48EI} \quad (1)$$

şeklindedir. Eğilme gerilmesi σ_b ise

$$\sigma_b = \frac{M_b c}{I} \quad (2)$$

olarak ifade edilir.

Burada:

δ = Sehim (mm)

L = Kiriş boyu (mm)

M_b = Eğilme Momenti (Nmm)

σ_b = Eğilme Gerilmesi (N/mm²)

E = Elastisite Modülü (N/mm²)

I = Atalet Momenti (mm⁴)

F_1 = Yük kolunun ağırlığı (N)

F = Eklenen ağırlık (N)

C = h/2 (mm)

Dikdörtgen kesit için $I = \frac{bh^3}{12}$, dairesel kesit için $I = \frac{\pi d^4}{64}$ tür.

2.2 Burulma Deneyi

Burulma deneyi genel olarak malzemelerin kayma elastisite modülü, kayma akma gerilmesi gibi özelliklerinin belirlenmesi için yapılır. Burulma deneyinde, bir mil bir ucundan sabitlenir ve serbest uçtan döndürülerek burulma açısı ve burulma momenti kaydedilir. Elde edilen değerlerden burulma diyagramı olarak adlandırılan burulma momenti-burulma açısı eğrisi çizilir.

Daha çok dairesel kesitli numuneler (miller) burulma gerilmesine maruzdurlar. Deney sırasında uygulanan burulma momenti etkisiyle numunede kayma gerilmeleri oluşur. Bu gerilmeler numunenin merkezinden yüzeyine doğru doğrusal olarak artar. Kayma gerilmesi numunenin merkezinde sıfır iken yüzeyde maksimum değerdedir.

Burulma deneyinde dairesel kesitli numunenin yüzeyinde oluşan kayma gerilmesi

$$\tau = \frac{Tr}{J} \quad (3)$$

olarak yazılabilir. (3) Denkleminde J polar atalet momenti yerine konursa

$$\tau = \frac{16T}{\pi d^3} \quad (4)$$

bağıntısı elde edilir. Burulma açısının genel formülü

$$\phi = \int_0^L \frac{T(x)dx}{J(x)G} \quad (5)$$

şeklindedir. Sabit burulma momenti ve sabit kesit için (5) ifadesi integre edilirse

$$\phi = \frac{TL}{JG} \quad (6)$$

elde edilir. Burada ϕ radyandır.

3. DENEY ALET VE CİHAZLARI

3.1. Deney Cihazı

Deney düzeneği olarak Burulma ve Eğme Test Cihazı MT 210 kullanılacaktır.

3.2. Deney Numuneleri

Kirişler 650 mm uzunluğunda çelik malzemeden yapılmıştır. Kirişteki her bir çizginin arası 100 mm'dir. Kiriş kesitleri şu şekildedir: 3x25 mm, 4x25 mm, 6x25 mm, 8x25 mm, 4x15 mm, 4x20 mm ve 4x30 mm.

Burulma deneyinde kullanılan numuneler 8 mm çapındaki çelik, alüminyum ve pirinç malzemelerden imal edilmiş olup 650 mm uzunluğundadırlar. Kirişlerde olduğu gibi her bir çizginin arası 100 mm'dir. Ağırlıkların asılacağı ağırlık kolunun ağırlığı 2.5 N'dur. Ayrıca herbiri 5'er N olan 4 adet ağırlık bulunmaktadır. Ölçü aleti olarak 0.01 mm hassasiyetinde komparator kullanılacaktır.

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

4.1.Eğme Deneyinin Yapılışı

- **Yük ile Sehım Arasındaki Bağıntının İncelenmesi:**

600 mm uzunluğundaki kirişin iki ucuna mesnetler yerleştirilir. Kirişin üzerinde işaretli her iki çizgi arası 100 mm'dir. Kesit uzunlukları 6x25 mm olan test numunesi mesnetlere yerleştirilir. Test numunesinin tam merkezine ağırlık düzeneği asılır. Ağırlık düzeneğinin üst yüzeyine ölçü aleti yerleştirilir ve sıfırlanır. Böylece test düzeneği kurulur. Daha sonra ağırlıklar tek tek konularak sehım miktarları ölçülür.

- **Kiriş Uzunluğu ile Sehım Arasındaki Bağıntının İncelenmesi:**

Yük 10 N'da sabit tutularak 6x25 mm kesitindeki test numunesinin değişik mesnet mesafelerindeki (300 mm, 400 mm, 500 mm, 600 mm) sehımler ölçülür.

- **Kiriş Genişliği ile Sehım Arasındaki Bağıntının İncelenmesi:**

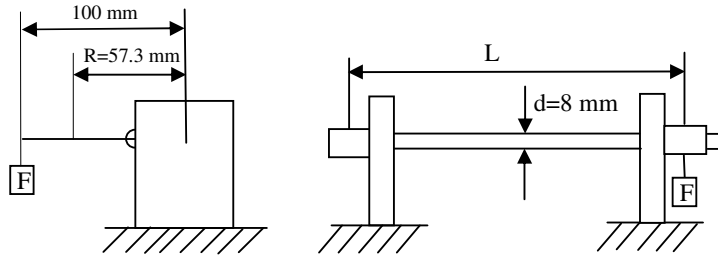
Kiriş uzunluğu 600 mm, kalınlık 4 mm, yük ise 5 N'da tutularak farklı genişlikteki (15 mm, 20 mm, 25 mm, 30 mm) kirişlerde oluşan sehımler ölçülür.

- **Kiriş Kalınlığı ile Sehım Arasındaki Bağıntının İncelenmesi:**

Kiriş uzunluğu 600 mm, genişlik 25 mm, yük ise 5 N'da tutularak farklı kalınlıktaki (3 mm, 4 mm, 6 mm, 8 mm) kirişlerde oluşan sehımler ölçölür.

Not: Elastisite Modölü E hesaplanırken ilk ağırlığın (ağırlık kolu) sebep olduğu sehım için ölçü aleti sıfırlanmalıdır. Fakat eğilme gerilmesi hesaplanırken ilk ağırlık da hesaba katılmalıdır.

4.2. Burulma Deneyinin Yapılışı



Şekil 2. Burulma Deney Düzenegi

- **Burulma Momenti ile Burulma Açısı Arasındaki Bağıntının Bulunması:**

Deney numunesinin bir ucu sabitlenerek diğeri serbest bırakılır. Numune uzunluğu 600 mm'ye ayarlanır. Serbest ucuna bağlanmış kolun üzerindeki çentiğe ölçü aleti yerleştirilir ve sıfırlanır. Burma kolu üzerindeki çentik ile mil eksenini 57.3 mm olarak ayarlanmıştır. Bu mesafede ölçü aletindeki 1mm'lik sapma 1 dereceye karşılık gelir. 2.5 N, 7.5 N, 12.5 N ve 17.5 N'luk yükler dairesel kesitli çubuğun ekseninden 100 mm'lik mesafeden uygulanarak burulma açıları bulunur.

- **Numune Uzunluğu ile Burulma Açısı Arasındaki Bağıntının Bulunması:**

Yük 12.5 N'da sabit tutulup numune uzunlukları 300 mm, 400 mm, 500 mm ve 600 mm'ye ayarlanarak burulma açıları bulunur.

5. HESAPLAMALAR VE İSTENİLENLER

- Sehim yükün fonksiyonu olarak gösteren diyagramı çiziniz.
- Sehim kiriş uzunluğunun fonksiyonu olarak gösteren diyagramı çiziniz.
- Sehim kiriş genişliğinin fonksiyonu olarak gösteren diyagramı çiziniz.
- Sehim kiriş kalınlığının fonksiyonu olarak gösteren diyagramı çiziniz.

- Her bir yük için eğilme momenti, eğilme gerilmesi, sehim ve elastisite modülünü hesaplayarak tablo halinde gösteriniz ve ortalama elastisite modülünü hesaplayınız.
- Her bir yük için burulma momenti, burulma açısı, burulma kayma gerilmesi ve kayma elastisite modülünü hesaplayarak tablo halinde gösteriniz ve ortalama kayma elastisite modülünü hesaplayınız.
- Burulma açısını burulma momentinin fonksiyonu olarak gösteren diyagram çizin.
- Her bir numune uzunluğu için burulma açısını hesaplayarak burulma açısını numune uzunluğunun fonksiyonu olarak gösteren diyagramı çizin.
- Teori ile deneysel sonuçları karşılaştırınız.
- Hata analizi yapınız.
- Hataların sebeplerini açıklayınız.

DENEY 3**HARMONİK KUVVETLE ZORLANMIŞ SÖNÜMSÜZ SİSTEMİN TİTREŞİMİ****1. GİRİŞ**

Bir sistemin titreşimi sırasında sistem üzerine dış kuvvet uygulanırsa, sistemin titreşimi zorlanmış titreşim olarak isimlendirilir.

Titreşen bütün fiziksel sistemlerde sürtünme ve sönümlenme etkisi az da olsa vardır. Bu yüzden sistem hareketinin, homojen çözümden gelen kısmı zamanla yok olur. Kısa bir süre sonra, sistem zorlama kuvvetinin frekansında titreşir.

Bu deneyde harmonik kuvvetle zorlanmış, dikdörtgen kesitli bir kirişin zorlanmış titreşimi incelenecek ve analitik sonuçlarla karşılaştırılacaktır.

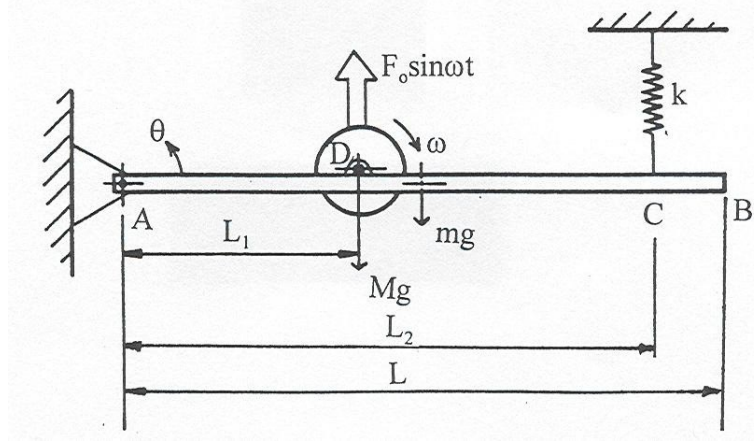
2. TEORİ

Şekil 2.1 de verilen sistem aşağıdaki kısımlardan oluşmaktadır.

- i. Rijit, kütlesi m , uzunluğu L olan ve sol ucundan R mafsallı ile bağlanmış AB kirişi.
- ii. Kirişe C noktasında bağlanmış, sabiti k olan yay.
- iii. D noktasında kirişe takılmış, balanssız kütleyle sahip diskleri döndüren motor. (Motorun disklerle birlikte toplam kütlesi $= M$)

Sistemin hareket denklemi aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\left(\frac{1}{3}mL^2 + ML_1^2\right)\ddot{\theta} + kL_2^2\theta = m_u\omega^2aL_1\sin(\omega t)$$



Şekil 2.1 Deney Düzenekinin Modeli

Buradaki terimler aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

θ = Açısal yer değiştirme,

ω = Diskin dönme açısal hızı,

a = Balanssız kütlenin dönme merkezine uzaklığı,

m_u = Balanssız kütle.

Yukarıdaki denklemin terimleri düzenlenirse,

$$\ddot{\theta} + \frac{kL_2^2}{\left(\frac{1}{3}mL^2 + ML_1^2\right)}\theta = \frac{m_u\omega^2 aL_1}{\left(\frac{1}{3}mL^2 + ML_1^2\right)}\sin(\omega t)$$

ya da,

$$\ddot{\theta} + D\theta = A\sin(\omega t) \quad (2.1)$$

yazılabilir.

Burada,

$$D = \frac{kL_2^2}{\left(\frac{1}{3}mL^2 + ML_1^2\right)}$$

$$A = \frac{m_u\omega^2 aL_1}{\left(\frac{1}{3}mL^2 + ML_1^2\right)}$$

olarak tanımlanmıştır.

$t \rightarrow \infty$ ken sistem denkleminin homojen çözümü ortadan kalkar ve sadece özel çözüm kalır.

Yukarıdaki denklemin özel çözümü ise aşağıdaki gibidir:

$$\theta = \frac{A}{D - \omega^2} \sin(\omega t)$$

Burada θ 'nın genliği aşağıdaki gibidir:

$$\theta_{max} = \left| \frac{A}{D - \omega^2} \right|$$

Hareketin genliği sonsuza giderken rezonans durumu oluşur. Dolayısıyla $D - \omega^2 = 0$ olduğunda rezonans oluşur. Bunun sonucu olarak motorun kritik açısal hızının $\omega = \sqrt{D}$ olduğu görülür. Fakat, pratikte küçük miktarda da olsa sistemin kendisinden gelen sönümleme olduğu için sonsuz genlik elde edilemez.

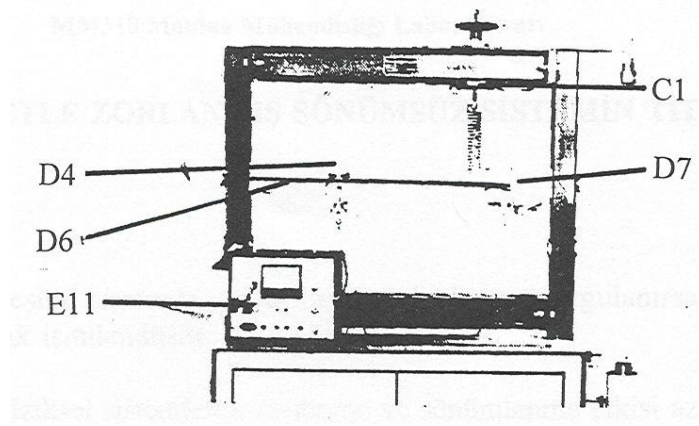
3. DENEY DÜZENEGİ

Şekil 3.1 de görülen deney düzeneği aşağıdaki kısımlardan oluşmaktadır.

Dikdörtgen kiriş (D6): Bir ucu dönen bir yatağa, dıştaki ucu ise yaya bağlanmıştır. Yayın diğer ucu ise, çerçevenin en üstteki elemanına sabitlenmiş olan C1 kelepçesine civatayla bağlanmıştır. Bu kelepçe sayesinde, yayın kirişin ucuna göre olan pozisyonu ayarlanabilir.

Motor ünitesi (D4): Kirişe rijit olarak civatalanmıştır. Ayrıca motorun altına takılmış olan platform üzerinde fazladan kütleler vardır. Zorlayıcı kuvvet, kayışlı sürücü ünitesinin çıkış şaftının üzerindeki balanssız iki diskin döndürülmesiyle sağlanır. Zorlama frekansı ise hız kontrol ünitesi yardımıyla dönme hızını değiştirerek ayarlanır.

Çerçevenin sağ tarafındaki düşey elemanına sabitlenmiş çizici (D7) ile titreşimin grafiği elde edilir.



Şekil 3.1 Deney Düzenekinin Görünümü

4. DENEYİN YAPILIŞI

Eş zamanlı motor üzerindeki elektrik kablosu E11, kontrol ünitesi üzerindeki yardımcı prize takılır. Sonra, C1 braketinin el tekeri ayarlanarak kiriş yatay pozisyona getirilir. Çizicinin kalemi kağıda hafifçe değecek şekilde ayarlanır.

Deneyde kullanılan sistem için bazı parametre değerleri aşağıdaki gibidir:

$$M = 4.930 + 0.4n \text{ kg}$$

n = Platform üzerindeki disk sayısı

$$m = 1.922 \text{ kg}$$

$$m_u = 33.051 \text{ g} \quad (2 \text{ adet})$$

$$a = 41.75 \text{ mm}$$

Deneye başlamadan önce, $L_1(m)$, $L_2(m)$ ve $L(m)$, değerlerini ölçünüz. $k(N/m)$ yay sabitini de basit bir deneyle kendiniz bulunuz.

Deney sırasında zorlama frekansının değişik değerleri için aşağıdaki fiziksel büyüklükleri ölçün

a) Frekans değeri

(Düşük hızlarda motorun devrini sayarak, yüksek hızlarda ise optik takometre)

b) Hareket genliği

(Çizici kağıdındaki grafikten)

Rezonans durumunu yakalayabiliyor musunuz?

5. RAPOR

Raporunuzda aşağıdaki sonuçlar yer almalıdır:

-Deneyssel olarak ölçülen değerlerden, Boyutsuz Genliğe karşı Frekans eğrisini çizin.

Rezonans frekansını bulun ve sönümsüz sistemin hesaplanan tabii frekansıyla karşılaştırın.

-Rezonans tepesinin yüksekliğinden sistemin sönüm oranını bulun. (Not: Sürtünmeler tamamen ortadan kaldırılamadığından az da olsa bir sönüm görülecektir.)

-Rezonans tepesinin sınırlı olmasına sebep olan başka etkenler var mı? Tartışın.

REFERANSLAR

- I. Ercan, Y., ‘Mühendislik Sistemlerinin Modellenmesi ve Dinamiği’, Genişletilmiş İkinci Basım, Literatür Kitabevi, 2003.
- II. Meirovitch, ‘Elements of Vibration Analysis’, Second Edition, McGraw-Hill, Inc., 1986.

DENEY 4

ZORLANMIŞ VORTEKS DENEYİ

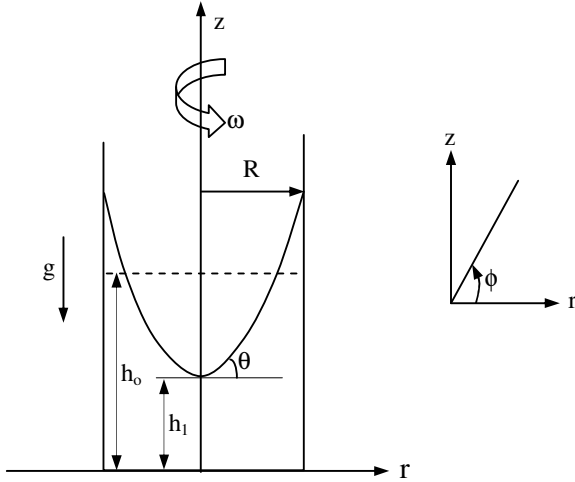
1. AMAÇ

Deneyin amacı, zorlanmış vorteks hareketi yapan bir silindir içindeki sıvıda basınç dağılımının belirlenmesi.

2. GİRİŞ

Kısmen dolu olan bir silindir içindeki sıvı sabit bir ω açısal hızı ile kendi ekseninde döndürülürse kısa bir süre sonra silindir içinde relatif hızlar ortadan kalkar ve sıvı rijit cisim gibi hareket etmeye başlar (Şekil 1).

Zorlanmış bir vortekste, dışarıdan enerji sağlama nedeniyle akışkanın hızı ve basıncı artar. Bu prensip santrifüj pompalarda kullanılır. Sıvı, pompaya merkezden alçak basınçla girer. Kanatların veya savurucunun merkezinden, çevreye doğru ilerlerken hızı ve basıncı artar. Bu sayede pompa kanatlarında basınçlandırılan sıvı belli bir yüksekliğe basılabilmektedir.



Şekil 1. ω açısal hızı ile döndürülen sıvının yüzeyi ve koordinat sistemi

3. TEORİ

Silindirik koordinat sisteminde Navier-Stokes denklemleri yazılırsa,

r - yönünde,

$$\rho \left(\frac{\partial V_r}{\partial t} + V_r \frac{\partial V_r}{\partial r} + \frac{V_\phi}{r} \frac{\partial V_r}{\partial \phi} - \frac{V_\phi^2}{r} + V_z \frac{\partial V_r}{\partial z} \right) = F_r - \frac{\partial P}{\partial r} + \mu \left(\frac{\partial^2 V_r}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial V_r}{\partial r} - \frac{V_r}{r^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 V_r}{\partial \phi^2} - \frac{2}{r^2} \frac{V_\phi}{\partial \phi} + \frac{\partial^2 V_r}{\partial z^2} \right) \quad (1)$$

ϕ - yönünde,

$$\rho \left(\frac{\partial V_\phi}{\partial t} + V_r \frac{\partial V_\phi}{\partial r} + \frac{V_\phi}{r} \frac{\partial V_\phi}{\partial \phi} + \frac{V_r V_\phi}{r} + V_z \frac{\partial V_\phi}{\partial z} \right) = F_\phi - \frac{1}{r} \frac{\partial P}{\partial \phi} + \mu \left(\frac{\partial^2 V_\phi}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial V_\phi}{\partial r} - \frac{V_\phi}{r^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 V_\phi}{\partial \phi^2} + \frac{2}{r^2} \frac{V_r}{\partial \phi} + \frac{\partial^2 V_\phi}{\partial z^2} \right) \quad (2)$$

z - yönünde,

$$\rho \left(\frac{\partial V_z}{\partial t} + V_r \frac{\partial V_z}{\partial r} + \frac{V_\phi}{r} \frac{\partial V_z}{\partial \phi} + V_z \frac{\partial V_z}{\partial z} \right) = F_z - \frac{\partial P}{\partial z} + \mu \left(\frac{\partial^2 V_z}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial V_z}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 V_z}{\partial \phi^2} + \frac{\partial^2 V_z}{\partial z^2} \right) \quad (3)$$

denklemleri elde edilir.

Zorlanmış vorteks hareketinde, V_r , V_z , F_r , F_ϕ , $\frac{\partial V_\phi}{\partial \phi}$ ifadelerinin sıfır olduğu ve hareketin zamana bağlı olmadığı göz önüne alınırsa, yukarıda verilen (1), (2) ve (3) nolu eşitlikler önemli oranda basitleşir.

r - yönündeki eşitlik,

$$\rho \left(-\frac{V_\phi^2}{r} \right) = -\frac{\partial P}{\partial r} \quad (4)$$

ϕ - yönündeki eşitlik,

$$\frac{1}{r} \frac{\partial P}{\partial \phi} = 0 \quad (5)$$

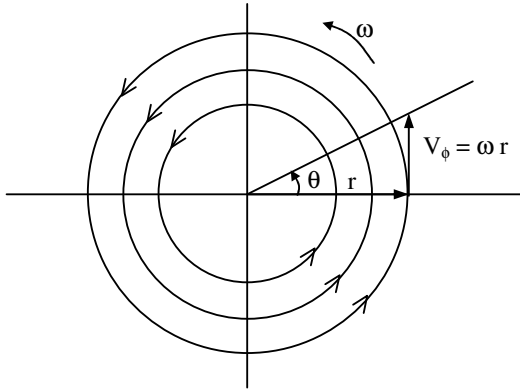
z – yönündeki eşitlik,

$$\frac{\partial P}{\partial z} = -\rho g \quad (6)$$

haline gelir. (4), (5) ve (6) ifadeleri incelendiğinde basıncın r ' nin ve z 'nin fonksiyonu olduğu görülür ($P = P(r,z)$). Silindir içindeki basınç ifadesini hesaplamak isteyelim.

Şekil 2 'de görüldüğü gibi zorlanmış vortekste ϕ yönündeki hız ifadesi aşağıdaki şekilde ifade edilebilir (Katı cisim hareketi).

$$V_\phi = \omega r \quad (7)$$



Şekil 2. Zorlanmış vortekste akım çizgileri

(7) nolu ifadeyi (4) nolu denklemde yerine koyarsak aşağıdaki basınç ifadesi elde edilir.

$$\frac{\partial P}{\partial r} = \rho \frac{\omega^2 r^2}{r} = \rho \omega^2 r \quad (8)$$

Yukarıdaki ifadenin integrali alınarak,

$$\int_{P_1}^P dP = \int_{r_1}^r \rho \omega^2 r dr$$

$$P - P_1 = \rho \frac{\omega^2 (r^2 - r_1^2)}{2} + c(z) \quad (9)$$

(9) eşitliği elde edilir. $c(z)$ fonksiyonunun değerini tespit etmek için (6) nolu eşitliği kullanalım:

$$\frac{\partial P}{\partial z} = -\rho g$$

$$\frac{\partial P}{\partial z} = -\rho g = c'(z)$$

Bu eşitlik integre edilirse,

$$c(z) = -\rho g(z - z_1) \quad (10)$$

elde edilir. Eş. (10), Eş. (9) 'da yerine konulursa, $P = P(r,z)$ ifadesinin genel şekli bulunur.

$$P - P_1 = \rho \frac{\omega^2 (r^2 - r_1^2)}{2} - \rho g(z - z_1) \quad (11)$$

Eğer 1 noktası serbest yüzeyde eksen üzerinde alınır, $P_1 = P_{atm}$, $r_1 = 0$, $z_1 = h_1$ olur. Bunun sonucu olarak Eş. (11) şu hale gelir.

$$P - P_{atm} = \rho \frac{\omega^2 r^2}{2} - \rho g(z - h_1) \quad (12)$$

Sıvı yüzeyinde basıncın sabit ve atmosfer basıncına eşit olduğu düşünülürse ($P = P_{atm}$),

$$0 = \rho \frac{\omega^2 r^2}{2} - \rho g(z - h_1) \quad (13)$$

Bu eşitlik düzenlenirse serbest yüzey denklemi elde edilir.

$$z = h_1 + \frac{(\omega r)^2}{2g} \quad (14)$$

Zorlanmış vorteks hareketi esnasında hacmin sabit kaldığı düşünülürse h_1 ifadesi h_0 , R bilinenleri cinsinden yazılabilir.

Dönme olmadığı durumdaki sıvı hacmini yazalım.

$$V = \pi R^2 h_0 \quad (15)$$

Dönme esnasındaki sıvı hacmini yazalım.

$$V = \int_0^R \int_0^z 2\pi r dz dr = \int_0^R 2\pi r z dr \quad (16)$$

$$V = \int_0^R 2\pi \left(h_1 + \frac{\omega^2 r^2}{2g} \right) r dr \quad (17)$$

Buradan,

$$V = \pi \left(h_1 R^2 + \frac{\omega^2 R^4}{4g} \right) \quad (18)$$

ifadesi elde edilir. Dönme olmadığı durumdaki sıvı hacmi, Eş. (18) deki hacme eşit olduğu düşünülürse, h_1 için şu eşitlik bulunur.

$$h_1 = h_0 - \frac{(\omega R)^2}{4g} \quad (19)$$

Sonuç olarak sıvının serbest yüzeyinin eşitliği için, aşağıdaki ifade elde edilir.

$$z = h_0 - \frac{(\omega R)^2}{2g} \left[\frac{1}{2} - \left(\frac{r}{R} \right)^2 \right] \quad (20)$$

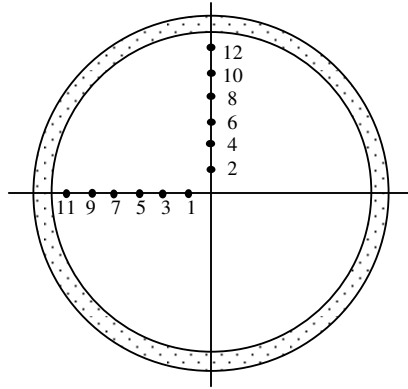
Serbest yüzeyin eğimini bulmak için (20) nolu ifadenin r 'ye göre türevi alınır. Bu durumda,

$$\frac{dz}{dr} = \frac{\omega^2 r}{g} \quad (21)$$

elde edilir.

4. TEKNİK VERİLER

Zorlanmış vorteksin oluştuğu silindirik kaba ait basınç ölçüm noktaları Şekil 3 'de ve radyal yöndeki uzaklıkları Tablo 1 'de verilmektedir.



Şekil 3. Silindir kabın tabanındaki basınç ölçüm noktaları

Tablo 1. Silindir tabanındaki basınç ölçüm noktalarının radyal yönde merkeze olan uzaklıkları

No	R (mm)
1	30
2	40
3	50
4	60
5	70
6	80
7	90
8	100
9	110
10	120
11	130
12	140

Ayrıca deneyde kullanılan silindire ait bazı veriler aşağıda verilmiştir:

Silindir iç yarıçapı (R)	: 145 mm
Silindirin içindeki su yüksekliği (h_0)	: 300 mm
Yerçekimi ivmesi (g)	: 9.81 m/s ²
Elektrik motoru devir sayısı (n)	: 1000 dev/dak
Dişli oranı	: 6/31

5. CİHAZ VE GEREÇLER

- Silindir kap
- Elektrik motoru
- Redüktör
- Basınç ölçüm aleti

6. DENEYİN YAPILIŞI VE İSTENENLER

Silindir içinde belli yükseklikteki su, tabandaki döner bir pleyt (kanatçık) vasıtası ile ω açısal hızı ile tahrik edilir.

Belli bir süre sonra, tabandan verilen hareket bütün sıvı içinde yayılır ve sıvı katı bir cisim gibi dönmeye başlar. Bu esnada sıvı içinde tabandan basınç ölçümü yapılır ve ölçüm panosunda radyal yönde bir dağılımın olduğu gözlenir.

1. Deney esnasında basınç ölçüm panosundaki basınç değerlerini mmss olarak kayıt ediniz. Bu değerleri teorik değerlerle karşılaştırınız.
2. Ölçülen basınç değerlerini kullanarak serbest yüzeyin eğrisini bulunuz ve bu eğriyi teorik olarak elde edilen eğri ile karşılaştırınız.

Bulduğunuz bütün sonuçları ve grafikleri düzgün bir şekilde deney yazım formatına uygun olarak hazırlayınız. Birimlere dikkat ediniz. Bulduğunuz sonuçların birimlerini yazmayı unutmayınız. Bulduğunuz deneysel ve teorik değerler arasındaki farkı yorumlayınız.

DENEY 5

SİLİNDİRLER ÜZERİNE ETKİ EDEN SÜRÜKLEME KUVVETLERİNİN BELİRLENMESİ

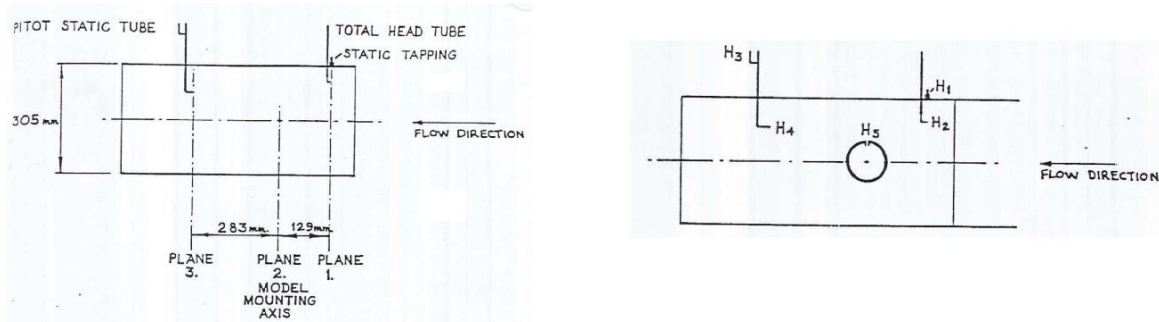
AMAC

Bu deneyin amacı, silindir üzerindeki statik basınç dağılımını, akışkan tarafından silindir üzerine uygulanan kuvveti ve silindir yüzeyindeki sürüklenme katsayısını belirlemektir. Deneyler farklı Reynolds sayıları ile yapılacaktır.

EKİPMAN

Bu deneyi gerçekleştirmek için bir açık devre tipi rüzgar tüneli kullanılmaktadır. Hava, uygun şekil verilmiş ve koruyucu bir ızgara ile kaplanmış bir alandan tünele girer. Deney sisteminin test kısmı şeffaf cam ile kaplanmıştır. Test kısmı kesit boyutları 305 mm x 305 mm'dir. Test kısmından sonra, difüzör ve eksenel fan bulunmaktadır. Fan çıkışında akış hızı çift kelebek vana sayesinde kontrol edilmektedir. Fan susturucu ile çalışmaktadır.

Test bölümünde, bir adet toplam basınç tüpü, bir adet pitot-satik tübü, 24 bölümlük su manometresi, ve 64 mm çapında 305 mm uzunluğunda bir silindir bulunmaktadır. Silindir, basınç ölçüm uçları (tapları) ile birlikte yerleştirilmiştir (Şekil 1).

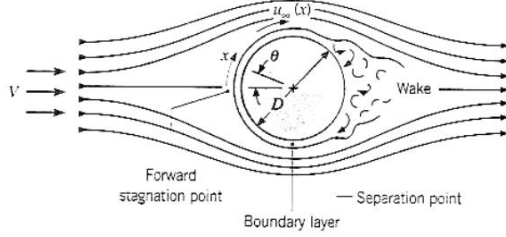


Şekil 1. Çalışma bölümünün şematik olarak görünümü

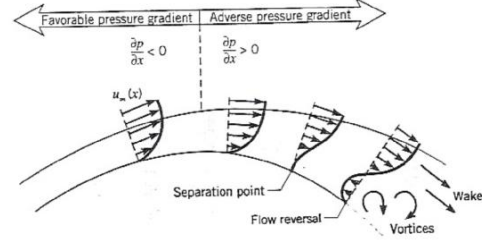
TEORİ

Şekil 2' de görüldüğü gibi, serbest akış ön durma noktasında basınç artışı ile birlikte durmaktadır. Bu noktadan sonra, basınç artan x (akım çizgisi koordinatı) yönünde azalır, ve sınır tabaka uygun bir basınç gradyanı etkisiyle gelişir ($dp/dx < 0$). Bununla birlikte, basınç silindirin sonunda en düşük değerine ulaşmakta ve silindirin arka kısmına doğru, sınır tabaka oluşumu ters yönde bir basınç gradyanının ($dp/dx > 0$) etkisinde kalır. Akışkan durma noktasındaki $u=0$ dan başlayarak, uygun basınç gradyanı ($dp/dx < 0$ olduğunda $du/dx > 0$) ile hızlanmaktadır, $dp/dx=0$ olduğunda en yüksek hıza ulaşır, ve ters basınç gradyanı sonucunda ise ($dp/dx > 0$ olduğunda $du/dx < 0$) yavaşlar. Akışkan yavaşlarken, yüzeydeki hız gradyanı, $(\partial u / \partial y)_{y=0}$, sıfır olmaktadır (Şekil 3). Ayrılma noktası denilen bu yerde, yüzeye yakın akışkanın basınç gradyanını yenmek için yeterli momentumu

yoktur ve aşağı yöndeki hareketi olanaksızdır. Arkadan gelen akışkan, geri yöndeki akışa engel olduğu için, sınır tabaka ayrılması oluşur. Bu noktada sınır tabaka yüzeyden ayrılır ve aşağı akış yönünde bir art bölge oluşur. Bu bölgedeki akış, girdapların oluştuğu, ve düzensiz bir akış olarak karakterize edilir.



Şekil 2. Silindir üzerinde akan akışta sınır tabaka oluşumu ve ayrılma



Şekil 3. Silindir üzerindeki akışta sınır tabakasının ve hız profillerinin şematik gösterimi

Reynolds sayısına bağlı olan sınır tabakanın laminierden türbülansa geçişi, ayrılma noktasının konumundan büyük ölçüde etkilenir. Silindir için karakteristik uzunluk çapı ve Reynolds sayısı,

$$Re_D = \frac{\rho u D}{\mu} = \frac{u D}{\nu} \quad (1)$$

Şeklinde ifade edilir. Burada, ρ havanın yoğunluğu olarak ifade edilir ve değeri ise 1.24 kg/m^3 , ν u hızı Bernoulli denkleminde aşağıdaki şekilde hesaplanabilmektedir:

$$u = (2\Delta h / \rho)^{1/2} \quad (2)$$

Rüzgar tüneli içerisindeki ölçülen basınç düşümü mmSS ile ifade edilir.

$$1 \text{ mm H}_2\text{O} = 9.81 \text{ N/m}^2$$

Burada, Δh dinamik basıncı ifade etmektedir ve 1 nolu düzlemde elde edilmektedir.

$$\Delta h = H_2 - H_1 \quad (3)$$

3 nolu düzlemde ise,

$$\Delta h = H_4 - H_3 \quad (4)$$

Türbülans sınır tabakada akışkanın momentumu, laminier sınır tabakadaki akışkanın momentumundan büyük olduğu için, laminierden türbülansa geçişin ayrılmayı daha ilerideki bir noktaya erteleme beklenir. Ortalama hız değeri için sürtünme kuvveti değeri bulunurken, model üzerindeki blokaj etkisinin oluşmasına izin verildiğine dikkat edilmelidir. Bu durum için düzeltme faktörü 1.06' dır.

Yukarıda sözü edilen olgular, silindire etki eden F_D sürüklenme kuvvetini büyük ölçüde etkiler. Bu kuvvetin iki bileşeni vardır. Bunlardan birincisi sınır tabaka yüzey kayma gerilmesinden kaynaklanır ve sürtünme direnci olarak adlandırılır. Diğer ise, art bölgenin oluşumundan kaynaklanan akış yönündeki basınç farkı ile ilişkilidir ve biçim direnci veya basınç direnci olarak bilinir. Sürüklenme kuvveti aşağıdaki şekilde belirlenebilir;

$$F_3 = (P_3 - P_1) A + \rho A (u_1^2 - u_3^2) \quad (5)$$

burada $P_1 = H_1 g$ ve $P_3 = H_3 g$ olarak elde edilir. Sürüklemeye kuvvetinin hesaplanmasından sonra, sürüklemeye katsayısı aşağıdaki gibi hesaplanabilir;

$$C_D = F_D / A_f (\rho u^2 / 2) \quad (6)$$

burada A_f , silindirin akışa dik düzlem üzerindeki izdüşüm yüzey alanını (serbest akış yönü hız bileşenine dik doğrultudaki izdüşüm alanı), F_D ise akışkan tarafından silindire etki eden sürüklemeye kuvvetini ifade etmektedir.

DENEYİN YAPILIŞI:

Deneyler, silindir yüzeyi boyunca basınç değişimini farklı Reynolds sayıları için elde etmek amacıyla yapılacaktır. Ölçülen basınç değerleri kullanılarak, sürüklemeye katsayısı, C_D , elde edilecektir. Deneyi tamamlamak için, aşağıdaki işlemler akışkanın (havanın) farklı hızları (Reynolds sayısı) için tekrar edilecektir.

- Silindiri açılı pozisyonda yerleştiriniz?
- Tünelin çıkış kısmında bulunan çift kelebek vanayı istenilen Reynolds sayısını sağlayacak şekilde ayarlayın.
- Silindiri döndürerek farklı açılı pozisyonlar için silindir üzerindeki farklı noktalarda basınç değerlerini ölçün.
- Havanın hızını değiştirerek (kelebek vananın pozisyonunu değiştirerek) yukarıdaki işlemleri tekrarlayın.

VERİ ANALİZİ

1. Dairesel silindir çevresindeki basınç dağılımını çizin (en yüksek hız değeri için bir grafik)
2. Silindir çevresindeki basınç dağılımı H_5 değerinin θ değerleri ile değişiminin grafiğini çizdiriniz ve basınç değerinin minimum olduğu yerde ayrılma noktasının açısı değerini belirleyiniz (bir grafik üzerinde üç doğru çizin)
3. Denklem 5' i temel denklemleri (Momentum ve süreklilik denklemleri) kullanarak elde ediniz.
4. Sürüklemeye kuvvetinin Reynolds sayısı ile değişiminin grafiğini çizin.
5. Artan Reynolds sayıları ile ayrılma açısı nasıl bir değişim gösterir?
6. Artan Reynolds sayısı ile sürtünme ve ayrılma değerleri nasıl etkilenir?
7. Sürüklemeye kuvveti, C_D , değerinde sınır tabaka geçişinden dolayı büyük bir düşme meydana gelir. Ayrılma, art bölge ve biçim direnci değeri nasıl etkilenir?
8. Sınır tabaka geçişinin olup olmadığını açıklayın.
9. Rüzgar tünelinde meydana gelen blokajı belirleyin.
10. Silindirin çapı 64 mm' den daha büyük olursa, ne olur?
11. Statik basınç duvar üzerindeki statik basınç tablalarından veya statik basınç probundan yararlanılarak ölçülmüştür. Bu iki yöntem arasındaki fark nedir?

SİMGELER

A	Tünelin kesit alanı	m^2
A_f	Silindirin ön yüz alanı	m^2
C_D	Sürtünme kuvveti	
D	Silindirin çapı	m
F_D	Sürtünme kuvveti	N
H_1	Çalışma alanına girişteki statik basınç	mmH ₂ O
H_2	Çalışma alanına girişteki toplam basınç	mmH ₂ O
H_3	Modelin alt kısmındaki statik basınç	mmH ₂ O
H_4	Modelin alt kısmındaki toplam basınç	mmH ₂ O
H_5	Model üzerinde basınç tapındaki statik basınç	mmH ₂ O
H_θ	Modelin θ açısı kadar döndürülmesindeki statik basınç	mmH ₂ O
Δh	Dinamik basınç	mmH ₂ O
Re	Silindir için Reynolds sayısı	
u	Hız	m/s
θ	Üst tarafındaki pozisyonadaki basınç tabından itibaren döndürülen silindirin açısı	deg
ρ	Havanın yoğunluğu	kg/m ³
ν	Havanın kinematik viskozitesi	m ² /s
μ	Havanın dinamik viskozitesi	kg/ms

KAYNAKLAR

1. Incropera, F.P. and Dewitt, D.P., “Introduction to Heat Transfer”, Third Edition, John Wiley and Sons, 1996.
2. Fox, R.W. and McDonald, A.T., “Introduction to Fluid Mechanics”, Fourth Edition, John Wiley and Sons, 1994.
3. Cengel, Y.A., “Heat Transfer”, Mc Graw Hill, 1998.

H ₁ =	(mmH ₂ O)
H ₂ =	(mmH ₂ O)
H ₃ =	(mmH ₂ O)
H ₄ =	(mmH ₂ O)
θ (deg)	H ₅ (mmH ₂ O)
0	
20	
40	
60	
80	
100	
120	
140	
160	
180	

H ₁ =	(mmH ₂ O)
H ₂ =	(mmH ₂ O)
H ₃ =	(mmH ₂ O)
H ₄ =	(mmH ₂ O)
θ (deg)	H ₅ (mmH ₂ O)
0	
20	
40	
60	
80	
100	
120	
140	
160	
180	

H ₁ =	(mmH ₂ O)
H ₂ =	(mmH ₂ O)
H ₃ =	(mmH ₂ O)
H ₄ =	(mmH ₂ O)
θ (deg)	H ₅ (mmH ₂ O)
0	
20	
40	
60	
80	
100	
120	
140	
160	
180	
200	
220	
240	
260	
280	
300	
320	
340	
360	

DENEY - 6

DOĞAL KONVEKSİYON İLE ISI TRANSFERİ

1. GİRİŞ

Bir çok endüstriyel uygulamada ısı transferi doğal konveksiyon yolu ile gerçekleşmektedir. Bu uygulamalarda ısı transferi katsayısının belirlenmesi sistem tasarımı bakımından çok önemlidir.

Bu deneyin amacı dikey bir kanalın yan duvarına yerleştirilen kanatcıklı bir yüzyedeki ısı transferinin incelenmesi ve bu yüzyedeki ısı transferi katsayısının belirlenmesidir.

2. TEORİ

Bir yüzey ile bu yüzeyin üzerinden geçen akışkanın sıcaklıklarının farkı nedeniyle meydana gelen ısı transferi Newton'un soğutma kanunu kullanılarak,

$$Q = h.A.(T_{\text{yüzey}} - T_{\text{akışkan}}) \quad (1)$$

şeklinde ifade edilir. Burada

Q : Konveksiyon ısı transferi (W),

h : Yüzeyin konveksiyon ısı transferi katsayısı (W/m^2K),

A : Isı transferi yüzey alanı ($A = 0,13 m^2$),

$T_{\text{yüzey}}$: Yüzey sıcaklığı (K),

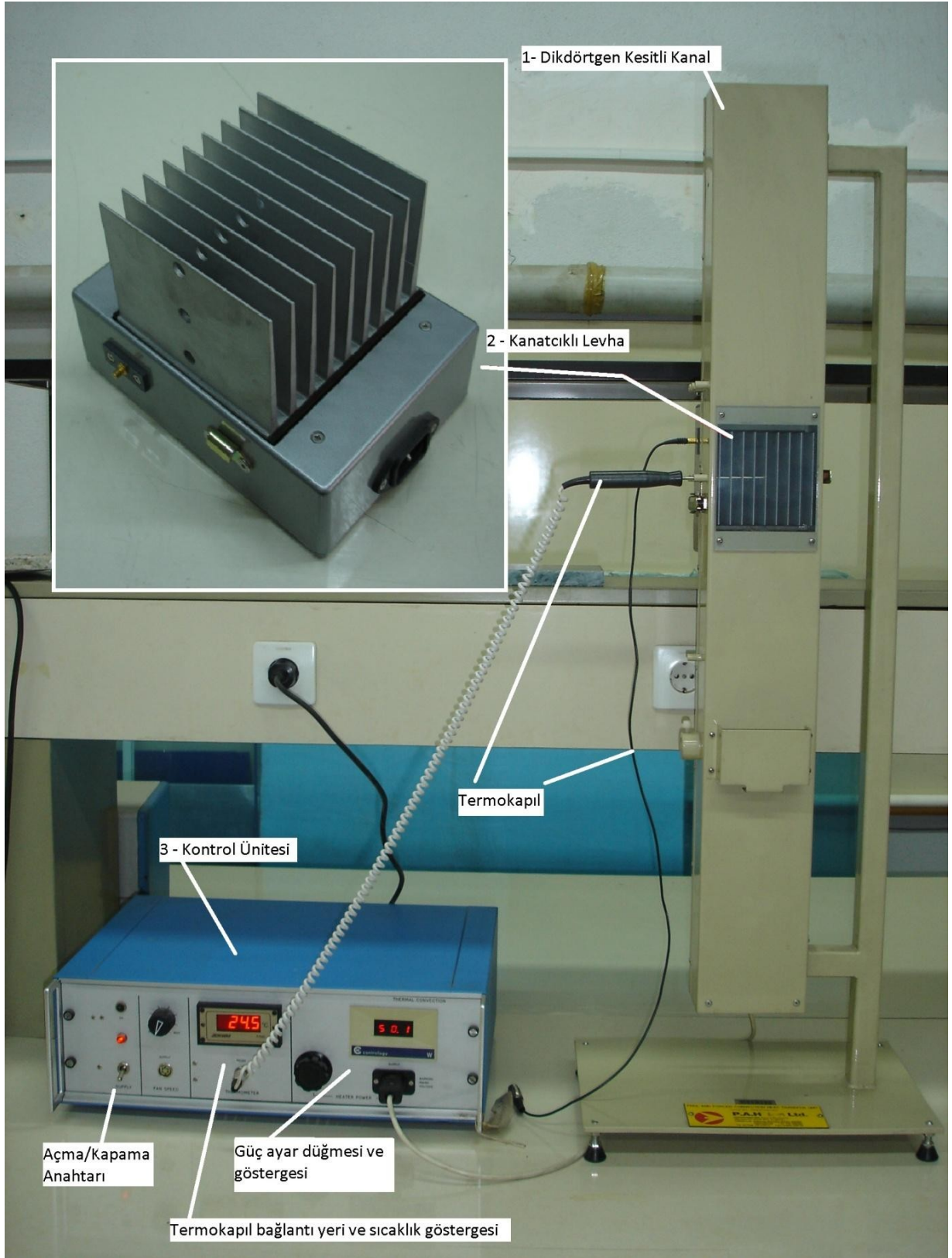
$T_{\text{akışkan}}$: Akışkan sıcaklığı (K)'dır.

Eğer bir yüzeyden olan konveksiyon ısı transferinin miktarı, yüzey sıcaklığı ve akışkan sıcaklığı biliniyorsa o yüzyedeki ısı transferi katsayısı Denklem (1) kullanılarak hesaplanabilir.

3. DENEY DÜZENEGİ

Bu deneyde kullanılan deney düzeneği Şekil 1. de gösterilmiştir.

Deney düzeneği dikdörtgen kesitli bir kanal (1), bu kanal içerisine yerleştirilen kanatcıklı levha (2) ve güç kontrolü ile sıcaklık ölçümlerini yapmakta kullanılan bir kontrol ünitesinden oluşur (3). Sıcaklık ölçümlerinin alınmasında termokapılardan faydalanılır (4).



Şekil 1. Deney Düzeneği

4. DENEYİN YAPILIŞI

Deneyin yapılışında izelenecek yol aşağıda açıklanmıştır.

1. Kanatcıklı levha kanal içerisindeki bölmeye yerleştirilir ve sabitlenir.
2. Kontrol ünitesi ile kanatcıklı levhanın güç bağlantıları yapılır.
3. Kontrol ünitesinin fişi güç kaynağına bağlanır ve üzerinde bulunan açma kapama anahtarı açılır.
4. Isıtıcı gücü kontrol ünitesi üzerinden istenilen değere ayarlanır.
5. Sistem sürekli rejim şartlarına gelene kadar plaka yüzey sıcaklığı belirli aralıklarda ölçülerek kaydedilir. (Ek 1.)
6. Sistem sürekli rejim şartlarına geldikten sonra sırasıyla A, B, C, noktalarındaki sıcaklıklar ölçülür. (Ek 1.)
7. Yukarıdaki işlemler farklı ısı akıları için tekrarlanır.
8. Deney sonunda
 - a. Kontrol ünitesi üzerindeki açma kapama anahtarı kapatılarak güç ünitesinin fişi çekilir.
 - b. Kontrol ünitesi ile güç kaynağı arasındaki bağlantı sökülür.
 - c. Kanatcıklı levha kanal içerisinde çıkarılır.

Not: Deney sırasında elektrik ile ilgili güvenlik kurallarına uyulması zorunludur. Bunun yanı sıra özellikle kanatcıklar ısınacağından montaj ve sökme işlemlerinde sıcaklıklara dikkat edilmesi gerekmektedir.

5. SONUÇLAR

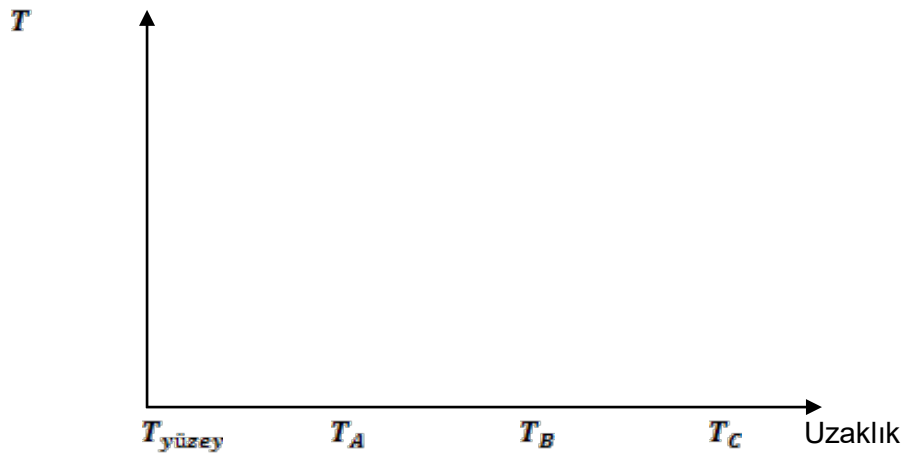
Deney sonucunda çizilmesi istenilen grafikler ve yapılması istenilen hesaplamalar aşağıda belirtilmiştir.

1. Sistem sürekli rejim şartlarına gelirken ölçülen sıcaklıkları kullanarak *Plaka yüzey sıcaklığı - Zaman* grafiğini (Ek 2.) çiziniz. (Her ısı akısı için ayrı ayrı çizilecektir.)
2. Sistem sürekli rejim şartlarına geldikten sonra ölçülen sıcaklıkları kullanarak *Kanatcık yüzey sıcaklığı - Uzaklık* grafiğini (Ek 3.) çiziniz. (Her ısı akısı için ayrı ayrı çizilecektir.)
3. Sistem sürekli rejim şartlarına geldikten sonra ölçülen sıcaklıkları kullanarak Ortalama ısı transferi katsayısını hesaplayınız. (Her ısı akısı için ayrı ayrı hesaplanacaktır.)
4. *Isı transfer katsayısının - Isı akısı* ile değişimi grafiğini (Ek 4.) çiziniz.

Ek 1. Ölçüm tabloları

Deney No:				
Q:				
Zaman			...	
$T_{yüzey}$...	

Deney No	Q	$T_{giriş}$	$T_{yüzey}$	T_A	T_B	T_C

Ek 2. Plaka yüzey sıcaklığı - Zaman grafiği**Ek 3. Kanatçık yüzey sıcaklığı - Uzaklık grafiği****Ek 4. Isı transfer katsayısının - Isı akısı ile değişimi grafiğini**