



**KIRŞEHİR
AHI EVRAN**
ÜNİVERSİTESİ

Yeni Türkiye'nin Yenilikçi Üniversitesi

T.C.
KIRŞEHİR AHI EVRAN ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK-MİMARLIK FAKÜLTESİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

MAKİNA MÜH. UYG. LAB.-I

Ekim – 2023

**MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ UYG. LAB.-I DENEY PROGRAMI**

Tarih	Deney Adı	Öğretim Elemanı
06.11.2023	Ölçme ve Kontrol Yöntemleri Deneyi	Arş. Gör. İbrahim Baki ŞAHİN
	Birleştirmeli Yığılma Modellemesi Deneyi	
13.11.2023	Bernoulli Deneyi	Arş. Gör. Aslı TİKTAŞ
Vize Haftası		
27.11.2023	Eğilme Deneyi	Arş. Gör. Faik YILAN
04.12.2023	Doğal ve Zorlanmış Isı Taşınımı Deneyi	Arş. Gör. Aslı TİKTAŞ
11.12.2023	Çekme Deneyi	Arş. Gör. İbrahim Baki ŞAHİN
18.12.2023	Akışkan Borusu ve Vantilatör Deneyi	Arş. Gör. Aslı TİKTAŞ
08.01.2024	Mikrosertlik Ölçme Deneyi	Arş. Gör. Faik YILAN
	Korozyon Deneyi	



LABORATUVAR VE DENEYSEL ÇALIŞMALAR İÇİN ÇALIŞMA VE İŞ GÜVENLİĞİ KURALLARI

1. Laboratuvar ve deneysel çalışmalarda, çalışma düzeni bozacak veya tehlikeye yol açabilecek davranışlardan kaçınılmalıdır.
2. Sözlü veya yazılı bütün kurallara dikkatle uyulmalı, anlaşılmayan kısımlar laboratuvar sorumlularına sorulmalıdır.
3. Laboratuvar ekipmanları hiçbir zaman laboratuvar dışına çıkarılmamalı ve sorumlunun onayı alınmadan yeri değiştirilmemelidir.
4. Çalışmalarda kullanılan ekipmanda arıza tespit edilir ise laboratuvar sorumlusuna bildirilmelidir.
5. Çalışmalarda kullanılan ekipmanın hasar görmemesi için gerekli özen gösterilmelidir.
6. Laboratuvar çalışıldığı sürece çalışmanın özelliğine göre gözlük, yüz maskesi, eldiven gibi koruyucu ekipmanlar kullanılmalıdır.
7. Laboratuvarda bulunan takım tezgâhları ve diğer el aletlerini sorumlu personel kullanır. Öğrenciler takım tezgâhları ve diğer el aletlerini kullanmamalıdır. Öğrencilerin bu aletleri kullanmaları tehlikeli ve yasaktır.
8. Elektrikli aletlerin elektrik bağlantısı yapılırken gerekli güvenlik önlemleri alınmalıdır.
9. Laboratuvar çalışması bittikten sonra kullanılan malzemelerin, deney düzeneğinin ve tezgâhların temizliği gereken özenle yapılmalıdır.
10. Hafta içi mesai saatleri dışında ve hafta sonları danışman olmaksızın öğrencilerin laboratuvarlarda çalışmaları yasaktır.
11. Laboratuvarda yemek ve içmek maksadıyla dışarıdan gıda maddesi getirmek yasaktır. Tüm öğrenciler laboratuvarları temiz tutmak için özen göstermeleri gerekir.
12. Laboratuvar ve deneysel çalışmalarda iş sağlığı ve güvenliğini tesis etmek için belirtilen kurallara uyulması oldukça önemlidir. Çalışmalarda kurallara uymadığı belirlenen öğrenciler laboratuvar ortamından uzaklaştırılarak çalışmadan başarısız kabul edilirler.



LABORATUVAR DERSİNDE UYGULANACAK KURALLAR

1. İki deneye girmeyen öğrenci devamsızlıktan kalmış sayılacaktır.
2. Deney esnasında disiplinsiz davranışlarda bulunan öğrenci deneye katılamayacaktır.
3. Deney öncesinde, deney föyünün dikkatlice okunması deneyin anlaşılması için çok önemlidir. Deney öncesinde, o deneyle ilgili yazılı veya sözlü sınav yapılacaktır.
4. Deney esnasında her öğrencinin deney föyü olmalıdır.
5. Deney sonrası hazırlanacak deney raporu en geç bir hafta sonra teslim edilecektir.
6. Vize notu, deneylerde yapılan sınavlar ile rapor notlarının ortalamasından oluşacaktır.

Rapor Yazılırken Dikkat Edilmesi Gerekenler

1. Raporlar tek kişi yazılacak. Herhangi bir kopya durumunda o deneyin notu sıfır olarak girilecektir.
2. Bütün metinler, her iki yana yaslı, Times New Roman, 12 karakter büyüklüğünde, 1,5 satır aralıklı olmalıdır.
3. Rapor, 8 sayfadan fazla olmamalıdır.
4. Sayfa numaraları sayfanın ortasına konulmalıdır.
5. Raporlarda ilk sayfada rapor kapağı kullanılmalıdır.
6. Paragraf başı girintisiz olmalıdır. Paragraflar arasında bir satır boşluk bırakılmalıdır.
7. Başlık ve paragrafların yazı karakteri ile yazı büyüklüğü aynı olmalı, başlıklardan önce ve sonra bir satır boşluk bırakılmalıdır.
8. Başlıklar koyu renkte ve sola yaslı olarak yazılmalıdır. Ana başlıklar büyük harflerle alt başlıklar küçük harflerle yazılmalıdır.
9. Şekil ve Tablolar numaralandırılmalıdır. Şekil başlıkları şeklin altında, Tablo başlıkları ise tablonun üzerinde verilmelidir.
10. Tablo ve Şekiller açıklamaları ile birlikte ortaya hizalı olmalıdır.
11. Konulan Tablo ve Şekillere metin içerisinde atıf yapılmalıdır.
12. Resmi yazım dili kullanılmalıdır (yaptık, bizim vs ifadeler kullanılmamalıdır).
13. Bir kaynaktan alıntı yapıldığı takdirde, kaynak metin içerisinde köşeli parantez [] içinde ardışık numaralar verilerek gösterilmelidir.
14. Kullanılan her kaynağa ayrı numara verilmelidir, her kaynağın sadece bir numarası olur fakat metin içinde gerekli ise aynı kaynak tekrar kullanılabilir.



15. Bir ifade için birden fazla kaynak gösterimi şu şekilde olmalıdır; iki kaynak; [5,6], üç ve daha fazla kaynak; [5–7].
16. Kaynak göstermek ilgili metnin tamamının satırı satırına alınabileceği anlamına gelmez, kendinize ait olmayan her bilginin kaynağı gösterilmelidir.
17. Her sayfanın altında altbilgi olarak kaynak gösterimi yapılmaz.
18. Kaynaklar raporun en sonunda ayrı bir bölüm olarak belirtilmelidir.
19. Kaynaklar uygun gösterim şekliyle verilmelidir (bakınız; bilimsel makaleler).
20. Raporda elde edilen sonuçlar en fazla üç anlamlı olacak şekilde yuvarlanmalıdır.

Arş. Gör. Faik YILAN

Mak. Lab. Koordinatörü

Prof. Dr. Ali Osman KURBAN

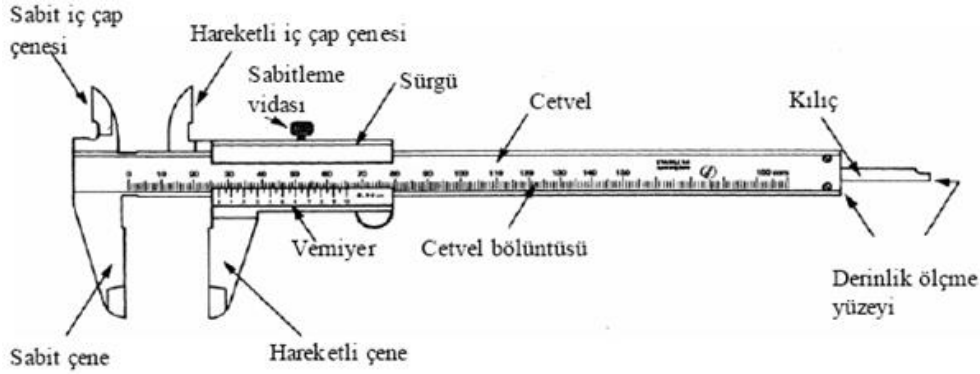
Mak. Müh. Bölüm Başkanı

**DENEY 1: ÖLÇME VE KONTROL YÖNTEMLERİ****Uzunluk Ölçü Aletleri**

- Ölçü Taşıma Aletleri
 - Dış Çap Kumpasları
 - İç Çap Kumpasları
 - Pergeller
- Bölüntülü Ölçme Aletleri
 - Şerit Metreler
 - Katlanır Metreler
 - Çekme Cetveli
- Ayarlanabilen Ölçü Aletleri
 - Sürmeli Kumpaslar
 - Mikrometreler
 - Passametreler
 - Passimetreler
 - Kompratörler
- Sabit Ölçü Aletleri
 - Şablonlar
 - Johnson Masterları
 - Çatal ve Tampon Masterları
 - Kalınlık ve Özel Masterlar

Sürmeli Kumpaslar

Ayarlanabilen bölüntülü ölçü aletlerindedir. Uzunluk ölçülerini iç çap, dış çap, derinlik ve kanal ölçme işlemlerinde kullanılmaktadır.



Şekil 1. Kumpasın Kısımları

Kumpaslar cetvel ve sürgü gibi iki esas parçadan meydana gelmiştir. Sabit çene cetvelle, hareketli çene ise sürgü ile tek parça halinde yapılmıştır. Sürgü üzerinde verniyer bölüntüsü vardır. Genellikle cetvel bir tarafı mm, diğer tarafı ise parmak bölüntülü olarak yapılır. Kumpasların yapım malzemesi paslanmaz çeliktir. Kumpaslar ölçü sistemleri ve kullanılma alanlarına göre iki gruba ayrılır.

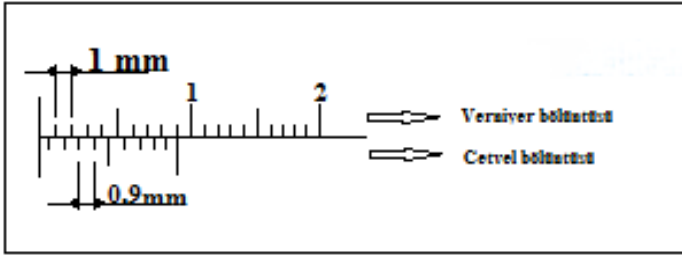
- 1- Ölçü Sistemlerine göre kumpaslar
 - Metrik Ölçü Sistemine Göre
 - 1/10 mm verniyer taksimatlı kumpaslar
 - 1/20 mm verniyer taksimatlı kumpaslar
 - 1/50 mm verniyer taksimatlı kumpaslar
 - Parmak Ölçü Sistemine Göre
 - 1/32 parmak verniyer taksimatlı kumpaslar
 - 1/64 parmak verniyer taksimatlı kumpaslar
 - 1/128 parmak verniyer taksimatlı kumpaslar
 - 1/192 parmak verniyer taksimatlı kumpaslar
 - 1/1000 parmak verniyer taksimatlı kumpaslar
- 2- Kullanım Alanlarına göre Kumpaslar
 - Dış Çap Kumpasları
 - Derinlik Kumpasları
 - Özel Kumpaslar

- Modül Kumpasları

1- Ölçü Sistemlerine göre kumpaslar

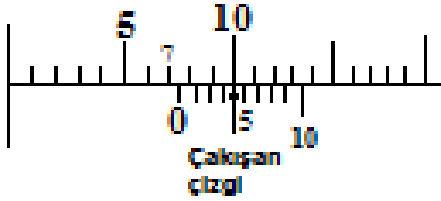
- Metrik Ölçü Sistemine Göre

a) **1/10 mm verniyer taksimatlı kumpaslar:** Bu kumpaslarda cetvel üzerindeki 9 mm'lik kısım verniyer üzerinde 10 eşit parçaya bölünmüştür. Cetvelin üzerindeki iki çizgi aralığı 1 mm olduğuna göre sürgü üzerindeki çizgi aralığı $9 / 10 = 0,9$ mm'dir. Buna göre bu kumpasın hassasiyeti $1 - 0,9 = 0,1$ mm'dir.



Şekil 2. 1/ 10 mm verniyer taksimatlı kumpasın bölüntüleri

- **7,4 mm**

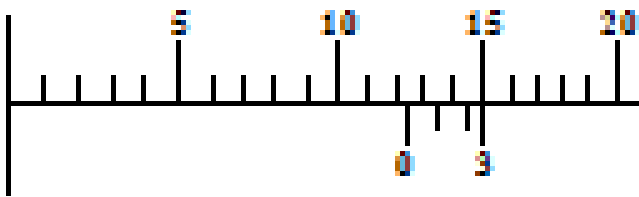


Hassasiyet 0,1 ve çakışan çizgi 7'den sonraki verniyer bölümündeki 4.çizgidir. Buradan;

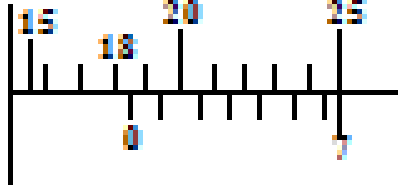
$$4 \cdot 0,1 = 0,4$$

$$7 + 0,4 = 7,4 \text{ mm'dir.}$$

- **12,3 mm**



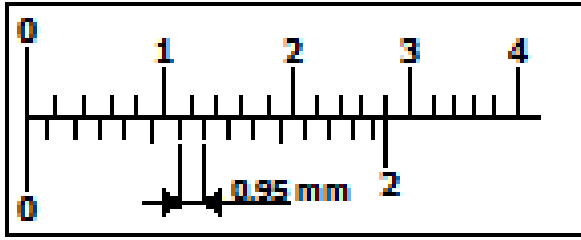
- **18,7 mm**



$$7 \cdot 0,1 = 0,7$$

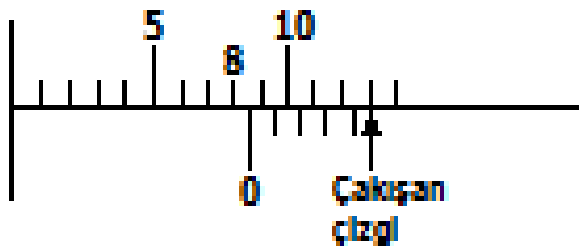
$$18 + 0,7 = 18,7 \text{ mm}$$

b) 1/20 mm verniyer taksimatlı kumpaslar: Bu kumpaslarda cetvel üzerindeki 19 mm'lik kısım, sürgü üzerinde 20 eşit parçaya bölünmüştür. Cetvel üzerindeki iki çizgi aralığı 1 mm olduğuna göre sürgü üzerindeki çizgi aralığı $19/20 = 0,95 \text{ mm}$ 'dir. Buna göre bu kumpasın hassasiyeti $1 - 0,95 = 0,05 \text{ mm}$ 'dir.



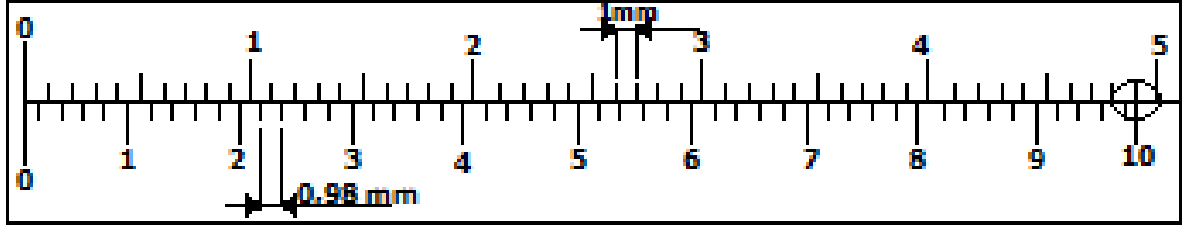
Şekil 3. 1 / 20 mm verniyer taksimatlı kumpasın bölüntüleri

➤ 8,25 mm



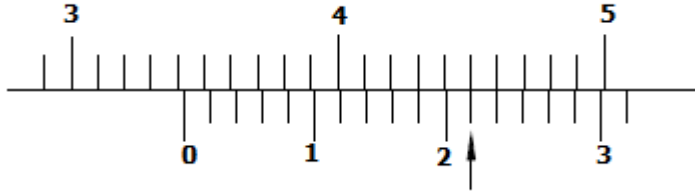
$$8 + (5 \cdot 0,05) = 8,25 \text{ mm}$$

c) 1/50 mm verniyer taksimatlı kumpaslar: Bu kumpaslarda cetvel üzerindeki 49 mm'lik kısım sürgü üzerinde 50 eşit parçaya bölünmüştür. Cetvel üzerindeki iki çizgi aralığı 1 mm olduğuna göre sürgü üzerindeki çizgi aralığı $49/50 = 0,98 \text{ mm}$ 'dir.



Şekil 4. 1/50 mm verniyer taksimatlı kumpasların bölüntüleri

➤ **34,22 mm**



Çakışan çizgi=34,22 + 11 x 0,98 Çç=45

➤ **9,62 mm**



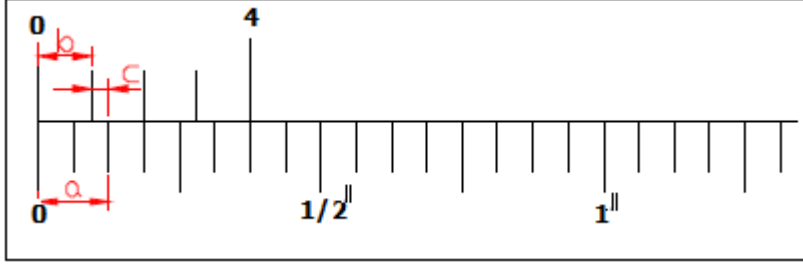
$0,62/0,02=31$ çizgi

$31*0,98=30,38$

$30,38+9,62=40.$ çizgi

• **Parmak Ölçü Sistemine Göre**

a) 1/32 parmak verniyer taksimatlı kumpaslar: Bu kumpaslarda hassasiyet, 6/16" (3/8")'lik uzunluk, sürgü üzerinde 4 eşit verniye bölüntü işaretlenerek hassasiyet 1/32" elde edilmiştir.



Şekil 5. 1/32 parmak verniyer taksimatlı kumpasların bölüntüleri

$$a=2/16$$

$$b=3"/32$$

$$c=1"/32$$

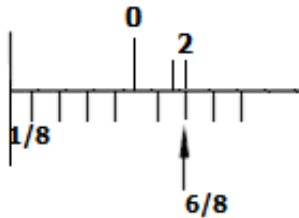
➤ **18/32"**

$$18 \cdot 1/32 = 1/8 \cdot X$$

$$X = 18/4$$

$$\begin{array}{r} 18 \quad 4 \\ \hline 2 \quad 4 \end{array}$$

$$4 \cdot 1/8 + 2 \cdot 1/32 + 2 \cdot 3/32 = 6/8$$



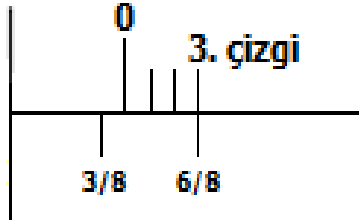
➤ **15/32"**

$$15 \cdot 1/32 = 1/8 \cdot X$$

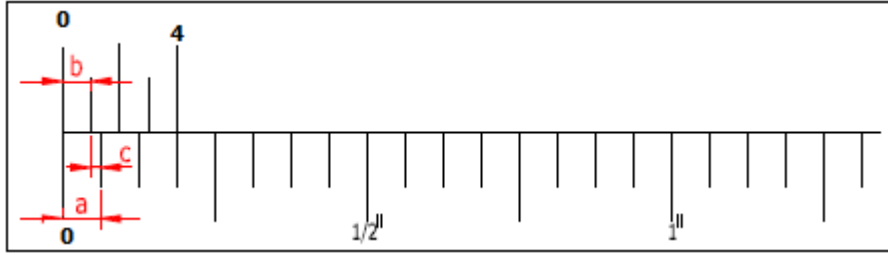
$$\begin{array}{r} 15 \quad 4 \\ \hline 3 \quad 3 \end{array}$$

$3 \cdot \frac{1}{8} + \frac{3}{32}$; verniyer bölüntüsünde çakışan çizgi 3. çizgi

$3 \cdot \frac{3}{32} + \frac{3}{8} + \frac{3}{32} = \frac{6}{8}$; cetvel bölüntüsünde çakışan çizgi $\frac{6}{8}$ 'dir.



b) 1/64 parmak verniyer taksimatlı kumpaslar: Bu kumpaslarda hassasiyet, $\frac{3}{16}$ " 'lık uzunluk, sürgü üzerinde 4 eşit verniyer bölüntü işaretlenerek hassasiyet $\frac{1}{64}$ " elde edilmiştir.



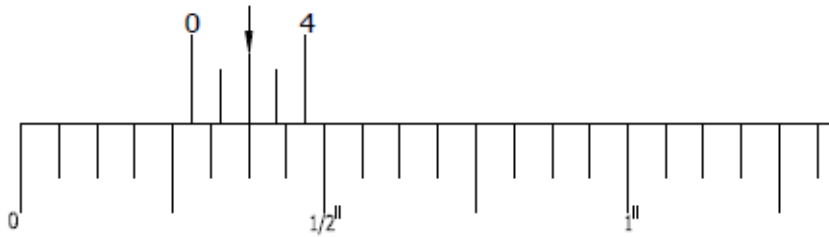
Şekil 6. 1/64 parmak verniyer taksimatlı kumpasın bölüntüleri

➤ $\frac{18}{64}$ "

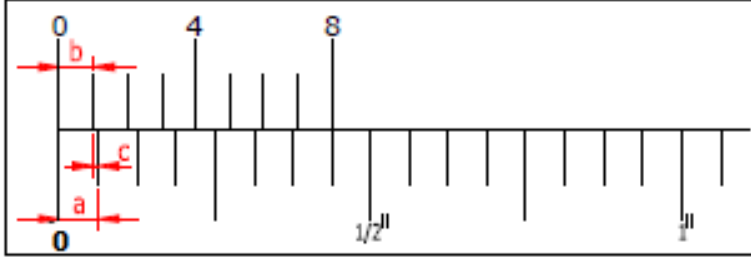
$$\begin{array}{r} 18 \quad | \quad 4 \\ - \quad | \quad 4 \\ \hline 2 \end{array}$$

Verniyer bölüntü sayısı 4'dür.

Çakışan çizgi: $\frac{18}{64} + 2 \cdot \frac{3}{64} = \frac{6}{64}$



c)1/128 parmak verniyer taksimatlı kumpaslar: Bu kumpaslarda hassasiyet, 7/16" ve 15/16"lik uzunluk, sürgü üzerinde 8 eşit verniyer bölüntü işaretlenerek hassasiyet 1/128" elde edilmiştir.



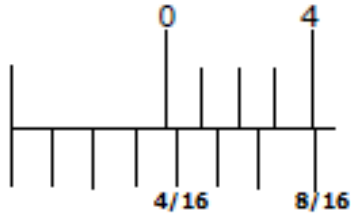
Şekil 7. 1/128 parmak verniyer taksimatlı kumpasın bölüntüleri

➤ **36/128**

$$36 \cdot 1/128 = 1/16 \cdot X$$

$$\begin{array}{r|l} 36 & 8 \\ \hline - & \\ \hline & \textcircled{9} \\ \hline & \textcircled{6} \end{array}$$

$$4 \cdot 1/128 + 4/16 + 4 \cdot 7/128 = 8/16$$

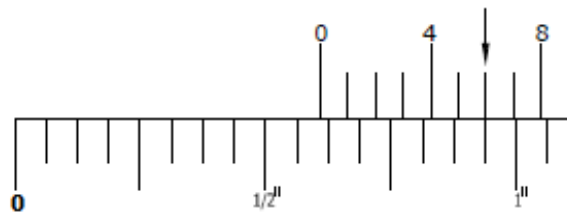


➤ **78/128**

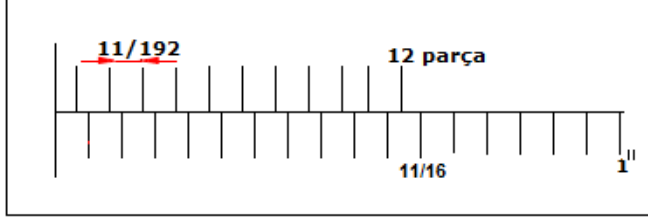
$$\begin{array}{r|l} 78 & 8 \\ \hline - & \\ \hline & \textcircled{9} \\ \hline & \textcircled{6} \end{array}$$

$$78/128 = 9/16 + 6/128$$

Çakışan çizgi: $78/128 + 6 \cdot 7/128 = 15/16$



d)1/192 parmak verniyer taksimatlı kumpaslar: Bu kumpaslarda hassasiyet, 11/16"lık uzunluk, sürgü üzerinde 12 eşit verniyer bölüntü işaretlenerek hassasiyet 1/192" elde edilmiştir.

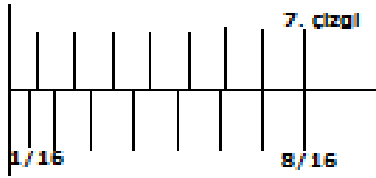


Şekil 8. 1/192 parmak verniyer taksimatlı kumpasın bölüntüleri

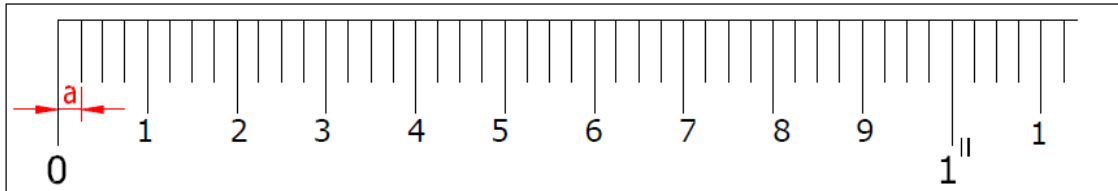
➤ **19/192**

$$\begin{array}{r} 19 \quad | \quad 12 \\ \hline \quad \quad | \quad 1 \\ \hline \quad \quad | \quad 7 \end{array}$$

$$1/16 + 7/192 + 7 * 11/192 = 8/16$$



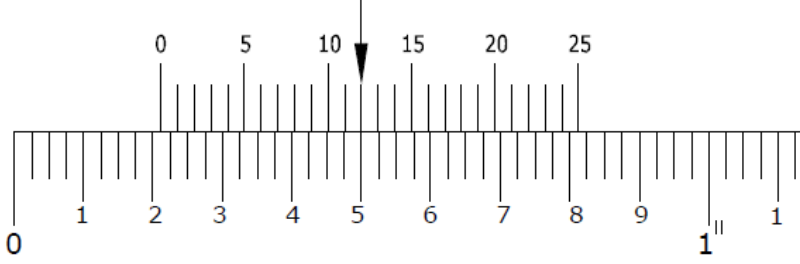
e)1/1000 parmak verniyer taksimatlı kumpaslar: Bu kumpaslarda cetvel üzerindeki bölüntüler, 1"lik uzunluk 40 eşit parçaya bölünerek oluşturulmuştur. En küçük ölçü (cetvel üzerinde çizgilerarası mesafe) $a = 1/40" = 0,025"$ dir.



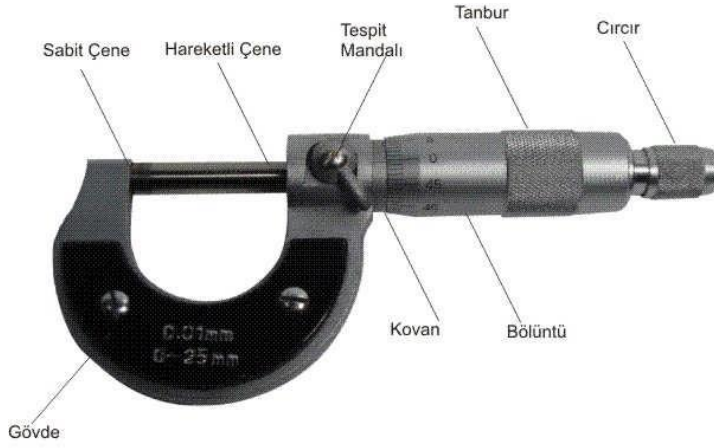
Şekil 9. 1/1000 parmak verniyer taksimatlı kumpasın bölüntüleri

➤ **0.212"**

$$\text{Çakışma çizgisi: } 0,212" + 12 * 0,024 = 0,5"$$



Mikrometreler:



Şekil 10. Mikrometrenin kısımları

Kumpaslara nazaran daha hassas olan ve okuma kolaylığı sağlayan ölçü aletleridir. Genellikle silindirik parçaların çaplarının ve ya düz parçaların kalınlıklarının ölçülmesinde kullanılır. Daha mukavemetli olması için çelik içine krom, nikel, molibden, vanadyum, vs. gibi alaşım elemanları katılarak imal edilir. U biçiminde bir gövdeden ve sabit ölçme çenesi ile hareketli kısımdan meydana gelmiştir. Mikrometrelerle ölçüm yaparken 250 gramdan fazla kuvvet uygulanmamalıdır. Fazla uygulanıp uygulanmadığı cırcırla anlaşılır.

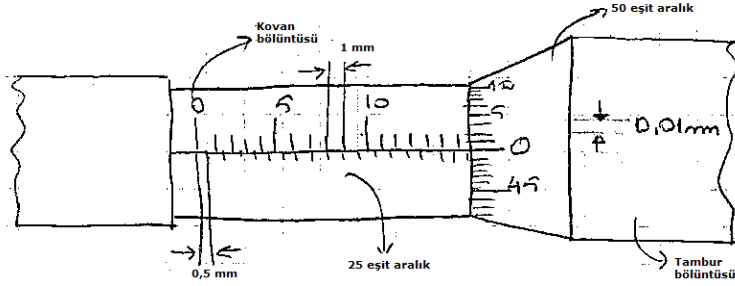
Mikrometre çeşitleri:

1- Ölçü Sistemlerine göre

a) Metrik mikrometreler

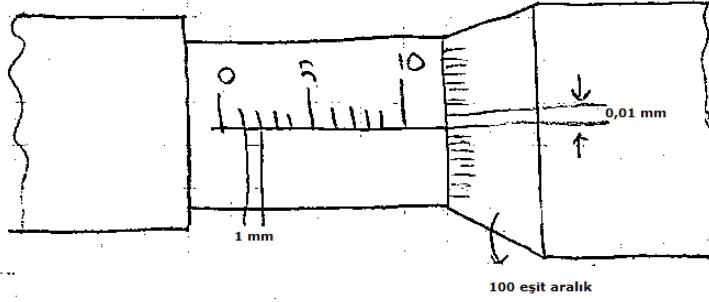
b) Parmak mikrometreler

- 0,01 mm hassasiyetindeki mikrometreler



Şekil 11

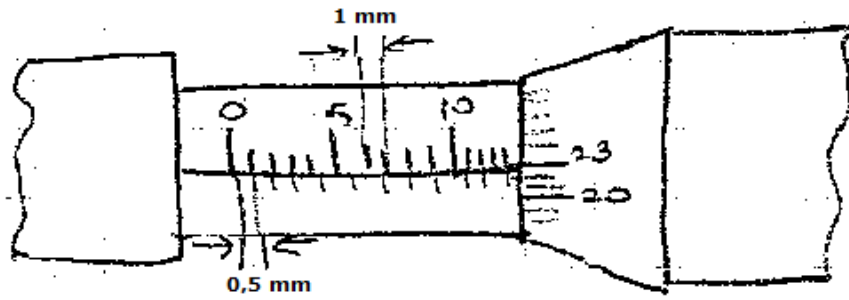
$$0,5/50 = 0,01 \text{ mm}$$



Şekil 12

$$1/100 = 0,01 \text{ mm}$$

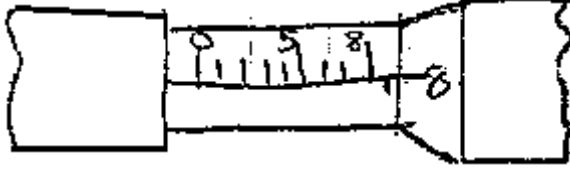
Soru:



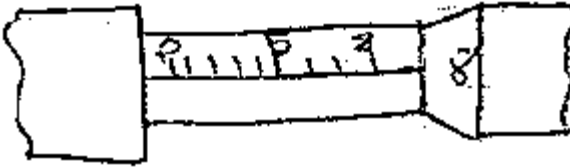
$$14 + 23 * 0,01 = 14,23$$

Soru: 8,58

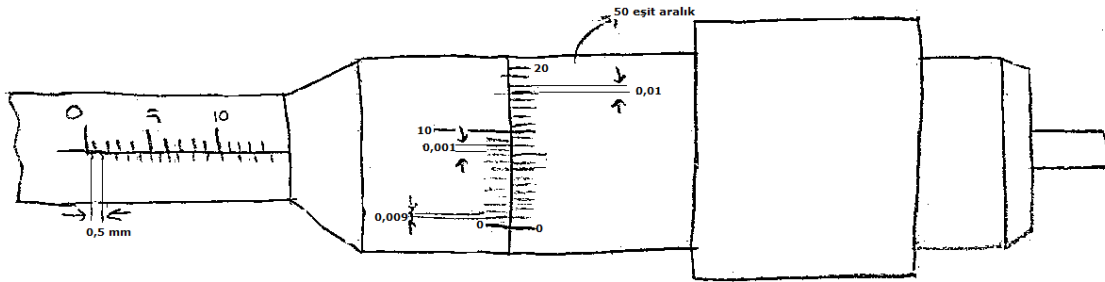
Şekil 11'e göre:



Şekil 12'e göre:



- 0,001 mm hassasiyetli mikrometreler

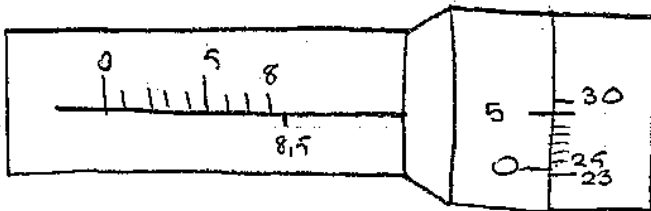


Şekil 13. 0,001 mm hassasiyetindeki mikrometrenin kısımları

$$9 \cdot 0,01 = 0,09 \quad 0,09 / 10 = 0,009 \text{ mm}$$

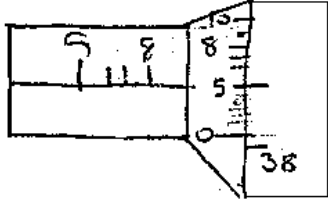
Soru: 8,735

$$8,735 = 8 \cdot 1 + 0,5 \cdot 1 + 23 \cdot 0,01 + 5 \cdot 0,0001$$



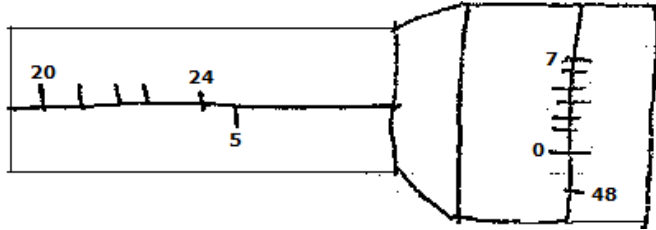
Soru: 8,888

$$8,888 = 8 \cdot 1 + 5 \cdot 0,1 + 38 \cdot 0,01 + 8 \cdot 0,001$$



Soru: 24,987

$$24,987 = 24 * 1 + 5 * 0,1 + 48 * 0,01 + 7 * 0,001$$



KULLANIM ALANLARINA GÖRE KUMPASLAR:

- Dış Çap Kumpasları
- Derinlik Kumpasları
- Özel Kumpaslar
- Modül Kumpasları

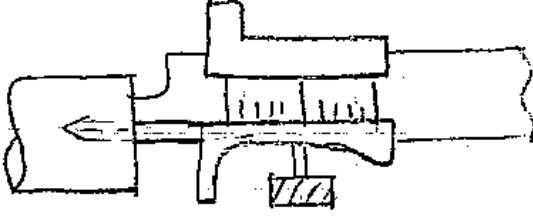
2-Derinlik Kumpasları:

- Düz Derinlik Kumpasları
- Çeneli Derinlik Kumpasları
- Kama Kanallı Derinlik Kumpasları
- Eğilebilen Derinlik Kumpasları
- Saatli Derinlik Kumpasları

Derinlik Kumpasları ile tüm delik, kanal, kama kanalı derinliği ve kademeli millerin derinliği ölçülür.

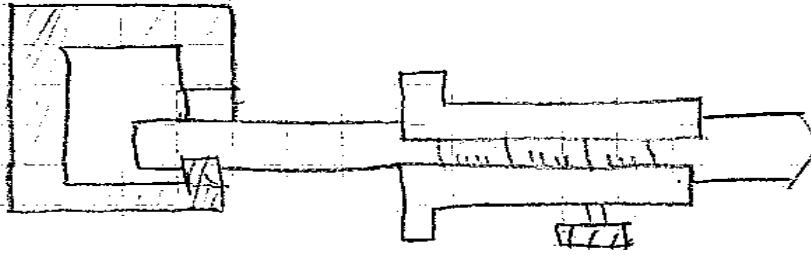
a)Düz Derinlik Kumpasları:

Ölçülecek kanal ve ya derinliğe cetvel derinlik dayaması temas ettirildikten sonra sürgü üzerinde bulunan tespit vidası sıkıştırılır ve ölçme yapılır.



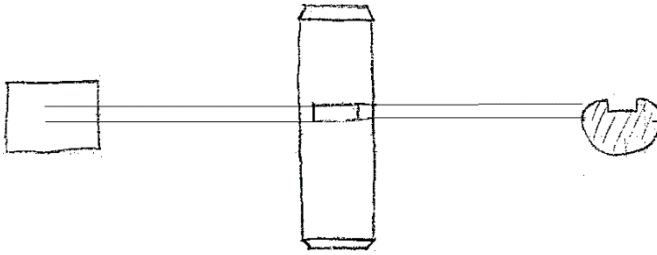
Şekil 14. Düz derinlik kumpasları

b)Çeneli Derinlik Kumpasları: Fatura kanallarının ölçümünde kullanılır.



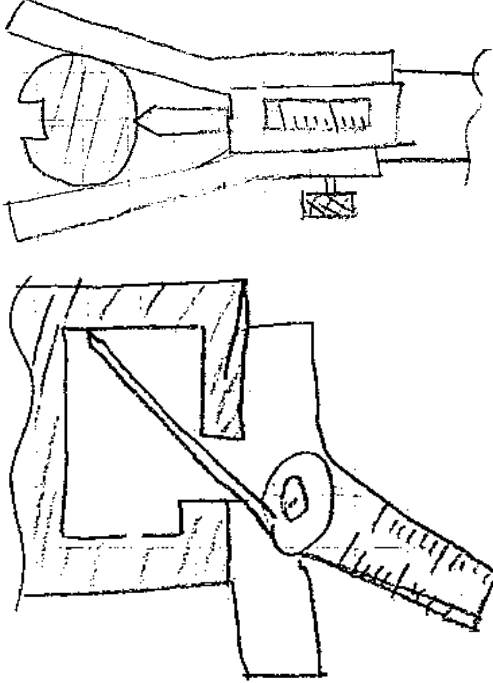
Şekil 15: Çeneli derinlik kumpasları

c)Kama Kanallı Derinlik Kumpasları:



Şekil 16. Kama kanallı derinlik kumpasları

d)Eğilebilen Derinlik Kumpasları: Açılı bir gövdeye sahiptir. Derinlikleri eğik formda da ölçmeyi sağlar. Bölüntü çizgileri cetvelin konumuna göre değişir.



Şekil 17. Eğilebilen derinlik kumpasları

e) Saatli Derinlik Kumpasları: Sürgü üzerindeki verniyer taksimatı yerine çeşitli hassasiyetlere göre bir saat yerleştirilmiştir.

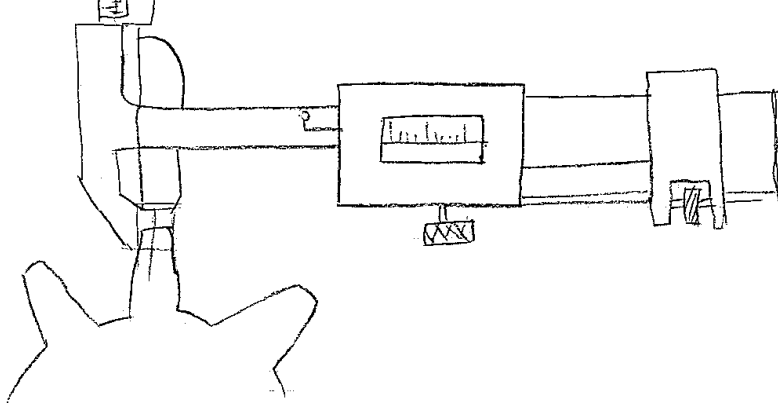
3-Özel Kumpaslar

Kumpas parçalarının özelliklerine göre ve ölçme durumlarına göre dizayn edilmiş kumpaslardır.

- Kanal ve fatura ölçümleri için
- Eksen kumpasları
- Sayısal ve saatli kumpaslar
- Çap kumpasları
- Hareketli çenesi ± 90 dönebilen kumpaslar
- Elektronik göstergeli kumpaslar



4-Modül Kumpaslar



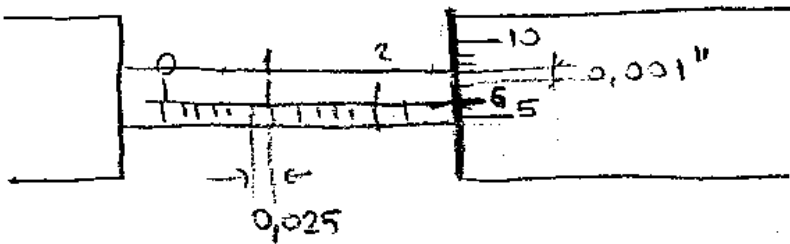
Şekil 18. Modül Kumpaslar

Dişli çarkların dış genişliğinin ölçümünde kullanılır. 90 dereceli gönye biçiminde iki ölçü cetvelinden oluşmuştur. Bu cetvellerin bir ucu sabit çeneyi diğeri de hareketli çeneyi oluşturur. Modül kumpası ile modülü belli olmayan dişlilerin modülünü bulmada ve ya modülü bilindiği halde diş genişlik değerlerinin kontrolünde kullanılır.

0,001" Hassasiyetli Mikrometreler

Vidalı mil adımının ondalık kesir değeri 1/40 inç'dir. 0 – 5 – 10 – 15 – 20 – 0 vidalı mil adımının 1/40 olduğunda bir tam devir halinde kova üzerindeki 0,025 inç hareketli çene ileri geri hareket eder. Tambur çevresinde 25 aralı olduğu için $0,025/25=0,001''$ hassasiyetindedir.

Soru:



$$2*0,1''+1*0,025''+6*0,001''=0,231''$$

Soru:

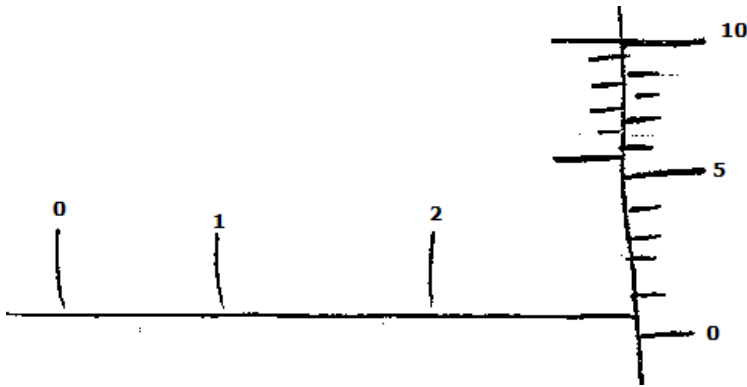


$$3*0,1"+0*0,025"+20*0,001"=0,32"$$

0,0001" Hassasiyetli Mikrometreler

Çok hassas ölçme işleminde kullanılır. Diğer parmak mikrometrelerden farkı kovan yatay eksenin doğrultusunda çizilmiş 0,0001" gösteren 10 eşit çizgi bölüntüsünün olmasıdır. Tambur etrafındaki 9 aralık 10 eşit parçaya bölünür.

Soru:



$$2*0,1+2*0,025+0*0,001+5*0,00001=0,2505"$$

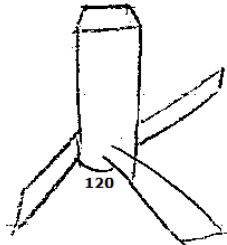

Kullanım alanlarına göre:

- a) Dış Çap Mikrometreleri: Dış çap ölçümü ve parça kalınlığı belirlemede kullanılır. Turmetrelli ve elektronik olabilir.
- b) İç Çap Mikrometreleri: Delik çapları, kanal genişlikleri ve ya paralel yüzeyler arasındaki uzaklıkları ölçer.

Kullanım yerlerine göre:

- Belli ölçme alanlı iç çap mikrometreleri: ölçme alanları 25-50 mm 50-75 mm
- Ölçme alanı uzatılabilen iç çap mikrometreleri: ölçülecek yere göre mikrometreye uzatma eklenir.
- Küçük çaplar için iç çap mikrometreleri: ölçme alanları küçük çaplar için 6-8 mm 8-10 mm 10-12 mm. Mikrometrenin ölçüm ucunda 120lik açılar altında 3 tane ayağı vardır.
- Ölçme alanı 45-50mm, 275-300mm
2" – 2,4" ; 11" – 12"

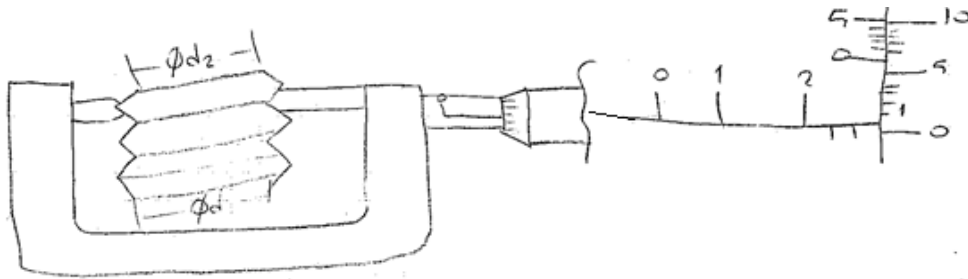
Hassasiyetleri: 0,01 ve 0,005 (metriklerde) 0,001 – 0.002 (inch)



- Çeneli iç çap mikrometreleri: özel amaçlar için kullanılır.
 - Elektronik göstergeli iç çap mikrometreleri: delik, kanal ve benzeri kısımları ölçmede kullanılır. Ölçme alanları 5-30 mm 25-50 mm, hassasiyetleri 0,001 mmdir. Bu mikrometrelerde ölçüm yapan kişinin hata payı yok denecek kadar azdır. Taşınabilir ve kolay ölçme olanağı sağlar.
 - İç ve Dış Çap Ölçen İç Çap Mikrometreleri: kumpasa benzeyen çeneleriyle ölçme olanağı sağlar.
- c) **Derinlik Mikrometreleri:** Diğer mikrometrelerden farkı sıfırdan başlaması yerine, 25-20-15....-0-25 şeklinde işaretlidir. Farklı tipleri:
- Sabit Ölçme Alanlı Derinlik Mikrometreleri



- Ölçme Alanı Büyütebilen Derinlik Mikrometreleri
 - Kama kanalı Ölçebilen Derinlik Mikrometreleri
 - Elektronik Göstergeli Derinlik Mikrometreleri
- d) Modül Mikrometresi:** Dişli çarkların modüllerinin belirlenmesinde kullanılır. İki şekli vardır:
- Disk Uçlu Modül Mikrometresi
 - Optik Mercekli Modül Mikrometresi
- e) Vida Mikrometresi:** Bunlarla hassas işlenmiş vidaların diş dibi ve diş üstü çapları ölçülür. Vida mikrometreleri iki ölçü sistemine göre hazırlanmıştır. Ölçme çeneleri, 55 – 60 derece koniktir. Sabit çene bir veya birkaç diş kavrayacak şekilde, hareketli çene ise diş boşluğuna oturacak şekilde dizayn edilmiştir.



Şekil 19. Vida mikrometresi

- f) Özel Mikrometreler:** Makine parçalarının özelliklerine göre hazırlanmış mikrometrelerdir. Ölçü okuma işlemi diğer mikrometrelerle aynıdır. Farklı tipleri vardır.
- İnce Metal Mikrometreler: İnce saç parçalarının rahatça ölçülebilmesi için gövde kısmı uzun yapılmıştır. (0-25 mm, 25-50 mm metrikte; 1 – 2 inch parmakta)
 - Saatli Seri Ölçüm Mikrometresi: Ölçme alanı 0-25 mm, 0-1 inch
 - Komparatör Saatli İç Çap Mikrometresi: Sabit çeneye bağlı bir komparatör saati vardır. Sabit çenenin uç kısmı hareketlidir. Ölçme alanları 0-25 mm 175- 200 mm arasındadır.



- **Sınır Mikrometresi:** Bu mikrometreler iki dış çap mikrometresinin birleşmesinden oluşmuştur. Ölçme alanları 0-25 mm 75- 100 mm arasındadır.
- **Kadran Göstergeli ve İbrelili Mikrometre:** İnce saç parçalarının ölçümünde kullanılan değişik bir mikrometredir. Kadran çevresi 100 eşit parçaya bölünmüştür. Ölçme alanları 0-25 mm, parmaklarda 0-1 inch arasındadır.
- **Sabit Çenesi Değiştirilebilen Mikrometreler:** Sabit uçların değiştirilebilmesi ile değişik biçim ve şekildeki parçaların ölçülmesinde kullanılır. Ölçme alanları, 0-25 mm ve 25-50 mm arasındadır.
- **İnce Kenar Mikrometresi:** Parça kenar kalınlıkları ve kaplama kalınlıklarının ölçümünde kullanılır. Ölçme aralığı 0-13 mm hassasiyeti 0,01dir.
- **Tüp Mikrometresi:** Boru ve tüp şeklindeki parçaların et kalınlıklarının ölçülmesinde kullanılır. Ölçme alanları 0-15 mm 75-100mmdir.
- **Kumpas Tipli İç Çap Mikrometresi:** Çeneleri kumpaslara benzeyen mikrometrenin sabit çenesi döndürülmek suretiyle değişik şekildeki parçaların çapları ölçülür. İç ve dış olmak üzere iki tipi vardır.
- **Fatura Mikrometresi:** İş parçalarının iç parçalarında bulunan fatura, kanal, kadame veya oluk gibi benzeri kısımların ölçü ve kontrolü yapılıır. Ölçme alanları 0-25 mm 75-100 mm arasındadır.
- **Tüm Ölçmeler için Kullanılan Mikrometreler:** İki ölçme çenesi değiştirilebildiğinden her türlü ölçme işlemi yapılıır. Hassasiyetler 0,01mmdir.
- **İnce Yassı Uçlu Mikrometreler:** Mikrometrenin ölçme çeneleri inceltildiğinden oluk, kanal gibi uzunlukların ölçümünde kullanılır.
- **Nokta Uçlu Mikrometreler:** Sabit ve hareketli çeneler 15, 30, 45 gibi açılarla dönecek şekilde yapılmıştır. Hassasiyetleri metriklerde 0,001 mm, parmaklarda 0,0001 inçdir.
- **V Ölçme Alanlı Mikrometreler:** Sabit ölçme ağızları V şeklindedir. Bu nedenle, kanallı ve oluklu parçaların ölçümünde kullanılırlar.
- **Elastik Malzeme Mikrometresi:** Elastik malzemelerin ölçmeleri ve kontrolü yapılıır. Bu elastik malzemelerin (kauçuk ve benzeri) özelliklerinden dolayı malzeme üzerine uygulanacak ölçme baskısı 100 gramı geçmemelidir. Bu mikrometrelerde ölçme baskısını kontrolünü sağlayan sabit çeneye bağlı bir gösterge vardır. Ölçme alanı 0-25 mm'dir.

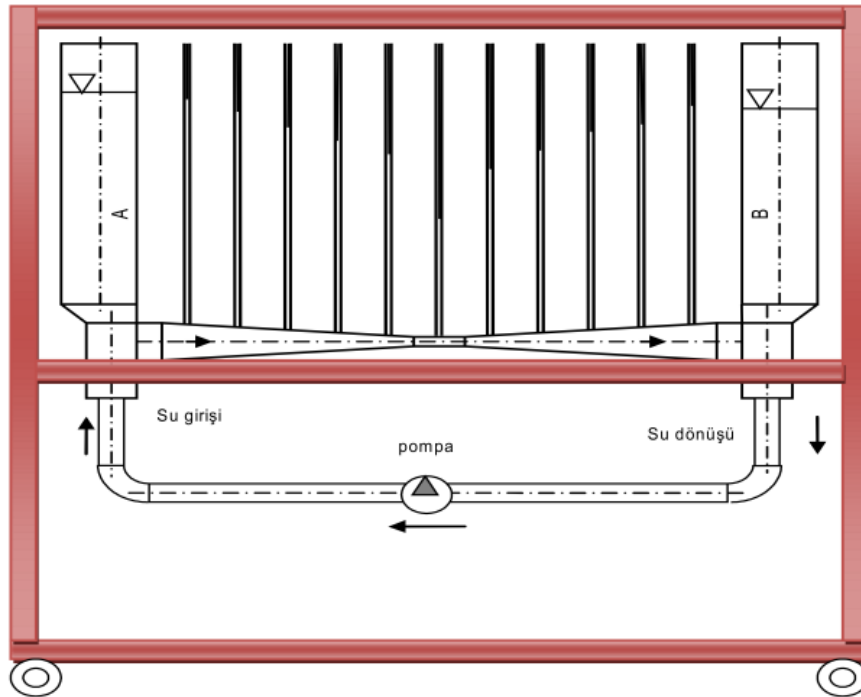


- Görmeyenler için Mikrometre: Kabartma ayar çizgileri ile birbirine bağlı iki döner silindir üzerine işlenmiş kabartma sayıları vardır.
- Elektronik Göstergeli Mikrometreler: Okuma kolaylığı ve hassas ölçme işlemi yapan mikrometrelerdir.



DENEY 2: BERNOULLİ DENEYİ

1) BERNOULLİ DENEYİ ŞEMASI



2) Giriş

Bernoulli denklemi basınç, hız ve yükseklik arasındaki ilişkiyi temsil eden yaklaşık bir bağıntıdır ve sürtünme kuvvetlerinin ihmal edilebilir olduğu daimi, sıkıştırılamaz akış bölgelerinde geçerlidir. Bernoulli denklemi basitliğine rağmen akışkanlar mekaniğini uygulamaları arasında oldukça geniş yer tutar.

Bernoulli denklemi, ilk olarak İsviçreli matematikçi Daniel Bernoulli tarafından ifade edilmiş olmasına karşın matematiksel olarak bu denklemi ifade eden ilk kişi Leonhard Euler olmuştur.

Bernoulli denklemi, esas itibari ile mekanik enerjinin (kinetik, potansiyel ve akış enerjileri) korunumu olarak ele alınabilir ve sıkıştırılabilirlik ve sürtünme etkilerinin ihmal edildiğinde, bir akışkan parçacığının bir akım çizgisi boyunca daimi akışı sırasında, kinetik, potansiyel ve akış enerjilerinin toplamının sabit kaldığını ifade eder. Bu ifade, mekanik enerjinin ısı enerjisine ya da ısı enerjinin mekanik enerjisine dönüşümünü içermeyen sistemler için genel enerji korunumu ilkesinin eşdeğeridir. Bu nedenle, bu tür sistemler için Bernoulli denklemi aynı zamanda Enerji Korunumu olarak da ifade edilir.



Bernoulli denklemi, çok yönlülüğü, basitliği ve kullanım kolaylığı sebebiyle akışkanlar mekaniğinde en sık kullanılan denklemlerin başında gelmekle birlikte çoğu zaman da yanlış kullanılmaktadır. Bu yüzden, uygulamada Bernoulli denkleminin aşağıda belirtilen sınırlar dahilinde dikkate alınmalıdır.

Bernoulli Denkleminin Kullanımındaki Sınırlamalar 1. Daimi akış 2. Sürtünmesiz akış 3. Mil işinin olmaması 4. Sıkıştırılamaz akış 5. Isı geçişinin olmaması 6. Bir akım çizgisi boyunca akış

3) Deneyin Amacı

Yapılacak olan Bernoulli Deneyinin temel amacı, akışkanlar mekaniğinin en önemli denklemlerinden olan, Bernoulli (enerjinin korunumu) ve Süreklilik (kütlenin korunumu kanunu) denklemlerinin uygulamalarını laboratuvar ortamında gerçekleştirmenin yanında, uygulamada debi (hız) ölçümünde kullanılan Ventürimetre kullanımını ve önemini tanıtmaktır. Böylece statik basınç, dinamik basınç, toplam basınç, enerji dönüşümü ve enerji kayıpları gibi kavramların pratik olarak yapılacak ölçümlerle anlaşılması mümkün olacaktır.

4) BERNOULLİ DENEYİ TEORİSİ

4.1) İDEAL AKIŞKAN

Bir “ideal” akışkan viskozitesi olmayan sıkıştırılamaz bir akışkan olarak tanımlanabilir. Gerçekte elbette böyle bir sıvı mevcut değildir, fakat su veya petrol gibi sıvılar, gazlar küçük basınç değişimlerinde, ideal sıvı davranışına yaklaşırlar.

İdeal sıvı kavramı önemlidir. Çünkü akışkan akışının analizinin basitleştirilmesi onun sayesinde yapılabilir. Bu sayede önemli eşitlik olan Bernoulli* denklemi çıkarılmış olup bu eşitlik küçük değişikliklerle gerçek sıvıların davranışlarına da uygulanabilir.

Bir ideal akışkanın kabulündeki önemli değişiklikler şunlardır:

1. Akışkanlar sıkıştırılamaz olduklarından yoğunluk değişmesi oluşmaz ve akışkanın sıkıştırmasından veya genleşmesinden dolayı bir iş oluşmaz.
2. Akışkanın viskozitesi olmadığından sürtünme yoktur ve hız profili doğrusal kalmaktadır, örnek olarak akışkan akım çizgileri herhangi bir noktada aynıdır.
3. 1.ve 2.'nin sonucu olarak akışkanın iç enerjisi değişmez, örnek olarak akışkan sıcaklığı sabit kalır.

4.2) BERNOULLİ EŞİTLİĞİ

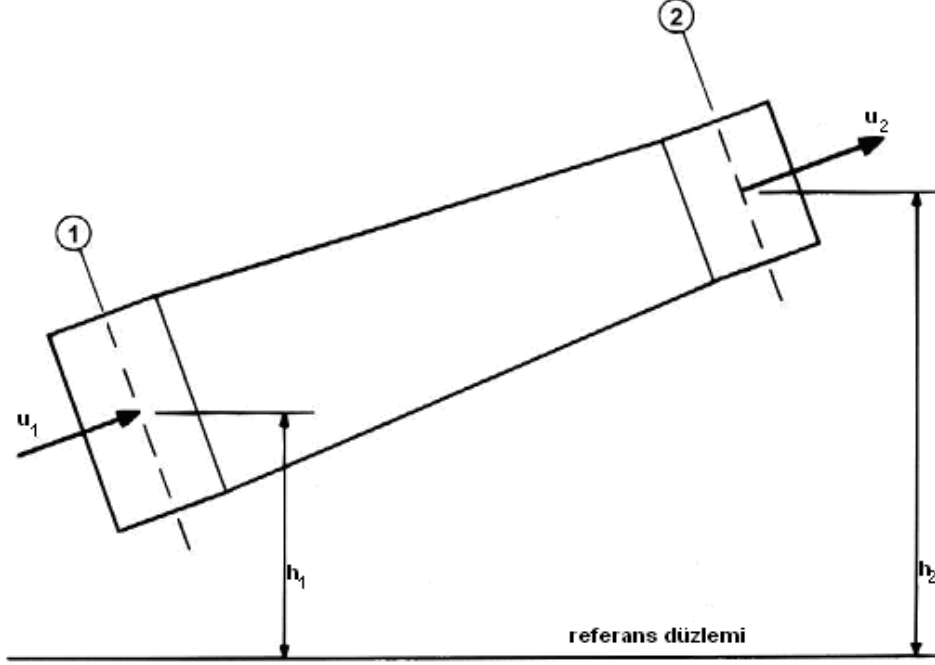
Şekil-1'deki gibi içinden ideal akışkan akan eğik ve çapı kademeli olmak küçülen bir boru kısmını farz edin.

Giriş ve çıkış referans noktaları 1. ve 2. arasında enerjinin korunumu prensibini m kg akışkan için uygulayınız. Akışkan ideal olduğundan bu noktalar arasında pompalama ve ısıtma yoktur, iç enerji de değişmemektedir. Böylelikle sadece iç enerjinin değiştiğini dikkate almak gerekir;

potansiyel enerji, kinetik enerji ve akış işi

1. Potansiyel enerji; referans noktasından h metre yüksekliğinde akışkanın potansiyel enerji
 $PE = m.g.h$

2. Kinetik enerji; u hızı ile hareket eden m kg kütledeki akışkanın kinetik enerjisi
 $KE = \frac{1}{2} m.u^2$



Şekil-1 Eğik, daralan bir boru boyunca akış

3. Akış işi; 1 ile 2 arasında pompalama işi olmadığından 1'den 2'ye sıvının akışını sağlayan bazı nedenler olmalı, aksi takdirde akışkan ters yönde geri akacaktır. Bunun sebebi 1 ile 2 arasında basınç farkı olmasındandır. Bu akış için gerekli arayış “akış işi” olarak adlandırılır.

Kuvvet; $F = p.A$

İş; $W = \text{kuvvet} \times \text{yol}$

$W = p.A.l$

Fakat $A.l = V(\text{hacim})$

$W = p.V$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{m}{\rho} \Rightarrow W = \frac{pm}{\rho}$$

Fakat yoğunluk;

Şimdi 1 ile 2 arasında enerjinin korunumu prensibini uygulayarak olursak;

$$PE_1 + KE_1 + W_1 = PE_2 + KE_2 + W_2$$

$$PE_1 + KE_1 + W_1 = PE_2 + KE_2 + W_2$$

$$mgh_1 + \frac{1}{2}mu_1^2 + \frac{p_1m}{\rho} = mgh_2 + \frac{1}{2}mu_2^2 + \frac{p_2m}{\rho}$$

m ile bölerek yeniden düzenlersek;



$$\frac{p_1}{\rho} + \frac{1}{2} u_1^2 + g h_1 = \frac{p_2}{\rho} + \frac{1}{2} u_2^2 + g h_2$$

Bu eşitlik geleneksel olarak gerçek ivmesi 'ye bölünerek Bernoulli eşitliği çıkarılır;

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g} + h_1 = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{u_2^2}{2g} + h_2$$

4.3) BASMA YÜKSEKLİĞİ

Örnek-1'deki Bernoulli denkleminde her terim yükseklik veya metre birimine sahiptir. "Basma" terimi geniş bir kullanıma sahip olduğundan her bir terim şu isimlerle adlandırılır:

Basınç Yüksekliği:

$$h_p = \frac{p}{\rho g}$$

Not: p Pa birimine sahiptir ve mutlak veya gösterge basıncı olabilir(basınç yüksekliği eşitliğin her iki tarafında bulunduğu aynı atmosferik basıncın eklenmesi onları farksız yapar). Buna rağmen, p geleneksel olarak daima gösterge basıncıdır. Böylelikle p₁ veya p₂'den

herhangi biri atmosferik basınç olduğundan basınç yüksekliği sıfır olur.

Hız Yüksekliği:

$$h_v = \frac{u^2}{2g}$$

burada u hızı m/s birimindedir.

Potansiyel Yükseklik = h

Toplam Basma Yüksekliği H = Basınç yüksekliği, hız yüksekliği ve potansiyel yükseklik terimlerinin toplamına eşittir.

Bernoulli eşitliği böylelikle şu kelimelerle ifade edilebilir; İdeal bir akışkan akışında, toplam basma yüksekliği herhangi bir kesitte sabittir. Bu önemli akışkan basma yüksekliğindeki her

bir terim Bernoulli eşitliğinde eşdeğer bir akışkan yüksekliğini temsil eder.

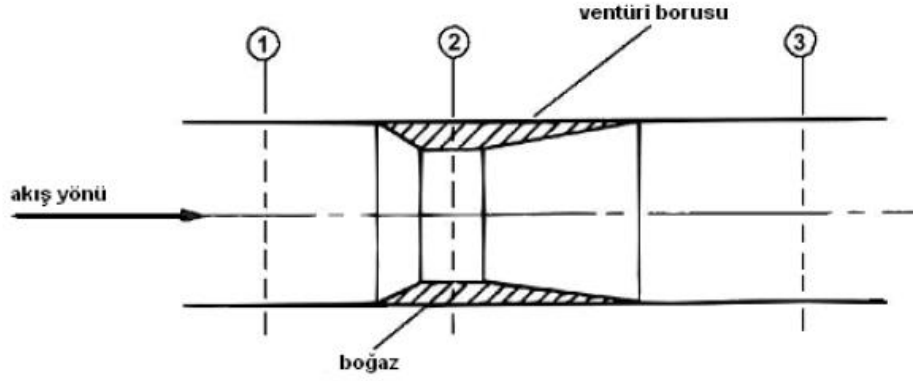
Süreklilik eşitliği de Bernoulli eşitliği ile aynı anda uygulanabilir ve bunların kombinasyonu akışkanlar mekaniğindeki sayısız problemlerin çözümüne imkan verir.

4.4) VENTURİ BORUSU

Bir venturi borusu Şekil-2'deki akış hattına yerleştirilen bir akış kısıtlayıcıdır.

Venturinin giriş kısmı keskin daralmakta ve fakat çıkış kısmı girdap hareketini önlemek için yavaş yavaş genişlemektedir.

2'deki boğaz hızı 1'den daha fazladır. Böylelikle Bernoulli eşitliği gereği 2'deki basınçtan daha azdır. Potansiyel yükseklik benzerdir (yatay), böylece boğazda hız basıncındaki artış, basınç yüksekliğinde azalma olmaktadır.



Şekil-2 Bir borudaki venturi tüpü

Şayet 3 noktası venturi girişindeki 1 noktası ile aynı çapta ise ideal sıvılarda kayıp olmadığından 3 ile 1 benzerdir.

1 ile 2 arasındaki basınç değişimi gösterge veya daha çok diferansiyel manometre ile ölçülür. Basıncıdaki bu değişim boğazdaki akışkanın hızının ve böylece akış debisinin ölçülmesinde kullanılır (boğaz alanı bilindiğinden). Bu cihaz venturimetre olarak bilinir.

Dinamik basıncın ve akış hızlarının belirlenmesi;

Toplam basınç statik basınç ve dinamik basıncın toplamı olduğundan,

$$H_{din} = h_{top} - h_{st}$$

İfadesiyle ilgili kesit için dinamik basınç bulunabilir. Daha sonra dinamik basıncın akış hızına bağlı ifadesi;

$$V^2 = 2gh_{din}$$

Bağıntısıyla kesitteki ölçülen akış hızı bulunmuş olur.

Örnek

Yatay bir venturi borusu 75mm çaplı banyo takılmış olup boğaz çapı 50mm'dir. Şayet borudan

45 kPa basınç ve 4m/s hızda su akıyorsa, boğazdaki ideal basınç ve hızı hesaplayınız.


Çözüm:

$$\varnothing_1 = 75\text{mm}, \varnothing_2 = 50\text{mm}$$

$$u_1 = 4\text{m/s} ; u_2 = 4 \times (75/50)^2 = 9\text{m/s}$$

$$h_1 = h_2 \text{ (yatay boru)}$$

$$p_1 = 45\text{kPa} = 45 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

$$\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3 \text{ (su)}$$

Bernoulli eşitliği;

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g} + h_1 = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{u_2^2}{2g} + h_2$$

$h_1 = h_2$ olduğundan ve her iki taraf g ile çarpılırsa;

$$\frac{p_1}{\rho} + \frac{u_1^2}{2} = \frac{p_2}{\rho} + \frac{u_2^2}{2}$$

$$\frac{45 \cdot 10^3}{10^3} + \frac{4^2}{2} = \frac{p_2}{10^3} + \frac{9^2}{2}$$

$$45 + 8 = \frac{p_2}{10^3} + 40,5$$

$$p_2 = 12,5 \cdot 10^3 = 12,5 \text{ kPa}$$

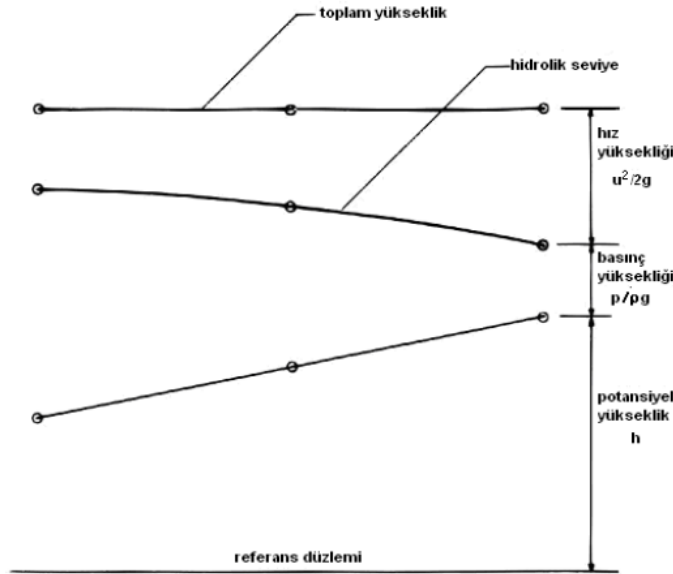
4.5) BERNOULLİ EŞİTLİĞİNİN GRAFİKSEL GÖSTERİMİ

Bernoulli eşitliğinin grafiksel biçimde basma yüksekliklerini ölçekli gösterilmesi sıklıkla kullanışlı olmaktadır.



	1	2
Potansiyel yükseklik = h (m)	3	5
Basınç yüksekliği $h_r = \frac{p}{\rho g}$ (m)	4,59	1,52
Hız basıncı $h_v = \frac{u^2}{2g}$ (m)	1,6	2,67
Toplam basınç $H = h_p + h_v + h$ (m)	9,19	9,19

1 ve 2 arasındaki ($\varnothing = 470$ mm) ara noktalar hesaplanır ve sonuçlar Şekil-4'deki gibi çizilir.



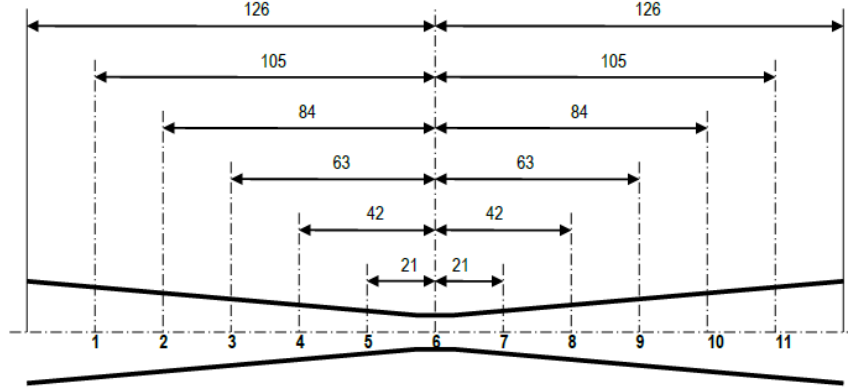
Şekil-4 Bernoulli eşitliğinin grafiksel temsili

Bu grafik her bir basma yüksekliğinin şiddetinin bağlı olarak nasıl değiştiğini açıkça göstermektedir ve bu durumda potansiyel yükseklik artmakta, basınç yüksekliği azalmakta ve hız basıncı artmaktadır. Bu basma yüksekliklerinin toplamı sabit kaldığından ideal akışkan akışında kayıp yoktur.

Basınç yüksekliği ve potansiyel yüksekliğin toplamı sıvı hızına bağlı olmadığından statik basınç olarak adlandırılır. Bağlantı noktalarındaki statik yükseklik "hidrolik gradyen" olarak bilinir. Bu boru bağlantılarını kapsayan durumlar için önemli bir özelliktir. Çünkü branş boruları buluştuğunda her bir borunun hidrolik gradyeni üst üste çakışmalıdır. Bu nedenle

boruların kesişme noktalarında potansiyel yükseklik benzerdir (benzer yükseklik) ve basınç yüksekliği dahi eşit olması gerektiğinden bir akışkanda aynı noktada iki farklı basınç olamaz. Böylelikle hidrolik gradyen basınç ve potansiyel yüksekliklerin toplamını bu noktada kesişir.

4.6) DARALAN VE GENİŞLEYEN KESİT ŞEMASI



No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Çap [mm]	26	24,66	22,49	20,33	18,16	16	18,16	20,33	22,49	24,66	26
Kesi t [mm ²]	530,6 6	477,3 7	397,0 5	324,4 4	258,8 8	200,9 6	258,8 8	324,4 4	397,0 5	477,7 7	530,6 6

A) DENEY NO: 02

B) DENEYİN ADI: İdeal sıvılarda farklı akış debilerinde hız ve basınç yüksekliği değişiminin ölçülmesi

C) DENEYİN AMACI: Farklı su akış debilerinde hız ve basınç yüksekliğinin deneysel olarak ölçülmesi.

D) DENEYDE KULLANILACAK ALET VE CİHAZLAR:

Rotametre tipi debimetre

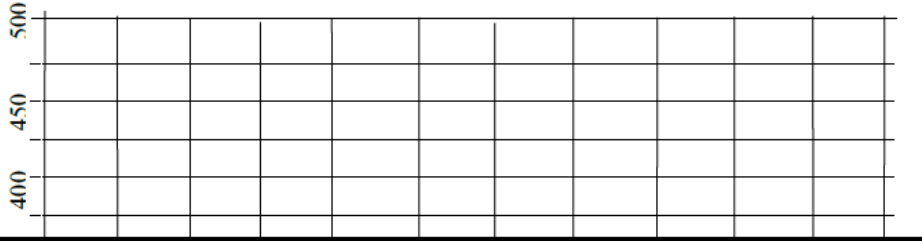
E) DENEYİN YAPILIŞI:

1. Sisteme suyu Kolon 1'den entegre edin ve seviyenin 38 cmSS geçmemesine dikkat edin.
2. Ana şalteri açın.(Sigorta, Kaçak akım rölesi ve acil stop butonunu kontrol ediniz.)
3. Pompayı çalıştırın.
4. Yükleme vanasını tam açık konuma getirin. Su akış debisini 300 L/h değerine ayarlayın.
5. Kolonlardaki su seviyelerini tabloya kaydedin.
6. Akış debisini 200 L/h'e düşürerek kolonlardaki su seviyelerini tabloya kaydedin.



7. Akış debisini 100 L/h'e düşürüp kolonlardaki su seviyelerini tekrar tabloya kaydedin.
8. Ölçüm değerleri ile hesaplanan değerleri karşılaştırın.

Kesit no	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kesit yüksekliği [mm] (hidrolik seviye)											
A kolonu yüksekliği (toplam yükseklik) [mm]											
Hız yüksekliği $\frac{u^2}{2g}$ [mmSS]											



F) RAPORDA İSTENENLER: Deney no, deneyin adı, amacı ve şematik resmi, tablo değerleri, hız yüksekliği eğrileri, hesaplanan sonuçların tablosu, sonuçların ve eğrilerin yorumlanması

ÖRNEK HESAPLAMALAR:

Hız yüksekliği: Kolon yüksekliği – Kesit yüksekliği

Hız yüksekliği = 550 – 540 = 10 mmSS

Basınç yüksekliği: 450 mmSS



Kesit no	1
Kesit yüksekliği [mm] (hidrolik seviye)	450
A kolonu yüksekliği (toplam yükseklik) [mm]	550
Hız yüksekliği $\frac{u^2}{2g}$ [mmSS]	10

Teorik olarak kesitteki hız: $h = \frac{u^2}{2g} \Rightarrow u = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 9,81 \times 10 \times 10^{-3}} =$

Kesitteki hızın debiye bağlı olarak kontrol edilmesi $u = \frac{\dot{V}}{A} = \frac{250/3600}{1385 \times 10^{-6}} =$



DENEY 3: MİKROSERTLİK ÖLÇME DENEYİ

Sertlik izafi bir ölçü olup malzemelerin çizilmeye, kesilmeye, aşınmaya ve delinmeye karşı gösterdiği dirence denir. Laboratuvarlarda özel cihazlarla yapılan sertlik ölçmelerindeki değer, malzemenin plastik deformasyona karşı göstermiş olduğu dirençtir.

1. Sertlik Ölçme Yöntemleri:

Sertlik ölçme genellikle, konik veya küresel standart bir ucun malzemeye batırılmasına karşı malzemenin gösterdiği direnci ölçmekten ibarettir. Uygun olarak seçilen sert uç, uygulanan yük altında malzemeye batırıldığında malzeme üzerinde bir iz bırakacaktır. Malzemenin sertliği, bu izin büyüklüğüyle ters orantılıdır.

Sertlik deneyleri: Malzemenin kökeni hakkında bilgi verir. Malzemenin diğer özellikleri hakkında fikir verir. Örneğin, sertlik malzemenin işlenebilme özelliğini gösterebilir. Genellikle sertlik ile işlenebilme özelliği arasında ters bağıntı vardır. Diğer bir deyişle, sert malzemeleri işlemek zordur. Sertlik deneyleri basit ve tahribatsız deneyler olduğundan, malzemenin diğer özellikleri hakkında, malzemeyi elden çıkarmadan bir fikir edinilebilir. Daha sonra örnek üzerinde diğer deneyler yapılabilir.

A. Statik Yük Kullanılarak Yapılan Sertlik Deneyleri (Cihazlar portatif değildir, sertlik laboratuvarlarında ölçüm yapılır.)

- Rockwell
- Brinell
- Vickers
- Knoop

B. Dinamik Yük Kullanılarak Yapılan Sertlik Deneyleri (Cihazlar portatiftir, istenilen yerde sertlik ölçümü yapılabilir.)

- Shore
- Poldi Çekiç

1.1. Rockwell Sertlik Deneyi



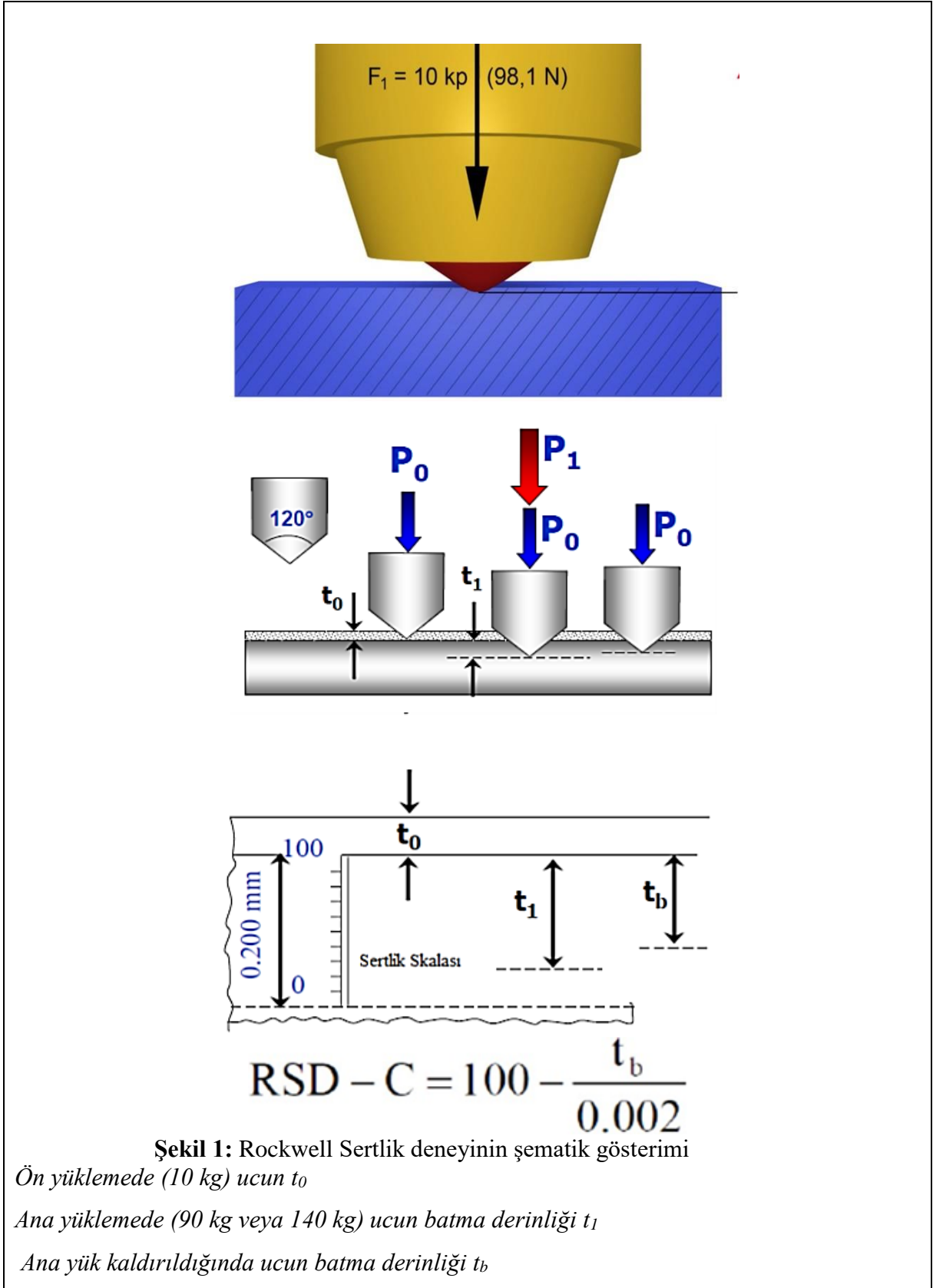
Bu yöntemde standart bir batıcı uç genelde 10 kg gibi küçük bir yük malzeme yüzeyine bastırılır. Oluşan izin dip noktası başlangıç noktası olarak alınır. Daha sonra yük yüksek bir değere çıkartılıp tekrar önceki değerine indirilir. Uzun batma derinliğinde meydana gelen artışa göre Rockwell sertlik değeri belirlenir. Bu yöntemde ön yük ve esas yük olmak üzere iki ayrı yük uygulanır. Burada ön yükü uygulamadaki amaç parça yüzeyindeki düzensizliklerin ve dalma bölgesinde meydana gelecek uygunsuz deformasyonun ölçüm sonuçlarına olan etkisini ortadan kaldırmaktadır. Uygulanan yük sabit olup 10 kgf'dir. Bu yöntemde elmas koni ya da çelik bilye olmak üzere iki çeşit batıcı uç kullanılır. Bilye tipindeki batıcı uçların çapları yaklaşık 1.6mm, 3.2mm, 6.35mm ve 12.7mm olup elmas koninin tepe açısı 120° ve tepe noktası yarıçapı 0,2 mm olan bir küreden oluşmaktadır.

Rockwell sertlik değeri standart skalalardan birine göre ölçülür ve batma derinliğine karşı gelen birimsiz bir sayı ile gösterilir. Bir malzemenin Rockwell cinsinden ölçülen sertlik değeri 100 rakamını aşarsa batıcı uç olarak bilye kullanılmamalıdır. Benzer şekilde ölçülen sertlik değeri 20 rakamının altında ise batıcı uç olarak koni biçimindeki elmas uç tercih edilmemelidir. Rockwell sertlik skalalarından en fazla kullanılanları B ve C skalaları olup B skalası dökme demiri, sertleştirilmiş çelik, pirinç, bronz ve alüminyum alaşımlarının sertliklerinin ölçümünde, C skalası ise sertleştirilmiş çelik ve karbürlerin sertliklerinin ölçümünde kullanılırlar.

Rockwell sertlik ölçme yönteminin sağlıklı yapılabilmesi için şunlara dikkat edilmelidir:

- Yük parça yüzeyine dik uygulanmalıdır.
- Numune sağlam olarak temiz yüzeyli basma tepesine yerleştirilmelidir.
- Numunenin minimum kalınlığı kalıcı dalma derinliğinin 10 katı olmalıdır.
- Ölçüm bölgesinin numune kenarından uzaklığı iz çapının 2,5 katı olmalı ve izler arası mesafe 3 iz genişliğinde olmalıdır.

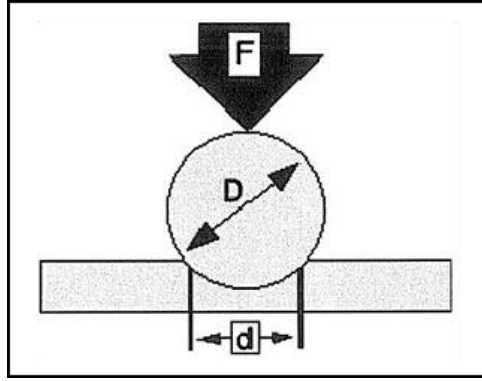
Rockwell sertlik deney prensibi şekil 1' de verilmiştir. Rockwell sertlik deneyi yapılırken numune üzerine önce 10 kg'lık bir ön yük (F_0) uygulanır. F_0 ön yükünün uygulanmasıyla t_0 derinliğine erişilir. Bu konum sertlik skalası için referans düzlemi olarak alınır. Ön yükün uygulanmasından sonra farklı sertlik skalaları için verilen yük miktarlarına varıncaya kadar bir ana yük (F_{ana}), yaklaşık 10 saniye süreyle numune üzerine uygulanır. Ana yük değerleri Rockwell B deneyi için 90 kg, Rockwell C deneyi için ise 140 kg'dır.



Rockwell sertliği (100 – t_b)

1.2. Brinell Sertlik Deneyi

Brinell sertlik deneyi malzeme yüzeyine belirli bir yükün (F') belirli bir çaptaki (D) sert malzemeden yapılmış bir bilya yardımıyla belirli bir süre uygulanması sonucu yüzeyde kalıcı bir iz (d) meydana getirme esasına dayanır. Daha sonra bu kuvvetin oluşan izin küresel yüzey alanına bölünmesiyle Brinell sertlik değeri elde edilir (Şekil 2).



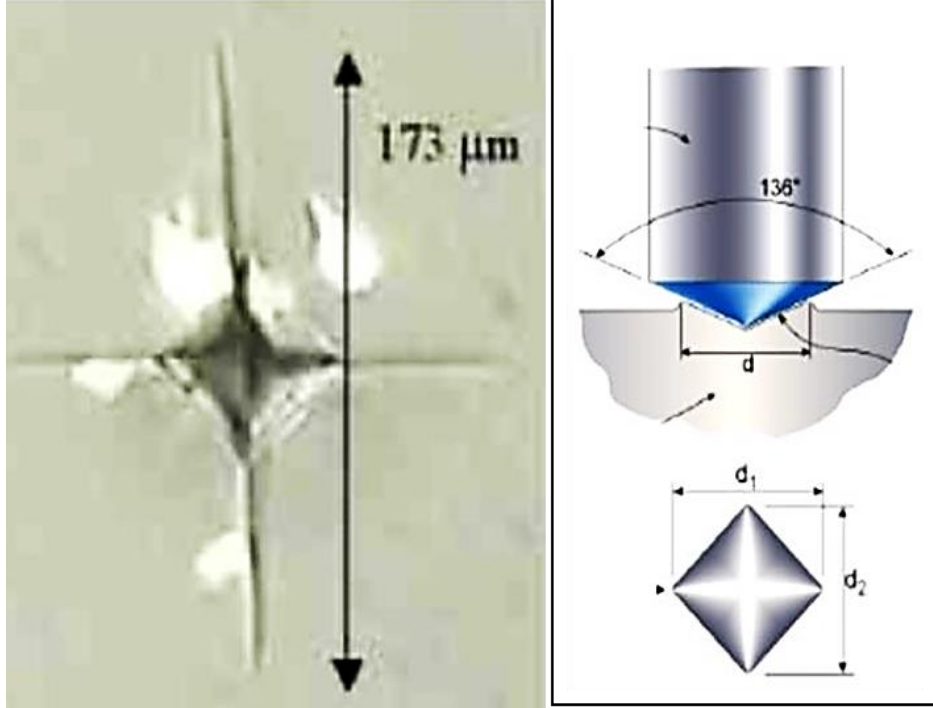
Şekil 2: Brinell Sertlik deneyinin şematik gösterimi

Brinell sertlik değeri;

$$BSD = \frac{F}{y} = \frac{2F}{\pi \cdot D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

1.3. Vickers Sertlik Deneyi

Bu deney yönteminde baskı elemanı olarak tepe açısı 136° olan elmas kare piramit kullanılır (Şekil 3). F yükü ile malzemeye bastırılan piramit ucun bıraktığı dörtgen izin köşegenleri ölçülerek hesaplanan ortalama köşegen uzunluğu formülde yerine konarak sertlik değerleri bulunur. Vickers sertliği yüke bağlı değildir. Ölçme hatalarını azaltmak ve heterojen yapılarda ortalama değer elde edebilmek için yükü ve dolayısıyla izi büyütmek faydalıdır. Ancak köşegen uzunluğu sertliği ölçülen parça veya tabaka kalınlığının en çok üçte ikisi kadar olmalıdır. Yük 1-120 kgf arasında değişebilir. Normal yük olarak 30 kgf seçilebilir. Vickers yönteminde büyük piramit açısından dolayı az derinliklere rağmen geniş diyagoneller elde edilir. Yüklü numune üzerinde kalma süresi yaklaşık 20 saniyedir. Bu süre sonunda baskı ucu numune üzerinden kaldırılır ve deney bitirilir.

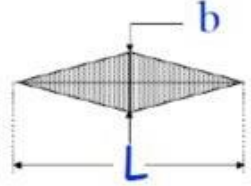
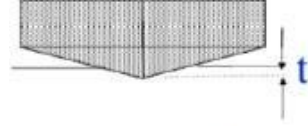


$$VSD = 1,8544 \cdot \frac{F}{d^2}$$

Şekil 3: Vickers sertlik deneyinin şematik gösterim

1.4. Knoop Sertlik Deneyi

Bir malzemenin göreceli mikrosertliği Knoop batma deneyi ile belirlenebilmektedir. Bu deneyde tepe açısı 130° ve 173° olan piramit şekilli elmas bir uç malzeme üzerine bastırılır. Bir boyutu diğerinin yaklaşık olarak 7 katı olan bir iz oluşur (Şekil 4). Malzemenin sertliği izin derinliği ölçülerek bulunur. Vickers sertlik ölçme deneyine göre daha düşük kuvvetler uygulanır. Knoop deneyi, cam ve seramik gibi gevrek malzemelerin sertliğinin test edilmesini sağlar. Malzeme üzerine uygulanan yük genellikle 1 kgf'den daha azdır. Batıcı uç yaklaşık olarak 0,01 ile 0,1 mm arasında dört yanlı bir iz bırakır.



$$L/b = 7.11$$

$$b/t = 4.00$$

$$KSD = \frac{14.2P}{L^2}$$

Şekil 4: Knoop Sertlik deneyinin şematik gösterimi



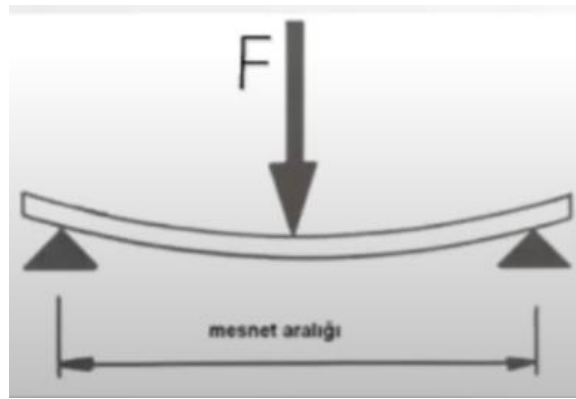
Şekil 5: Shore Sertlik Ölçüm Cihazları



DENEY 4: EĞİLME DENEYİ



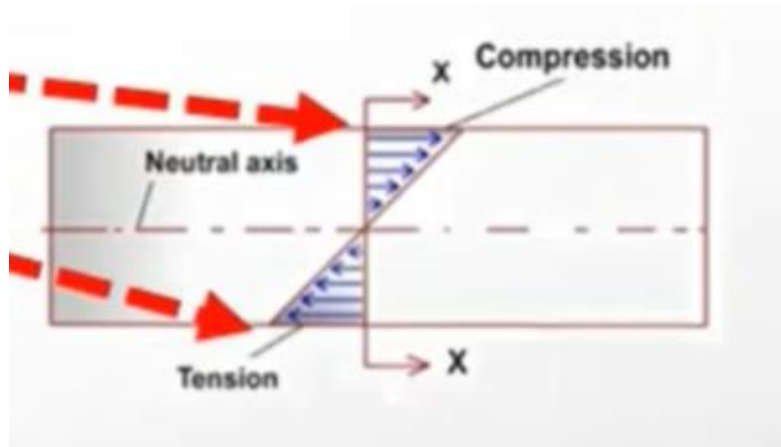
Deneyin Amacı: Eğme deneyi, malzemenin mukavemeti hakkında dizayn bilgilerini belirlemek ve malzemenin eğilmeye karşı mekanik özelliklerinin tespit etmek amacı ile yapılır.



Basit bir kiriş F yüküne maruz bırakıldığında;

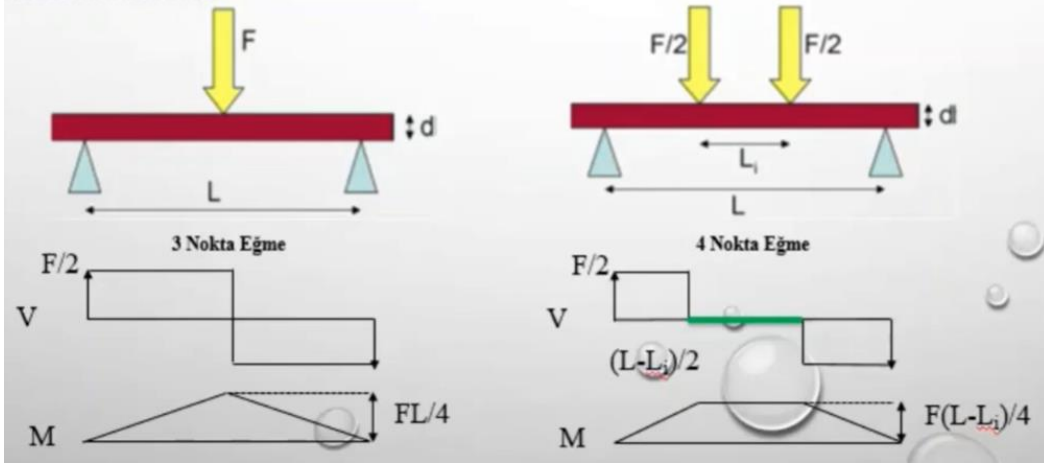
- Kirişin üst kısmında basma
- Kirişin alt kısmında ise çekme

Gerilmeleri oluşmaktadır.



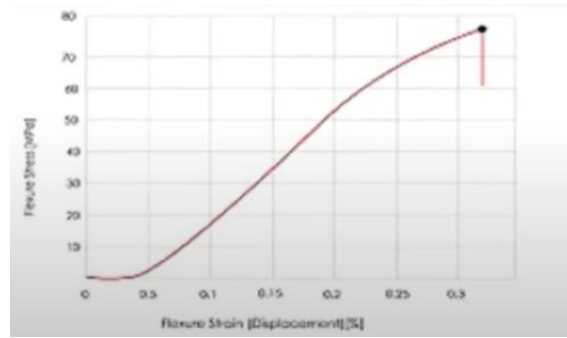
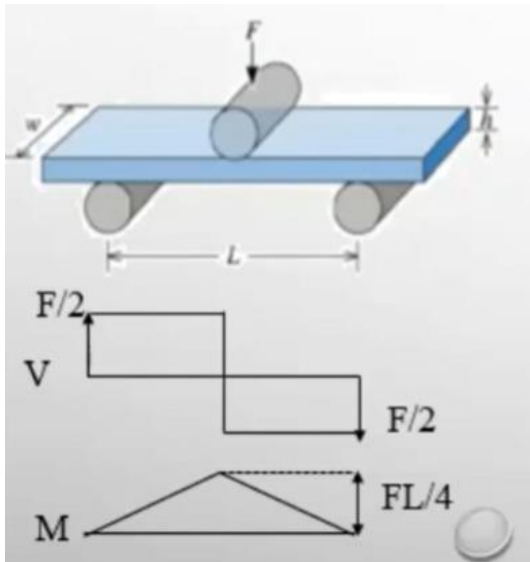
Eğme Deneyleri

Malzemelerin eğilme dayanımı belirlemek için üç noktalı ve dört noktalı olmak üzere iki farklı deney yapılmaktadır.



Üç Nokta Eğme

Eğme deneyi ile malzemenin elastisite modülü, eğilme momenti, eğilme dayanımı ve maksimum sehim miktarı tespit edilir.



Basit bir eğilme durumu için dikdörtgen kesitli çubukta oluşan maksimum gerilme şu şekilde ifade edilir.

$$\sigma = \frac{M_e c}{I}$$

$$\sigma_{3nokta} = \frac{\frac{FL}{4} \frac{h}{2}}{\frac{1}{12} b h^3} = \frac{FL}{4} \frac{h}{2} \cdot \frac{12}{b h^3}$$

$$\sigma_{3nokta} = \frac{3FL}{2bh^2}$$

σ = Maksimum normal gerilme (N/mm²)

M_e = Eğilme Momenti (Nmm) (FL/4)

I = Dikdörtgen kesit için atalet momenti (mm⁴)

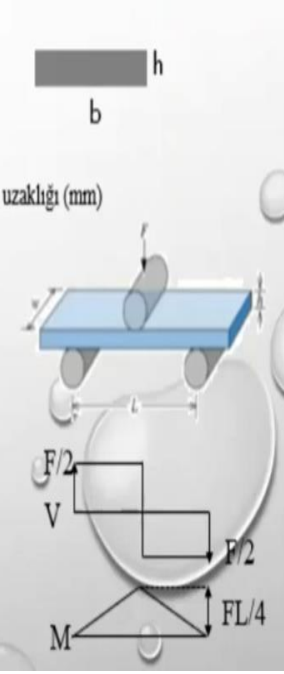
$c = h/2$ = Maksimum gerilme noktasının tarafsız eksene uzaklığı (mm)

F = Kuvvet (N)

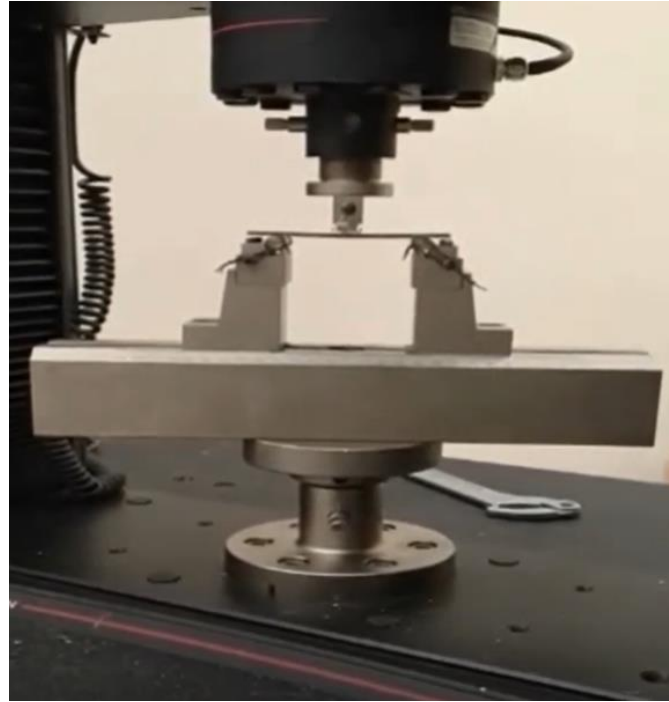
L = İki destek arası mesafe (mm)

b = Kiriş genişliği (mm)

h = Kiriş yüksekliği (mm)

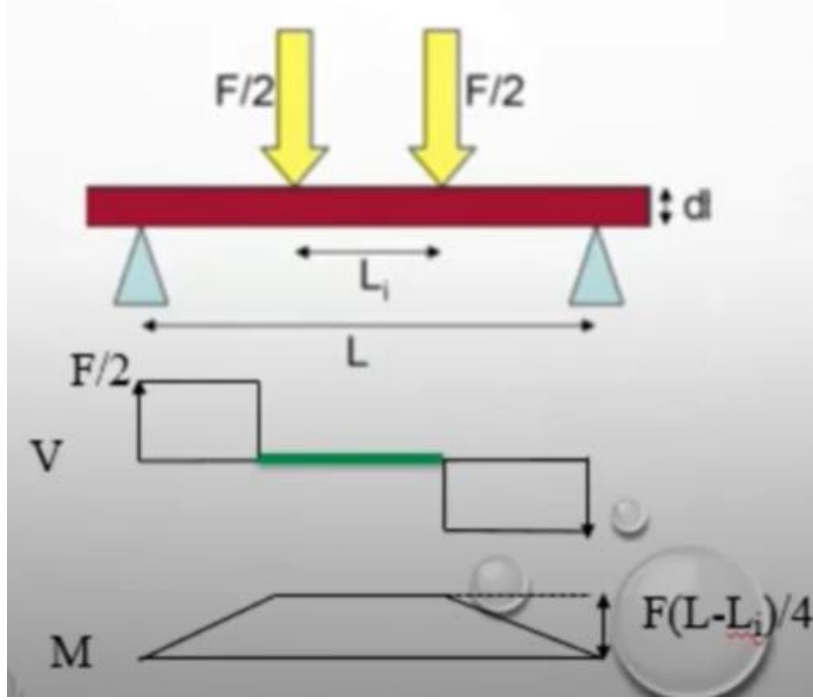


Deneyin Yapılışı



Dört Nokta Eğme

Eğme deneyi ile malzemenin elastisite modülü, eğilme momenti, eğilme dayanımı ve maksimum sehim miktarı tespit edilir.



Deneyin Yapılışı





DENEY 5:DOĞAL VE ZORLANMIŞ ISI TAŞINIMI DENEYİ

DENEYİN AMACI

Paralel ve zıt akışlı ısı değiştiricilerinde transfer edilen ısı miktarı ve tüm ısı aktarım katsayıları hesaplanarak, ısı değiştirici türüne karar verilmesi.

1.TEORİK BİLGİ

Gaz veya sıvı haldeki akışkanlar katı bir cismin yüzeyinde akarken, akışkan ile katı cismin yüzeyinin sıcaklıklarının farklı olmasından dolayı meydana gelen enerji alışverişine ısı taşınımı denir. Isı taşınımı Newton'un Soğuma Kanunu ile ifade edilir.

$$q = h A (T_w - T_f)$$

Bu denklemde;

q : Isı aktarım hızı (W)

h : Isı taşınım katsayısı (W/m² °K)

A : Isının transfer edildiği alan (m²)

T_w : Katı yüzey sıcaklığı (°K)

T_f: Akışkan sıcaklığı (°K) ifade etmektedir.

Isı taşınımı olayı, akışkanın hareket şekline göre doğal ve zorlanmış taşınım olarak iki grupta incelenmektedir. Akışkanın hareketi dışarıdan bir enerji verilmesiyle (hava akımının vantilatör, su akışının pompa vb. vasıtasıyla) sağlanıyorsa ısı taşınımı, zorlanmış ısı taşınımı adını alır. Eğer akışkanın hareketi (bir ısıtıcıyla temas eden havanın yükselmesi vb.) sıcaklık farkı neticesinde değişen yoğunluk vasıtasıyla meydana geliyorsa taşınım, doğal taşınım adını alır. Doğal taşınımdaki ısı taşınım katsayısı, zorlanmış taşınımdaki ısı taşınım katsayısına göre daha küçüktür.

Isı değiştiriciler, farklı sıcaklıklara sahip akışkanların, birbiri içerisinde karışmadan, ısı transferinin gerçekleştirildiği cihazlardır. Yaygın olarak ısıtma sistemlerinde, klima sistemlerinde, kimyasal proseslerde ve güç santrallerinde kullanılır.

1.1. Isı değiştiricilerin sınıflandırılması:

-Akışkanların Temas Şekline Göre Sınıflandırılması;

Direkt Temaslı Isı Değiştiriciler

İndirekt Temaslı Isı Değiştiriciler

-Akış Şekillerine Göre Sınıflandırılması;

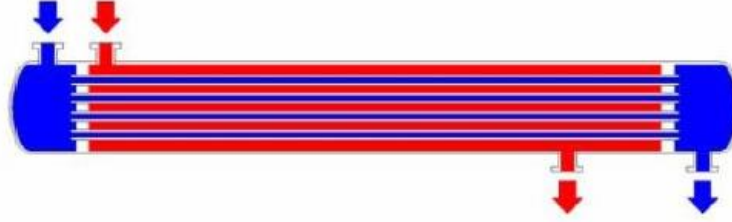
Paralel Akım

Zıt Akım

Çapraz Akım

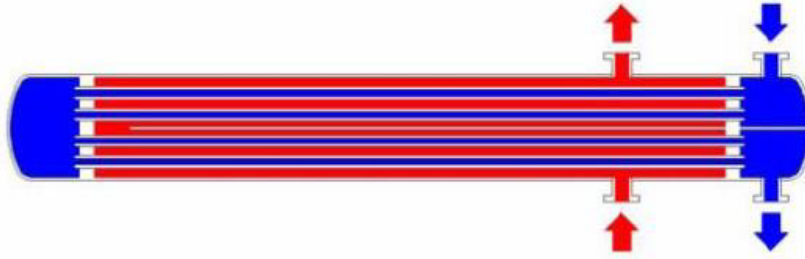
1.1.1. Paralel Akımlı Isı Değiştiriciler

Bu akış şeklinde akışkanlar ısı değiştiricisinin bir ucundan girip aynı doğrultuda akarlar ve ısı değiştiricisinin diğer ucundan çıkarlar.



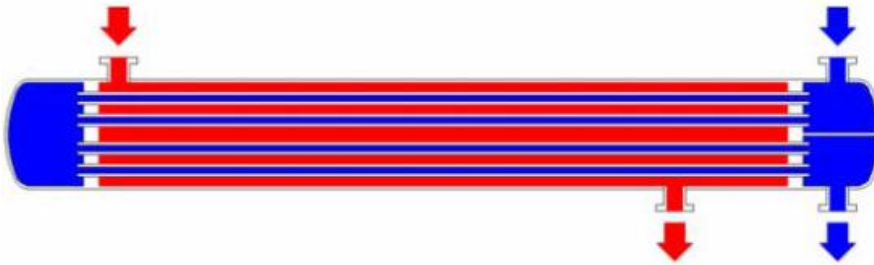
1.1.2. Ters Akımlı Isı Değiştiricileri

Bu tipte akışkanlar ısı değiştiricisinde birbirlerine göre ters olarak akar. Ters akışlı ısı değiştiricilerinde ortalama logaritmik sıcaklık farkı, diğer bütün akış düzenlemelerinden daha büyüktür.



1.1.3. Çapraz Akımlı Isı Değiştiricisi

Bu ısı değiştiricisinde akışkanlardan biri ısı transferi yüzeyi boyunca ve diğer akışkanın akış yoluna dik olacak şekilde akar. Isı geçişi bakımından çapraz akışlı ısı değiştiricilerinin etkinliği paralel akışlı ve ters akışlı ısı değiştiricilerinin etkinliklerinin arasındadır. İmalat kolaylığı nedeniyle pratikte kompakt ısı değiştiricilerinin büyük çoğunluğu çapraz akışlı olarak yapılır.



Akışkanlar ısı değiştirici içerisinde yol aldıkça, ısınırlar ve soğurlar hesaplanan ΔT mesafe ile değişmektedir. Dolayısıyla ısı aktarım hızı;

$$q = U A \Delta T_{lm}$$

✓ $q = U_i \cdot A_i \cdot \Delta T_{lm}$

✓ $q = U_o \cdot A_o \cdot \Delta T_{lm}$

✓ $\Delta T_{lm} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln(\Delta T_2 / \Delta T_1)}$

şeklinde ifade edilir.

2. DENEYİN YAPILIŞI

1. Ana şalter açılır.
2. Isıtıcı ve pompa çalıştırılır sıcak akışkanın 50 0C ' ye ısınması beklenir.
3. Akış değiştirici dikey konuma getirilerek belirli debide su beslenmeye başlanır.
4. Sıcak ve soğuk akışkan giriş sıcaklıkları ölölür.
5. Sistem kararlı hale geldikten sonra sıcak ve soğuk akışkan çıkış sıcaklıkları ölölür.
6. Aynı işlemler akış değiştirici yatay konumda iken tekrarlanır.





3.Ölçülen Değerler

Yağın Giriş Sıcaklığı (T ₁)	
Yağın Çıkış Sıcaklığı (T ₂)	
Suyun Giriş Sıcaklığı (T ₃)	
Suyun Çıkış Sıcaklığı (T ₄)	

Veriler:

- $A=2.065 \text{ m}^2$
- $C_{p\text{yağ}}=2.000 \text{ kJ/kg}^\circ\text{K}$

İstenenler:

Aktarılan ısı miktarının hesaplanması

Tüm ısı aktarım katsayısının hesaplanması

Sıcak akışkan kütleli akış hızının hesaplanması

Akış değiştirici yatay ve dikey konumda iken akış şekline göre ısı değiştirici türüne karar verilmesi

Sonuçların yorumlanması



DENEY 6: ÇEKME DENEYİ



Çekme deneyi malzemelerin mukavemeti hakkında esas dizayn bilgilerini saptamak ve malzemelerin özelliklere göre sınıflandırılmasını sağlamak amacı ile geniş çapta kullanılır. Çekme deneyi standartlara göre hazırlanmış deney numunesinin tek ekseninde, belirli bir hızla ve sabit sıcaklıkta kırılıncaya kadar çekilmesidir. Deney sırasında, standart numuneye devamlı olarak artan bir çekme kuvveti uygulandığında, aynı esnada da numunenin uzaması kaydedilir.

Çekme deneyi sonucunda numunenin temsil ettiği malzemeye ait aşağıdaki mekanik özellikler bulunabilir.

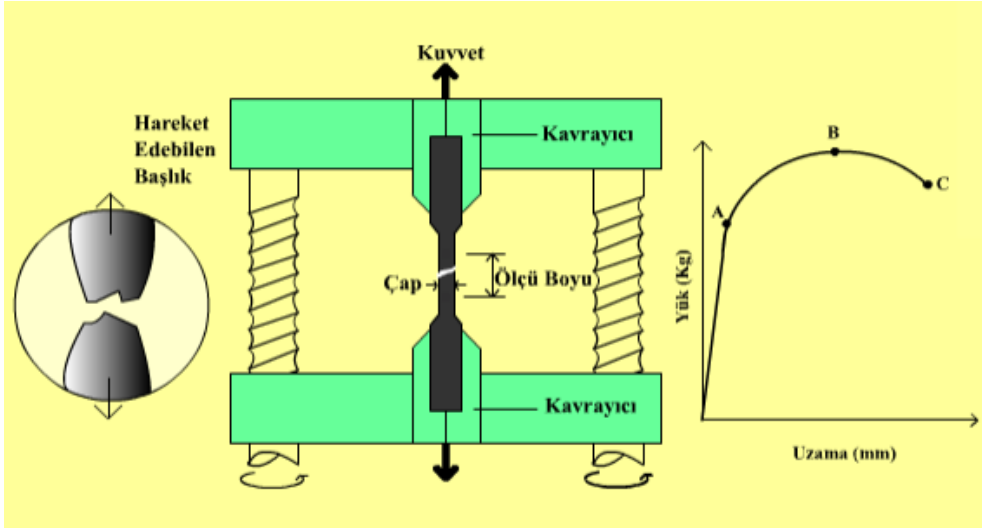
- Elastisite modülü
- Elastik sınırı
- Rezilyans
- Akma gerilmesi
- Çekme dayanımı
- Tokluk
- % uzama
- % kesit daralması

Çekme deneyi sonucunda malzemenin orantı sınırı, elastiklik sınırı, akma sınırı ve çekme dayanımı gibi mukavemet değerleri ile kopma uzaması, kopma büzülmesi ve tokluk ve süneklik değerleri belirlenir. Malzemenin cinsine, kimyasal bileşimine ve metalografik yapısına bağlı olan bu özellikler aşağıda sırasıyla açıklanmaktadır.

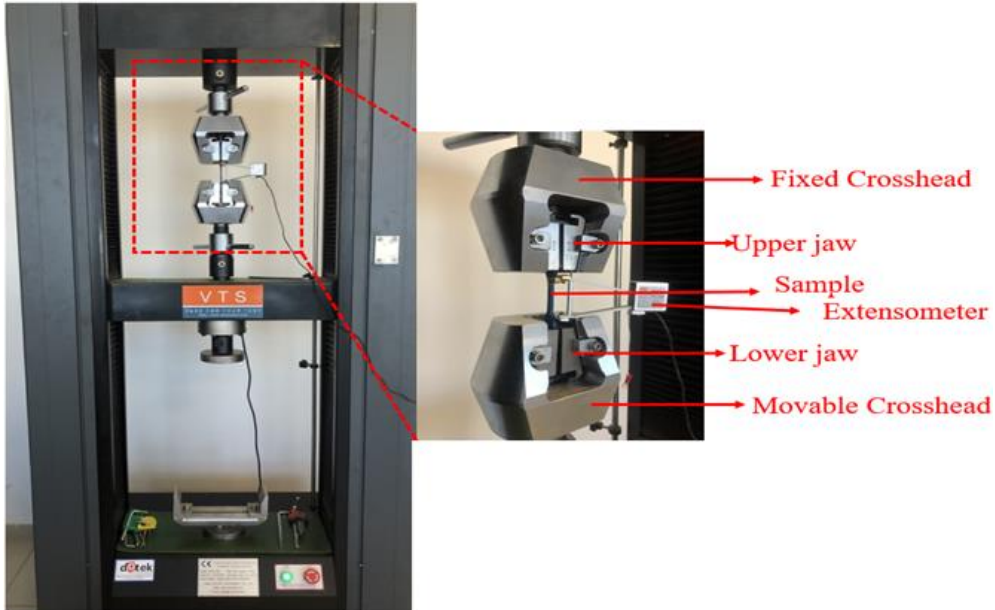
- Çekme dayanımı (σ_c): Bir malzemenin kopuncaya veya kırılıncaya kadar dayanabileceği en yüksek çekme gerilmesi olarak tanımlanır. Bu gerilme, çekme diyagramındaki en yüksek gerilme değeri olup, $\sigma_c = F_{maks}/A_0$ formülü ile bulunur. Burada F_{maks} malzemeye uygulanan en yüksek kuvveti, A_0 ise malzemenin ilk kesit alanını gösterir.
- Kopma dayanımı (σ_k): Çekme deneyi esnasında, numune kesiti çekme kuvvetini artık karşılayamadığı anda kopma meydana gelir. Çekme diyagramı çiziminde kaydedilen bu son gerilme değerine, malzemenin kopma dayanımı adı verilir.
- Kopma uzaması: Çekme numunesinin boyunda meydana gelen en yüksek yüzde plastik uzama oranı olarak tanımlanır. Çekme deneyine tabi tutulan numunenin kopan kısımlarının bir araya getirilmesi ile son boy ölçülür ve boyda meydana gelen uzama $\Delta l = l_k - l_0$ bağıntısı ile bulunur. Burada l_0 numunenin ilk ölçü uzunluğunu, l_k ise numunenin kırılma anındaki boyunu gösterir. Kopma uzaması ise; $KU (\%) = \frac{\Delta l}{l_0} * 100$ bağıntısı yardımıyla belirlenir. Bu değer malzemenin sünekliğini gösterir.
- Kopma büzülmesi: Çekme numunesinin kesit alanında meydana gelen en büyük yüzde daralma veya büzülme oranı olup, $KB (\%) = \frac{A_0 - A_K}{A_0} * 100$ bağıntısı ile

hesaplanır. Burada A_0 deney numunesinin ilk kesit alanını, A_K ise kırılma anındaki kesit alanını veya kırılma yüzeyinin alanını gösterir. Kopma büzülmesi, kopma uzaması gibi sünekliğin bir göstergesidir. Sünek malzemelerde belirgin bir büzülme veya boyun verme meydana gelirken, gevrek malzemeler büzülme göstermezler.

- Tokluk: Malzemenin birim hacmi başına düşen plastik şekil değiştirme enerjisi olarak tanımlanır ve malzemenin kırılıncaya kadar enerji depolama veya soğurma yeteneğini gösterir. Tokluk, genellikle σ - ϵ eğrisinin altında kalan alanın hesaplanması ile bulunur.



Şekil 1. Çekme Deneyinin Şematik Olarak Uygulanması



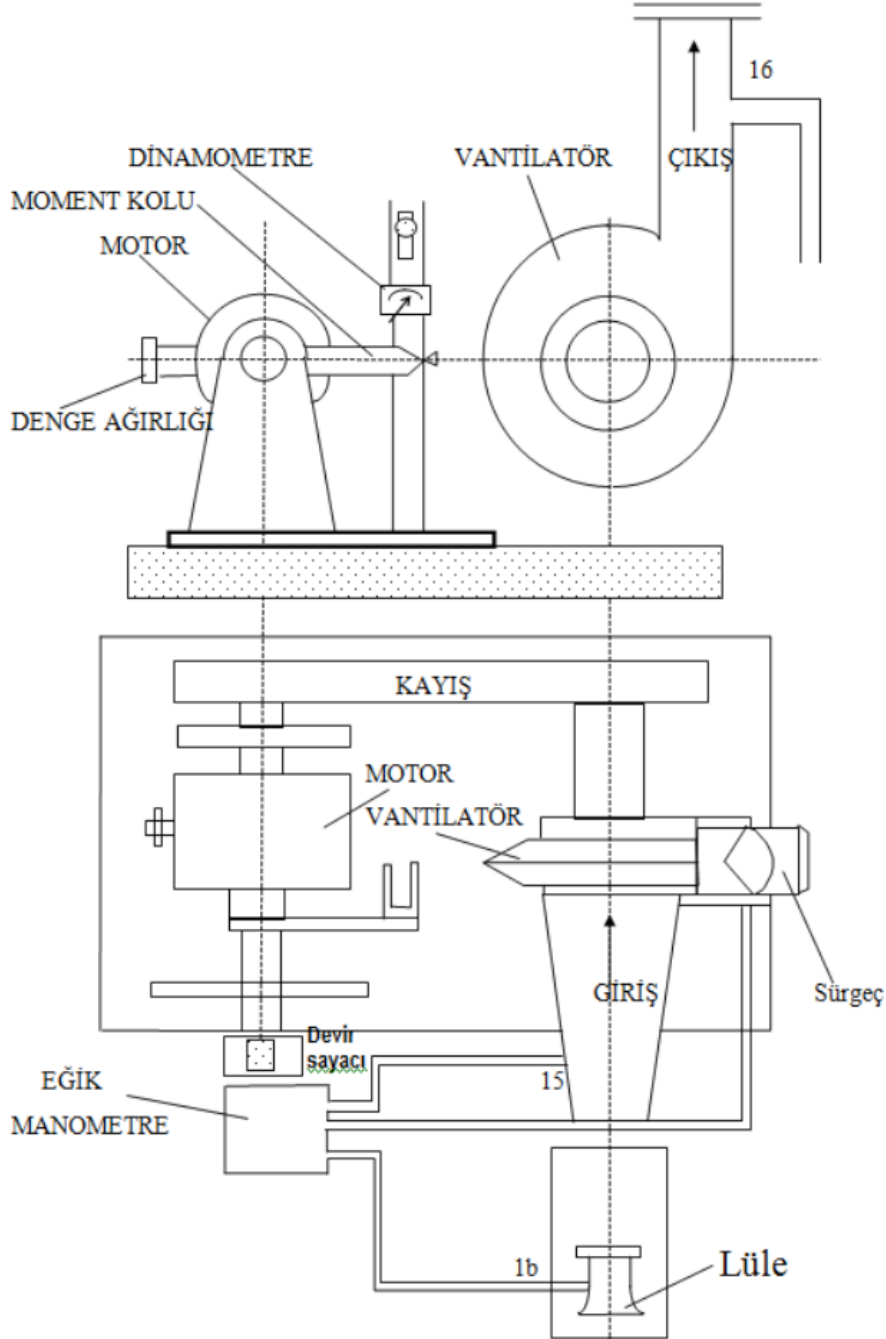
Çekme Test Cihazı (KAEÜ-Mekanik Lab.)

**DENEY 7: AKIŞKAN BORUSU VE VANTİLATÖR DENEYİ****1. DENEYİN AMACI**

- Lüle ile debi ölçmek,
- Dairesel kesitli bir borudaki türbülanslı akış şartlarında hız profili ve enerji kayıplarını deneysel olarak belirlemek ve literatürde mevcut amprik bağıntılar ile karşılaştırmak,
- Belirli bir kanat (öne eğimli, radyal veya arkaya eğimli) tipinde vantilatörün karakteristiklerinin debi ve devir sayısına göre değişimlerini deneysel olarak belirlemektir.

2. DENEY DÜZENEGİ

İki farklı devir sayısında çalışabilen bir elektrik motorunun döndürdüğü vantilatörün girişine bağlı bir boru aracılığı ile ortamdan hava emilmektedir. Vantilatör çıkışındaki bir sürgeç ile kontrol edilebilen akış debisi, akışkan borusunun emme ucuna takılı bir lüle yardımıyla ölçülmektedir. Akışkan borusu üzerinde ve vantilatör giriş ve çıkışındaki basınç ölçme yerleri, plastik hortumlarla su sütunlu bir manometreye bağlanmıştır (Şekil-1a).



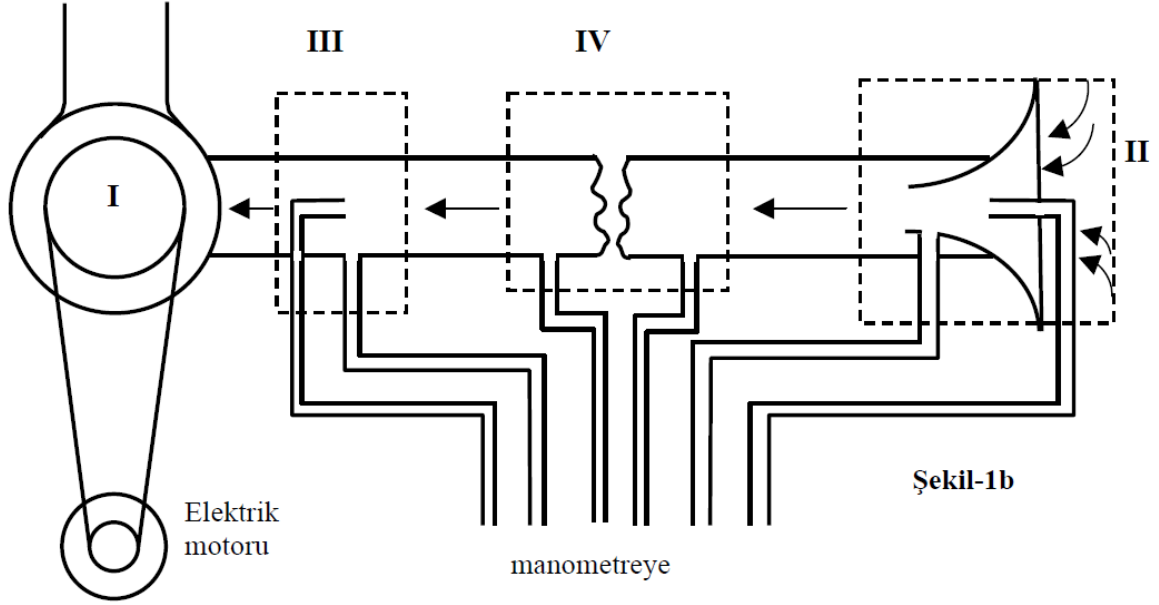
Şekil 1a:

Deney düzeneği, Şekil-1b'de görülen ve aşağıda ifade edilen ana bölümlerden oluşmuştur.

I) Elektrik motoru tarafından döndürülen vantilatör

II) Boru girişinde debinin ölçüldüğü lüle bölgesi

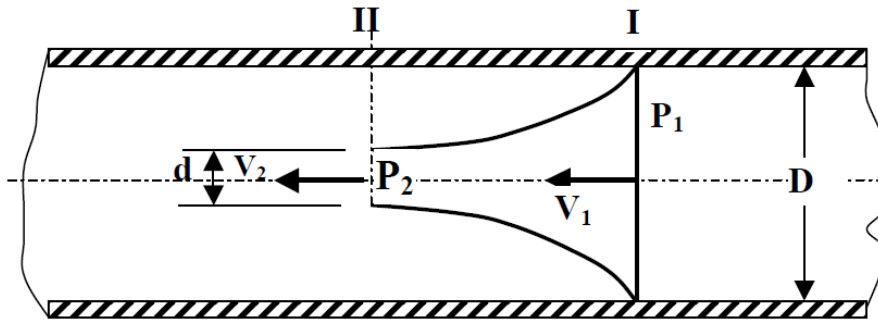
- III) Boru kesiti boyunca hız dağılımının ölçüldüğü bölge
IV) Boru boyunca basınç düşümünün ölçüldüğü bölge



Şekil 1b: Deney düzeneğinin şematik görünüşü

3. DEBİ ÖLÇÜMÜ

Deneyde debi ölçümü akışkan borusu girişindeki lüle ile yapılmaktadır (Şekil-2). Boru içine konulan lüleler akışa karşı bir engel oluştururlar. Lüle boyunca kesit değişikliği nedeniyle hızda değişme, dolayısıyla da statik basınçta değişme olur. Lüleden önceki ve sonraki bölgelerde ölçülen statik basınçlar yardımıyla Bernoulli ve süreklilik denklemleri kullanılarak, önce hız sonra da debi hesaplanabilir.



Şekil 2: Boru içine yerleştirilmiş lüle

Şekil-2'de görülen I ve II kesitleri arasındaki kayıpsız akış için Bernoulli ve süreklilik denklemleri $P_1 + \rho \frac{\bar{V}_1^2}{2} = P_2 + \rho \frac{\bar{V}_2^2}{2}$, $\bar{V}_1 A_1 = \bar{V}_2 A_2$ olarak ifade edilir. $A_1 = \pi D^2/4$ ve $A_2 = \pi d^2/4$ olduğundan $\bar{V}_1 = \bar{V}_2 (d/D)^2$ bağıntısı ve $P_1 + \rho \frac{\bar{V}_2^2}{2} (d/D)^4 = P_2 + \rho \frac{\bar{V}_2^2}{2}$, $\bar{V}_2 = \frac{1}{\sqrt{1-(d/D)^4}} \sqrt{\frac{2}{\rho} (P_1 - P_2)}$ bağıntıları elde edilir. Lülenin en dar kesitindeki \bar{V}_2 hızı I ve II

kesitlerdeki statik basınçların farkına ve lülenin en geniş ve en dar kesitlerinin çaplarına bağlı olarak elde edilebilir. Lüle duvarındaki sürtünmeler nedeniyle, gerçekte bu hız daha küçük olmaktadır. Sürtünme kayıplarının etkisi β sayısı ile gösterilirse, A_2 kesitindeki gerçek hız ($\beta\bar{V}_2$) değerinde olur. A_2 kesitindeki gerçek debi $Q = \beta\bar{V}_2 A_2$ şeklinde yazılabilir ve $Q =$

$\frac{\beta A_2}{\sqrt{1-(d/D)^4}} \sqrt{\frac{2}{\rho}(P_1 - P_2)}$ elde edilir. β kayıp katsayısı lüleye bağlı bir sayıdır. d ve D ile β sayısı arasında tanımlanan α debi katsayısı $\alpha = \frac{\beta}{\sqrt{1-(d/D)^4}}$ şeklinde tek bir sayıyla verilebilmektedir. Mevcut deney düzeneğinde iki tip lüle öngörülmüştür. Bunlar:

Dar lüle: $d_{min} = 50 \text{ mm}$ $\alpha = 0.985$

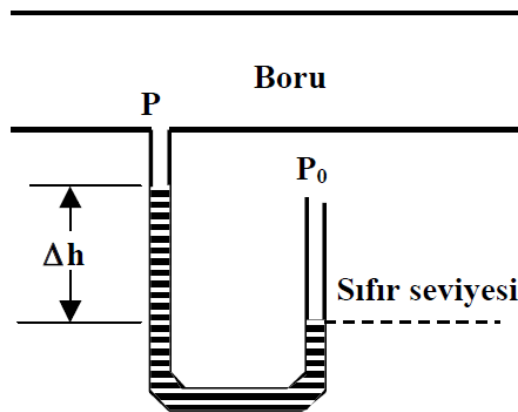
Geniş lüle: $d_{min} = 75 \text{ mm}$ $\alpha = 0.985$

$A_{min} = \frac{\pi d_{min}^2}{4}$ lülenin en dar yerindeki kesit alanıdır. Ölçülen P_0 , T_0 değerleriyle ve $R = 287 \text{ J/kgK}$ alınarak havanın yoğunluğu $\rho = \frac{P_0}{RT_0}$ bağıntısından bulunur. Burada P_0 ortam basıncı ve T_0 ortam sıcaklığının $[K]$ cinsinden değeridir. Akışkanın yoğunluğu ortamın sıcaklığı ve basınçla değişir. Gerçek debi $Q = \alpha A_{min} \sqrt{\frac{2}{\rho}(P_0 - P_1)}$ bağıntısı ile hesaplanır.

Lülenin geniş kesiti (lüle girişi), ortama açılması nedeniyle, P_0 basıncındadır. P_1 basıncı ise, lülenin en dar kesitinde, **1a** veya **1b** kodlu basınç prizlerinden ölçülen basınçtır. Basınç değerleri atmosfer basıncına karşı okunduğundan (efektif basınç), **1a** veya **1b** 'de okunan basınçlar doğrudan $(P_0 - P_1)$ basınç farkını verir.

NOT: Manometredeki basınç okumalarında dikkat edilmesi gereken özellikler:

1. Basınçlar atmosfer basıncına karşı ölçülmektedir (Effektif basınç).
 2. Sıfır seviyesinin üzerindeki basınçlar P_0 basıncından (Δh)mm su sütunu kadar küçüktür ($P < P_0$, emme).
 3. Eğik manometre durumunda okunan değerler hesaplara alınırken manometrenin eğikliği göz önüne alınmalıdır.
 4. Manometre sıvısı olarak renklendirilmiş saf su kullanılmaktadır.
- Yapılacak hesaplarda seviye farkı bulunduktan sonra, $1 \text{ cmSS} = 98.1 \text{ Pa}$ olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.



4. BORULARDAKİ AKIŞTA HIZ DAĞILIMI

4.1. Teorik Hız Dağılımı

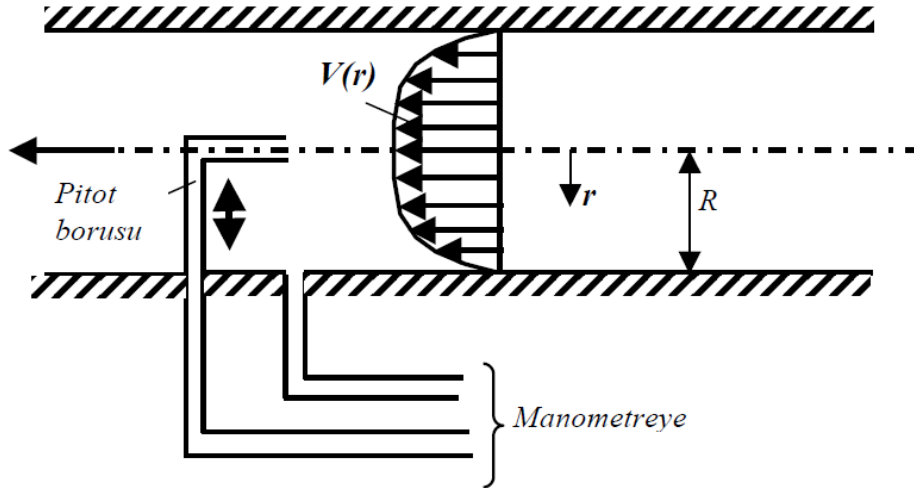
Bir boru içerisindeki laminar akışta hız profili $\frac{V(r)}{V_{max}} = 1 - \left(\frac{r}{R}\right)^2$ şeklindeki parabolik bir bağıntıyla ve türbülanslı akışta $\frac{V(r)}{V_{max}} = 1 - \left(\frac{r}{R}\right)^{1/n}$ şeklinde üstel bir fonksiyonla ifade edilmektedir. $V(r)$ boru ekseninden itibaren herhangi bir r noktasındaki hızı, V_{max} boru eksenindeki maksimum hızı ve R boru yarıçapını göstermektedir. Denklemdaki n değeri Reynolds sayısına göre değişir.

Re	4×10^3	2.3×10^4	1.1×10^5	1.1×10^6	2×10^6	3.2×10^6
n	6.0	6.6	7.0	8.8	10.0	10.0

Yukarıdaki bağıntılar pürüzsüz borular için geçerli olup, pürüzlü borular için değişik bağıntılar önerilmektedir. Pürüzlü borular için von Karman Hız Profili $\frac{V_{max}-V(r)}{V_i} = -\frac{1}{0.3} [\ln(1 - \sqrt{r/R}) + \sqrt{r/R}]$ olarak verilmektedir. Burada $V_i = \sqrt{\tau_w/\rho}$ olup, boru cidarındaki sürtünme hızı olarak tanımlanmıştır. Bu deneyde, borunun pürüzsüz olduğu varsayılacaktır.

4.2 Hız Dağılımının Deneysel Olarak Belirlenmesi

Hız dağılımının deneysel olarak belirlenebilmesi basınç ölçümüne dayanmaktadır. Hız profiline belirleneceği kesitte, biri statik basınç sondası ile statik basınç, diğeri de Pitot borusu ile toplam basınç olmak üzere iki ayrı basınç ölçümü yapılır (Şekil-4).



Şekil 4: Boru içinde $V(r)$ yerel hızının ölçülmesi

Her kesitte $P_{statik} + P_{dinamik} = P_{toplam}$ yazılabilir. P_{toplam} pitot borusu ile, P_{statik} de statik basınç sondası ile ölçülerek $P_{dinamik} = P_{toplam} - P_{statik} = \rho \frac{V(r)^2}{2}$ ile yerel hız için

$V(r) = \sqrt{\frac{2}{\rho} P_{dinamik}}$ şeklinde bir bağıntı elde edilir. Böylece seçilen her r yarıçapında $V(r)$ hızı belirlenmiş olur.



5. BORULARDAKİ AKIŞTA BASINÇ DÜŞÜMÜ

5.1. Basınç Düşümünün \bar{V} Ortalama Hızına Bağlı Olarak Hesaplanması

Bir boru akışında basınç düşümü, Darcy-Weisbach denklemi ile $h_f = \frac{\Delta P}{\gamma} = \lambda \frac{L}{D} \frac{\bar{V}^2}{2g}$ ifade edilir. Şekil-5'te görülen semboller ile bağıntıda L , boru uzunluğunu; D , boru çapını; \bar{V} , ortalama

hızı; λ , sürekli kayıp katsayısını göstermektedir. λ , sürekli kayıp katsayısı laminar akış şartlarında ($Re < 2300$) sadece Reynolds sayısı ile $\lambda = \frac{64}{Re}$ şeklindeki ifade ile değişir. Geçiş akışı ($2300 \leq Re \leq 5000$) ve türbülanslı akışın başlangıç değerlerinde hem Reynolds sayısı hem de bağıl pürüzlülüğe ($\epsilon = k/D$), yüksek Reynolds sayılı türbülanslı akışta sadece bağıl pürüzlülüğe bağlı olarak değişmektedir. λ değeri akışın Reynolds sayısı ve bağıl pürüzlülüğe göre, Moody diyagramından alınabileceği gibi literatürde mevcut amirik (deneysel) bağıntılar kullanılarak da bulunabilir. Pürüzsüz borularda; Blasius tarafından $\lambda = \frac{0.3164}{(Re)^{0.25}}$; $Re \leq 100000$, bağıntısı verilmektedir. Konakov tarafından $\lambda = \frac{1}{(1.8 \log_{10} Re - 1.5)^2}$; $4000 \leq Re \leq 10^8$ ve Prandtl-von Karman tarafından $\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \log_{10}(Re \sqrt{\lambda}) - 0.8$ bağıntıları önerilmektedir.

Pürüzlü borularda $\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 1.8 \left[\log_{10} \frac{Re}{0.135 Re(k/D) + 6.5} \right]$; $4000 \leq Re \leq 10^8$, $0 \leq \epsilon \leq 0.05$ bağıntısı, Round tarafından önerilmiştir. Bu bağıntılarda k , pürüz yüksekliği; Re , Reynolds sayısı olup $Re = \frac{\bar{V}D}{\nu}$ olarak tanımlanmıştır. Yüksek Reynolds sayılarında Blasius bağıntısı Moody diyagramından elde edilen değerlere göre oldukça fazla hata verirken, Konakov denklemi diğer denklemlere göre daha uygun değer vermektedir. Aşağıdaki tabloda, yukarıdaki bağıntıların karşılaştırılması verilmektedir.

λ					
Re	4000	10^4	10^5	10^6	10^7
Blasius	0.0398	0.0316	0.0178	0.0100	0.0056
Prandtl	0.0400	0.0309	0.0180	0.0117	0.0082
Konakov	0.0403	0.0308	0.0178	0.0116	0.0081
Moody	0.0402	0.0305	0.0180	0.0117	0.0080

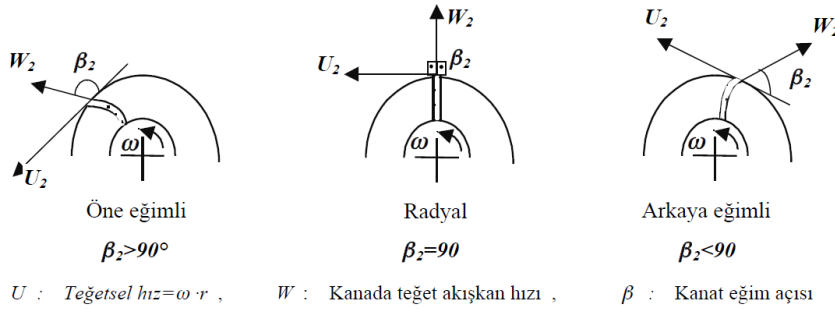
Böylece L ve D bilindiğine göre, önce borudan geçen akışkanın debisi ölçülüp \bar{V} ortalama hızı hesaplanır. Bilinen ν (kinematik viskozite) ile Reynolds sayısı hesaplanarak λ kayıp katsayısı belirlenir. Daha sonra da ΔP basınç düşümü hesaplanır.

5.2. Basınç Düşümünün Ölçülmesi

(1) ve (2) kesitleri arasındaki basınç düşümü, statik basınçların ölçülmesiyle $\Delta P_L = P_1 - P_2$ bağıntısından elde edilmektedir. Deney borusu boyunca ölçülen bu değerler (5.1) bölümünde hesaplanan değerler ile karşılaştırılır.

6. VANTİLATÖR KARAKTERİSTİĞİ

Vantilatör karakteristiği, vantilatörün giriş ve çıkışı arasındaki basınç farkının (akışkana verilen enerjinin) debi ve devir sayısına bağlı olarak değişim grafikleridir. Basma yüksekliği 8 kPa'dan küçük olan türbokompresörlere vantilatör adı verilir. Bir vantilatörün çarkı içerisinde akışkana iletilen enerji, akışkanın potansiyel ve kinetik enerjisini artırmada kullanılır. Vantilatöre giren akışkan yön değiştirmeden çıkıyorsa, **eksenel vantilatör**; dik doğrultuda çıkıyorsa **radyal vantilatör** olarak adlandırılır. Vantilatör çarklarının kanat tipleri, Şekil-6'da görüldüğü gibi, β_2 çıkış açısının durumuna göre, öne eğimli, radyal ve arkaya eğimli olabilir.



Şekil 6: Vantilatör kanat tipleri

Bir pompa veya vantilatörün devir sayısı değiştiğinde debi, basma yüksekliği ve gücü de değişir. Benzerlik kuralları kullanılarak ,

$D_1, V_1, H_1, Q_1, N_{e1}, n_1$ esas vantilatöre
 $D_2, V_2, H_2, Q_2, N_{e2}, n_2$ benzer vantilatöre ait değerler olmak üzere, aynı vantilatörün sadece devir sayısı değiştiğine göre $\frac{D_1}{D_2} = 1$ 'dir. Buna göre;

a)

$$Q_1 = AV = \frac{\pi D_1^2}{4} V = \frac{\pi D_1^2}{4} \frac{2\pi n_1 D_1}{60 \cdot 2},$$

$$Q_2 = \frac{\pi D_2^2}{4} \frac{2\pi n_2 D_2}{60 \cdot 2}$$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

b)

$$H_1 = \frac{V_1^2}{2g} + z_1 + \frac{P_1}{\gamma} = \frac{V_1^2}{2g}$$

$$H_2 = \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + \frac{P_2}{\gamma} = \frac{V_2^2}{2g}$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{V_1^2}{V_2^2} = \frac{n_1^2}{n_2^2}$$

c)

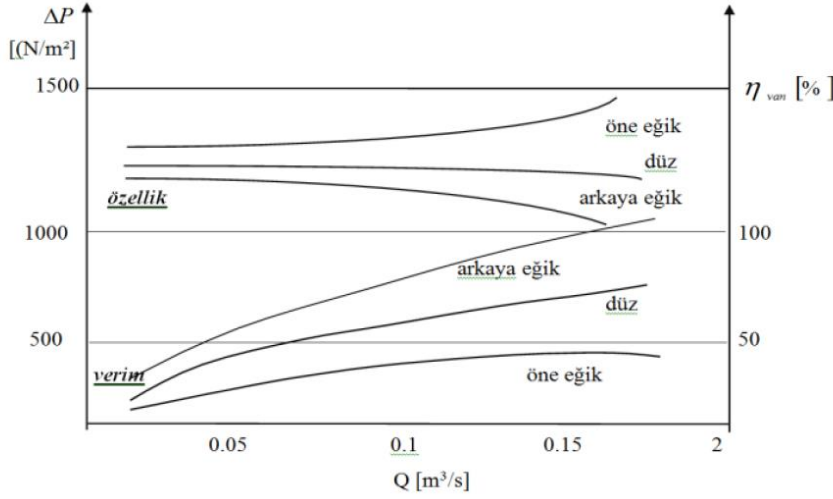
$$N_{e1} = \frac{Q_1 H_1}{75}$$

$$N_{e2} = \frac{Q_2 H_2}{75}$$

$$\frac{N_{e1}}{N_{e2}} = \frac{Q_1 H_1}{Q_2 H_2} = \frac{n_1 n_1^2}{n_2 n_2^2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3$$

Deneyde belirli bir kanat tipinin takılı olduğu durumda debi, olanakların elverdiği ölçüde en küçük değerinden en büyük değerine kadar uygun aralıklarla değiştirilip, her debi değeri için vantilatörün giriş ve çıkış kesitlerindeki basınçlar ölçülecektir. Giriş ve çıkış noktaları

sırasıyla 15 ve 16 olarak numaralandırılmıştır. Vantilatöre giriş konik bir boru parçasıyla sağlanmıştır. 15 ve 16 nolu ölçme yerlerinde boru çapı 177 mm'dir. Böylece akışkan hava olduğundan seviye farkının etkisi gözardı edilirse, Bernoulli eşitliğindeki basınç değişiminin etkisi ortadan kalkmış olmaktadır.



Şekil 7: Çeşitli kanat tipleri için karakteristikler

Vantilatör verimi, vantilatörden akışkana verilen gücün, elektrik motorundan vantilatöre gelen güce oranıdır.

$$\eta_{van} = \frac{N_{van,gi}}{N_{van,ge}}$$

Vantilatörden akışkana giden güç $N_{van,gi} = \Delta P Q$ kadardır. Burada, ΔP , vantilatörün girişi ve çıkışı arasındaki basınç farkı ve Q , vantilatörün debisidir. Vantilatör belirli bir n devir sayısında çalışırken elektrik motorunun gücü $N_{el} = \omega M_{el}$ kadardır. Burada M_{el} motorun döndürme momenti ve ω da açısal hızdır. Açısal hız, devir sayısı ölçülerek $\omega = \pi n/30$ bağıntısı yardımıyla bulunur.

Devir sayısı, motor miline mekanik olarak bağlı bir devir sayacı ve kronometre yardımıyla ölçülecektir. Sayaç her ölçmeden önce sıfırlanmalı ve her değer için birkaç ölçüm yapıp ortalama alınmalıdır. Döndürme momentinin ölçülebilmesi için motor serbest yataklanmıştır. Bu sayede motorun ürettiği döndürme momenti Şekil-1'de görülen moment kolu vasıtasıyla kuvvete (F_{el}) dönüştürülür ve bir dinamometre ile ölçülebilir. Böylece motorun gücü $N_{el} = \omega F_{el} l$ olarak elde edilir. Moment kolunun uzunluğu, $l = 179$ mm'dir. Elektrik motorunun ürettiği N gücü tümüyle vantilatöre iletilemez. İletimi sağlayan kayış-kasnak mekanizmasında ve yataklardaki kayıplar hesaba katılmalıdır. Bu kayıpları ölçmek için de yukarıda açıklanan moment ölçme düzeneği kullanılır. Bunun için vantilatör çarkının çıkarılmış olması gerekir. Bu şekilde her devir sayısı için kayıp gücü belirleyen bir F_{ka} kuvveti ölçülür. Buradan kayıp güç $N_{ka} = \omega F_{ka} l$ bağıntısıyla hesaplanır. F_{ka} kuvvetinin belirlenmesi için yapılan deneyler sonucunda $F_{ka1} = 0.95$ N ve $F_{ka2} = 1.1$ N olarak ölçülmüştür. Böylece vantilatör kanatlarına ulaşan güç $N_{van,ge} = N_{el} - N_{ka} = \omega l (F_{el} - F_{ka})$ olarak elde edilir.



8. DENEY RAPORU

8.1. Boru kesitinde boyutsuz teorik ve deneysel hız dağılımlarını iki farklı Reynolds sayısı için aynı grafikte çiziniz.

8.2. Borudaki toplam basınç düşümü ile borudaki ortalama hız arasındaki $\Delta P_L = f(\bar{V})$ değişimini $L=3\text{ m}$ olarak teorik ve ölçülen P_{13} ve P_{10} basınçları arasındaki farka göre deneysel olarak aynı grafikte çiziniz.

8.3. Ölçülen ΔP_L basınç düşümleri kullanılarak hesaplanan λ basınç kayıp katsayısını, Reynolds sayısının bir fonksiyonu olarak çiziniz.

8.4. $\Delta P = f(Q)$ ve $\eta = f(Q)$ şeklinde vantilatör karakteristiklerini çiziniz.

8.5. Benzerlik kurallarından yararlanarak, $n_3 = 2000\text{ d/dak}$ için indirgenmiş debi ve basma yüksekliklerini hesaplayınız.

8.6. Deney ile ilgili genel bir yorumlama yapınız.

SEMBOLLER

A	Kesit alanı	Q	Debi
α	Lümenin debi katsayısı	r	Değişken yarıçap
β	Kayıp sayısı	R	Borunun yarıçapı, havanın gaz sabitesi
d	Lümenin en dar kesitinin çapı	Re	Reynolds sayısı
D	Lümenin veya borunun çapı	ρ	Havanın yoğunluğu
Δh	Seviye farkı	V	Hız
ΔP	Basınç düşümü	\bar{V}	Ortalama hız
λ	Borularda basınç kayıp katsayısı	x	Boru veya lüle eksenini boyunca değişken koordinat
L	İki kesit arasındaki uzaklık	η	Verim
P	Basınç		

İNDİSLER :

o	Ortam
t	Teorik
d	Deneysel
max	Maksimum

DENEY ÇİZELGELERİ

ÇİZELGE 1: Tutanak

Kanat Tipi: Öne eğik	$P_0=103.4\text{ kPa}$	$T_0=22^\circ\text{C}$	$\nu=1,50410^{-5}\text{ m}^2/\text{s}$
----------------------	------------------------	------------------------	--



Deney No	Sürgeç Açıklığı (%)	P1 b	P10 [cmSS]	P13 [cmSS]	P15 [cmS]	P16 [cmSS]	Fel [N]	n [d/da]	Fka [N]
1	10	17,81	17,8	17,9	17,7	14,4	1,25	1506	0.95
2	30	19,6	18,89	19,2	19	16	1,65	1497	n1
3	50	20,6	19,6	20	19,8	16,8	1,85	1505	[d/da]
4	70	21	19,8	20,4	20,2	17,4	2,1	1507	[d/da]
5	100	21,1	19,81	20,42	20,23	17,41	2,11	1515	1506

Sürgeç Açıklığı (%)	1b [cmSS]	14a [cmSS]	R-r [mm]	0	1	2	5	10	20	30	38.2
50	17,8	17,7	14b [cmSS]	17,68	17,67	17,66	17,65	17,64	17,63	17,62	17,66
100	20,2	20		19,89	19,88	19,87	19,7	19,65	19,63	19,4	19,3

Boru Basınç Düşümü Tablosu

Q	V	Re	λ_t	ΔP_t	ΔP_d	λ_d



Boru Kesitinde Hız Dağılımı Tablosu

r [mm]	r/R	Q=0,0397 (%100 Açık)			Q=0,0112 (%50 Açık)		
		ΔP_{dyn}	V(r)	V/Vmax	ΔP_{dyn}	V(r)	V/Vmax
0.0	0	68,670	10,654	1	8,829	3,820	1
8.2	0,215	58,860	9,864	0,926	7,848	3,602	0,943
18.2	0,476	36,267	7,746	0,727	6,867	3,369	0,882
28.2	0,738	34,335	7,533	0,707	5,889	3,119	0,816
33.2	0,869	29,430	6,975	0,655	4,905	2,847	0,745
36.2	0,948	12,753	4,451	0,431	3,924	2,547	0,667
37.2	0,974	11,772	4,441	0,414	2,943	2,206	0,577
38.2	1	10,791	4,223	0	1,962	1,801	0

Vantilatör Özellikleri

n1=1506d/dak					
Deney No	Q1 [m3/s]	ΔP_1 [Pa]	$N_{v,ge}$ [W]	$N_{v,gi}$ [W]	η_v [%]
1					
2					
3					
4					
5					

**İndirgenmiş Debi Ve Basma Yüksekliği Tablosu ($n_2=2000$ d/dk)**

Deney No	Q_1 [m ³ /s]	Q_{12} [m ³ /s]	ΔP_1 [Pa]	ΔP_{12} [Pa]
1				
2				
3				
4				
5				

İndirgeme için gösteriş şekli

ΔP_1 ve Q_1 , n_1 devir sayısında ölçülmüş, indirgenmemiş

ΔP_{12} ve Q_{12} , n_1 devir sayısında ölçülmüş n_2 devir sayısına indirgenmiş değerlerdir.



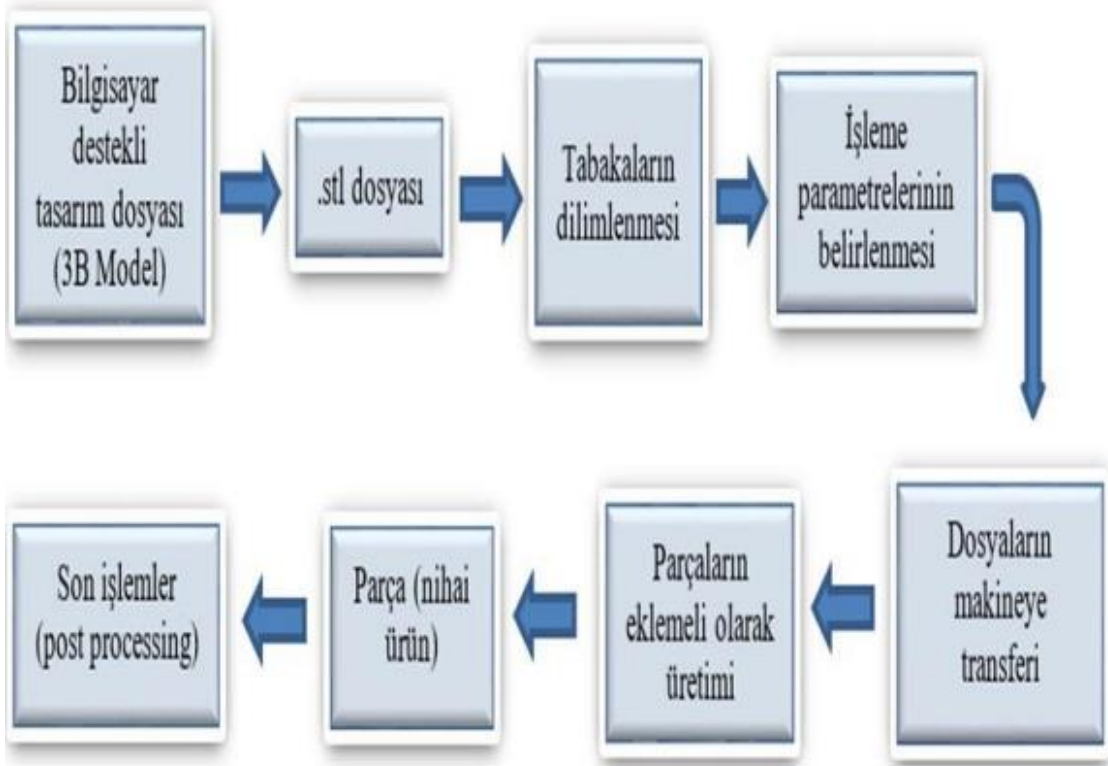
DENEY 8: BİRLEŞTİRMELİ YIĞMA MODELLEMESİ



Eklemeli üretim, üç boyutlu model verileri kullanarak, malzemelerin katmanlar halinde üst üste birikmesiyle nesnelere oluşturulduğu üretim yöntemidir. Eklemeli üretim ile baştan sona yeni bir parça üretmek, geleneksel üretim yöntemleriyle kıyaslandığında daha hızlı olduğundan dolayı, eklemeli üretim hızlı prototipleme olarak da adlandırılmaktadır. Geleneksel tekniklerle prototip oluşturmak için genellikle birkaç farklı üretim tekniğine ve farklı becerilere sahip kişilere ihtiyaç varken, eklemeli üretim ile doğrudan CAD dosyası üzerinden prototip üretimi mümkün hale gelmektedir. Eklemeli üretim ilk olarak 1980'li yıllarda, ultraviyole ışığa duyarlı sıvı polimerin bir lazer kullanılarak ince tabakalar halinde katılması esasına dayanan stereolitografi yöntemi ile ortaya çıkmıştır. Eklemeli üretim, sürecin başlarında sınırlı sayıda malzemenin kullanılabilmesi, üretilen numunelerde oluşan iç boşluklar, basım hataları, moleküllerin yönelim kaybı, yüzey kalitesinin düşüklüğü gibi sebeplerden dolayı çok fazla tercih edilmemiştir. Ancak ilerleyen zamanlarda, artan malzeme çeşitliliği, iç boşlukların giderilmesi, basım hatalarının düzeltilmesi ve daha kaliteli yüzeylerin elde edilebilmesi gibi gelişmeler neticesinde eklemeli üretim temel bir üretim yöntemi haline gelmiştir ve daha fazla uygulama alanı bulmuştur. Geleneksel üretim teknikleriyle karşılaştırıldığında eklemeli üretim bazı avantajları ile cazip hale gelmektedir. Bu avantajlardan bazıları aşağıda belirtilmiştir. • Talaş kaldırma esasına dayanan eksiltmeli üretim yöntemleriyle kıyaslandığında, eklemeli üretim atık malzeme miktarını minimum seviyeye indirerek malzeme verimliliği arttırmaktadır. • Eklemeli üretim, geleneksel üretim tekniklerinde kullanılan aparat, kesici takım, kalıp gibi ilave yardımcı aletlere gereksinim duymamasından dolayı maliyeti önemli ölçüde azaltmaktadır. • Eklemeli üretim, ilave üretim süreçlerine gerek kalmadan parçaların doğrudan tek seferde üretebildiği bir yöntemdir. 3 boyutlu yazıcılar ile tasarım ve üretim arasındaki kademeler atılarak, tasarımdan doğrudan imalat yapılır. Bu özelliğinden dolayı iş gücünü ve zamanı azaltarak verimliliği artırır. • Geometrik kısıtlamaları ortadan kaldırır ve tasarım özgürlüğünü sağlar, geleneksel tekniklerle üretilmesi çok zor veya imkânsız olan periyodik hücreli yapılar eklemeli üretim ile kolayca üretilebilir. • Prototip üretiminde maliyeti önemli ölçüde azaltır. • İki veya daha fazla parçadan oluşan nesnelere doğrudan tek bir seferde basılabildiğinden dolayı montaja gerek yoktur.

Eklemeli üretimin aşamalarını temel olarak özetlemek gerekirse tüm yöntemler için işleyiş, Şekil 1'de gösterildiği gibidir. İlk olarak üretilecek olan parça Solidworks, Catia vb. bir bilgisayar destekli tasarım programıyla tasarlanır. Daha sonra tasarlanan üç boyutlu model dosyası, üç boyutlu verilerin düzenini açıklayan ve katı modelin yüzey geometrisini çok küçük üçgenlere parçalayarak yeniden oluşturan STL (STereoLithography) dosya formatına dönüştürülür. STL dosya formatı, üç boyutlu parçaların eklemeli üretimi için 3 boyutlu model verisini standart bir veri biçimi olarak saklayabilen ve üç boyutlu yazdırma işlemi için en iyi iş akışını sağlayan yaklaşık 30 yıllık geçmişe sahip bir formattır. STL dosya formatına dönüştürülen 3 boyutlu modelden üretim yapılabilmesi için "Slicer" ya da dilimleyici diye

adlandırılan 3 boyutlu yazıcı ara yüz programına ihtiyaç vardır. Bu dilimleyici programlarına örnek olarak, Cura, Simplify3D, Slic3r, Meshmixer programları verilebilir. Bu programlar ile 3 boyutlu modeliniz girmiş olduğunuz parametrelere göre dilimlere ayırır. Böylece 3 boyutlu yazıcı modeli katmanlar halinde oluşturarak katı model haline getirir. Bu katmanlar, Gcode formatındadır. Gcode formatı 3 boyutlu yazıcının katı modelleri oluşturmak için kullandığı dildir. Daha sonra işleme sıcaklığı, katman kalınlığı, işleme hızı, tabla sıcaklığı vb. gibi işleme parametreleri belirlenerek Gcode formatındaki katı model 3B eklemeli üretim cihazına transfer edilerek nihai ürün oluşturulur. Tercihen, son işlem olarak yüzey kalitesini arttırmak ya da parçayı renklendirmek için üretim sonrası işlemler uygulanabilir.

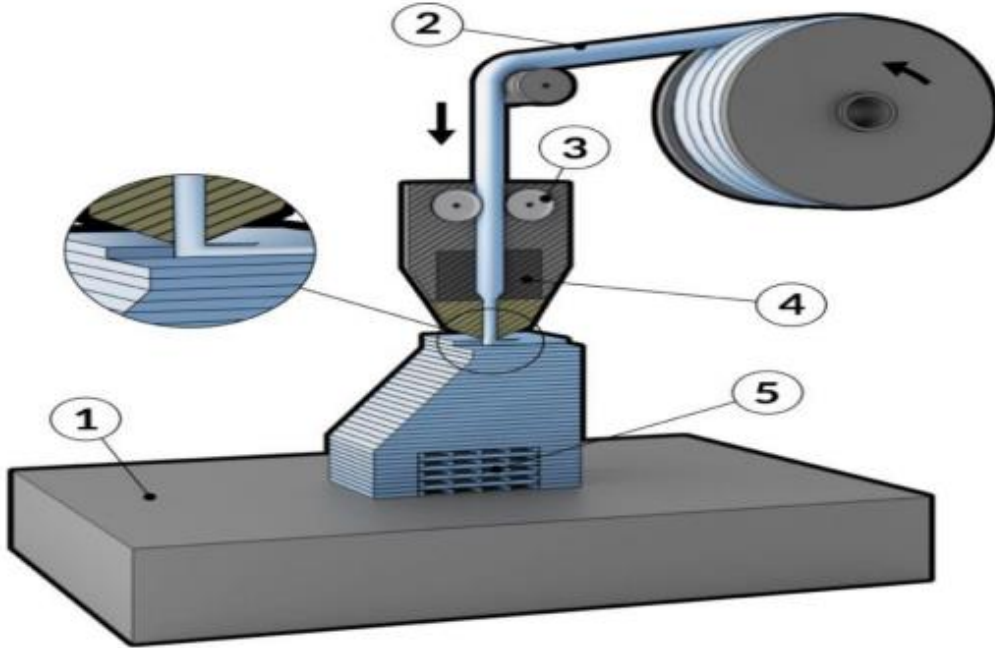


Şekil 1. 3B Yazıcı aşamaları

EYM oldukça basit bir işleyişe sahip eklemeli üretim yöntemidir. Bu yöntemde filament diye adlandırılan termoplastik polimer, zıt doğrultularda dönen iki merdanelden geçerek bir ısıtıcıya hareket ettirilir. Eriyen polimer itme kuvvetinin etkisi ile nozzle denilen parçadan çapı küçültülerek işleme tablasına akıtılır. Kullanılan filamentlerin çapları genellikle 1,85 mm ya da 2,85 mm iken en sık kullanılan nozzle çapları 0,2mm ve 0,4mm olarak bilinir. Eriyerek dışarı akan polimer x-y ekseninde istenilen doğrultuda hareket ettirilerek, bir katman oluşturulmuş olur. Burada katman kalınlığı, x ve y eksenlerindeki işleme hızı ve itme kuvvetinin etkisiyle meydana gelen akış hızının bileşkesi olarak ortaya çıkar. Bu şekilde oluşturulan katmanların z eksenı boyunca, üst üste birikmesi ile istenilen nihai ürün 3 boyutlu olarak üretilir. Şekil 2'de EYM yönteminin sistem şematığı gösterilmektedir. Burada 1 numara, inşa platformunu (işleme tablası), 2 numara termoplastik filament, 3 numara birbirine ters yönde dönen merdaneleri, 4 numara nozzle ve ısıtıcının bulunduğu ekstrüzyon kafasını ve 5 numara ise üretilen parçayı göstermektedir. EYM eklemeli üretim yönteminde



bilgisayar destekli tasarım (CAD) dosyaları stl (Stereolitografi) formatına dönüştürülerek, eklemeli üretim cihazının tanıyabileceği bir hal alır. Daha sonra tabakalara ayırma işlemi Cura veya benzeri bir programla yapılır. Bu esnada EYM yönteminin işleme parametrelerinden olan; tabaka kalınlığı, doluluk oranı, işleme sıcaklığı, tabla sıcaklığı, akış oranı, işleme hızı vb. gibi parametreler belirlenerek üç boyutlu yazıcıya aktarılır. EYM yönteminde, gerekli durumlarda suda çözünebilir veya elle kolayca sökülebilen destek malzemesi kullanımı gerekli olabilir. Destek malzemesi kullanımı, çift nozzle'a sahip yazıcılarda mümkündür. EYM' de en çok kullanılan termoplastik polimerlerden bazıları, polilaktik asit (PLA), akrilonitril bütadien stiren (ABS), termoplastik poliüretan (TPU), Polieter Eter Keton (PEEK) olarak bilinmektedir. Bu termoplastik malzemelerden PLA, iki fazlı bir bozunmaya sahiptir ve mısır veya şeker pancarından üretilebildiği için tamamen geri ayrışabilen bir malzemedir. PLA'nın tamamen doğal malzemelerden üretilebilmesinden ve kolayca bozunabilmesinden dolayı, çevreye herhangi bir olumsuz etkisi bulunmamaktadır. EYM'de kullanılan termoplastik malzemeler, yoğunluk, elastisite modülü, kopma uzaması, eğme modülü, eğme dayanımı, kayma dayanımı, kopma dayanımı, darbe özellikleri, sertlik, işleme sıcaklığı, camsı geçiş sıcaklığı gibi karakteristik malzeme özellikleri göz önüne alınarak, üretilecek parçalarda uygun bir şekilde kullanılabilir.



Şekil 2. EYM yöntemi



Kategori	Teknoloji	Kullanılan Malzeme	Güç Kaynağı	Avantaj ve Dezavantajları
Malzeme Ekstrüzyon	Eriyik Yığılma Modelleme(EYM)	Termoplastikler Metal Macunu Seramik Macunu	Isıl Enerji	<ul style="list-style-type: none"> • Ucuz makine fiyatları • Malzeme çeşitliliği fazladır • Kötü yüzey kalitesi
Toz Yatağı Birleştirme	Seçmeli Lazer Sinterleme (SLS)	Poliamid/Polimer	Yüksek Güçlü Lazer Işını	<ul style="list-style-type: none"> • Yüksek doğruluk ve detay • Yüksek özgül dayanım ve rijitlik • Destek malzemesi gerekli değil • Kötü yüzey kalitesi • Zaman alıcı
	Doğrudan Metal Lazer Sinterleme (DMLS)	Atomize metal tozları		
	Seçmeli Lazer Ergitme (SLE)	(Paslanmaz çelik, Kobalt kromu, Titanyum Ti6Al-4V), Seramik tozları		
	Elektron Demeti Ergitme (EBM)			
Fotopolimerizasyon	Stereolitografi (SLA)	Fotopolimer, Seramikler (alüminyum oksit, Zirkon, PZT)	Foton Enerjisi	<ul style="list-style-type: none"> • Yüksek işleme hızı • Yüksek yüzey kalitesi • Yüksek ekipman ve hammadde maliyeti
Malzeme Püskürtme	Polijet (PJ)/ Mürekkep Püskürtmeli Yazdırma	Fotopolimer, Vax (balmumu)	Elektrik Enerjisi	<ul style="list-style-type: none"> • Çoklu malzeme üretebilme • Yüksek yüzey kalitesi • Düşük dayanımlı malzemeler
Bağlayıcı Püskürtme	Dolaylı Mürekkep Püskürtmeli Yazdırma	Polimer tozu (alçı tozu, reçine), Seramik tozu, Metal tozu	Elektrik Enerjisi	<ul style="list-style-type: none"> • Renkli baskı yapabileme imkânı • Malzeme çeşitliliği fazladır • Üretilen parçalarda yüksek gözeneklilik miktarı
Saç/Plaka tabakalama	Katmanlı Nesne Üretimi (LOM)	Plastik film, Metal plaka, Seramik şerit	Lazer Işını	<ul style="list-style-type: none"> • Yüksek yüzey kalitesi • Düşük malzeme, ekipman ve işleme maliyeti
Doğrudan Enerji Depolama	Elektron Işın Kaynaklama (EBW)	Erimiş metal tozu	Lazer Işını	<ul style="list-style-type: none"> • Hasara uğramış parçaların tamirini mümkün kılar • Fonksiyonel olarak kademelendirilmiş parçaların üretimi mümkündür. • Üretim sonrası işlemler gereklidir.
	Lazerle İşlenmiş Net Şekillendirme (LENS)			

EYM yönteminde üretilen parçaların mekanik özellikleri işleme parametreleriyle doğrudan ilişkilidir. EYM ile üretilen numunelerin mekanik özelliklerini iyileştirmek için işleme parametrelerinin optimize edilmesi gerekmektedir..EYM yönteminde kullanılan işleme parametreleri; dilimleme parametreleri, inşa yönü ve sıcaklık koşulları olarak üç temel gruba ayrılabilir.

Dilimleme parametreleri: Katman (tabaka) kalınlığı, nozzle çapı, akış hızı, işleme hızı, doluluk oranı, tarama yönü, tarama açısı, tarama genişliği, tarama deseni, kontur genişliği, üst kalınlık, alt kalınlık gibi parametrelerdir ve üretilecek parçanın mekanik davranışına etki etmektedir.

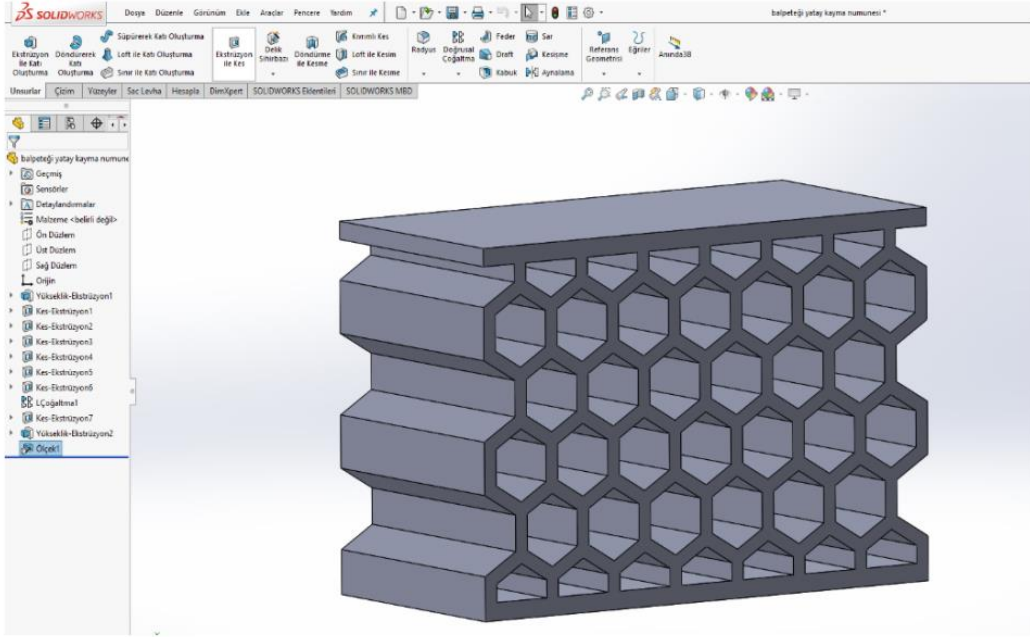
İnşa yönü: EYM yöntemi ile üretilen parçalar, tarama deseni, tarama yönü ya da inşa yönüne bağlı olarak anizotropik özellikler göstermektedirler. Üretilen parçaların dikey, yatay ya da yanal inşa yönünde üretilmesi, yapının farklı mekanik özellikler göstermesine neden olur.

Sıcaklık koşulları: EYM yönteminde kullanılan termoplastik malzemeler, çevre sıcaklığı,

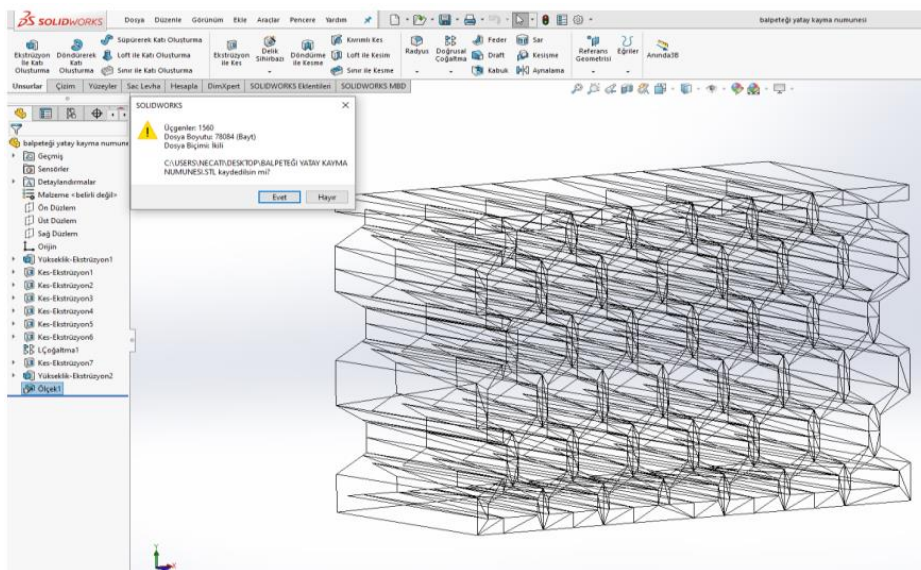
işleme sıcaklığı (ekstrüzyon sıcaklığı) ve tabla sıcaklığının değişimine bağlı olarak farklı mekanik özellikler gösterirler.

BYM Uygulaması

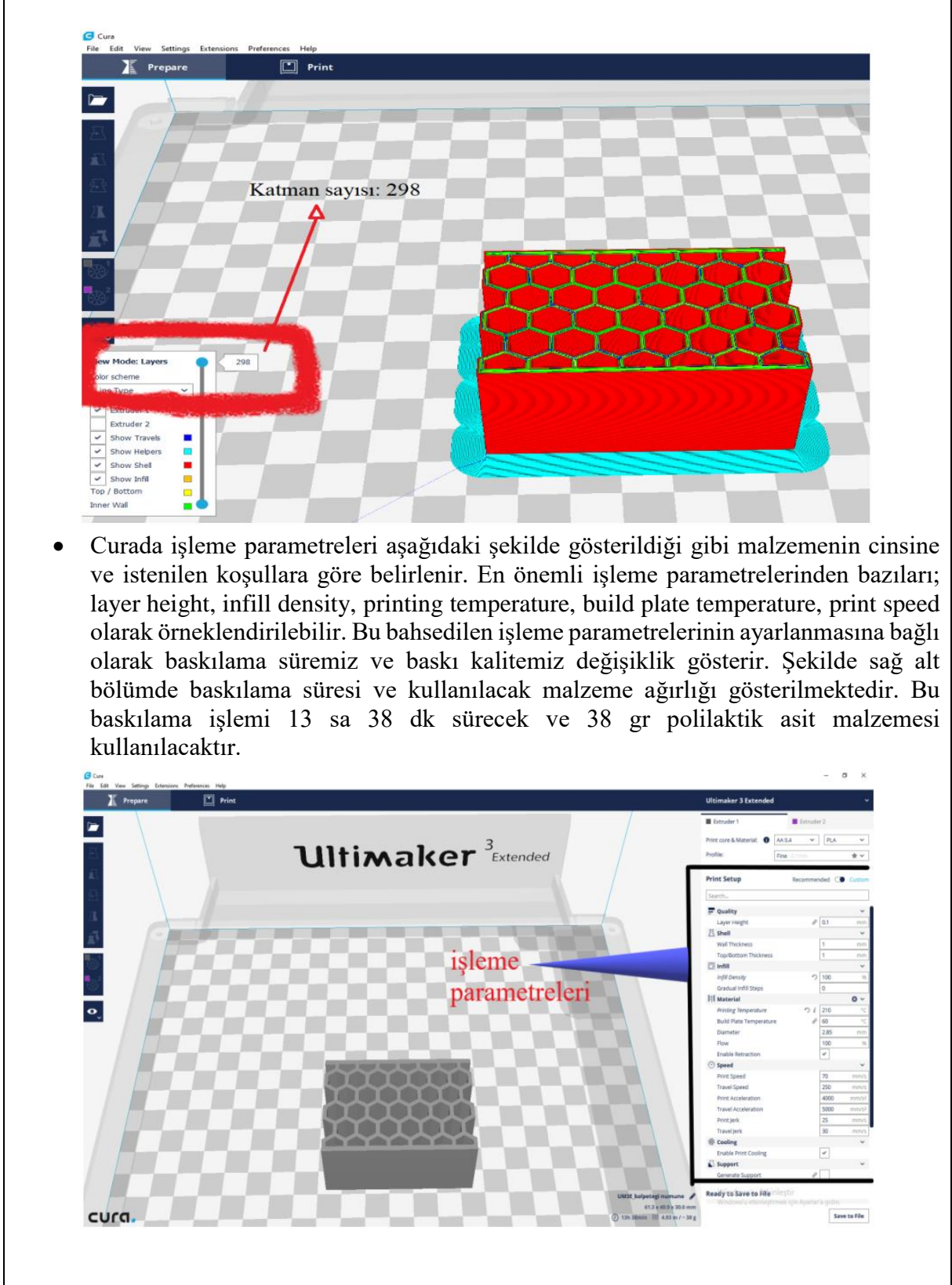
- 3 boyutlu model yani bilgisayar destekli tasarım, Solidworks, Catia vb. gibi programlar kullanılarak oluşturulur.



- 3 boyutlu model .sldprt dosya formatından, dilimleme programının(cura vb.) algılayabileceği stl dosya formatına dönüştürülür.



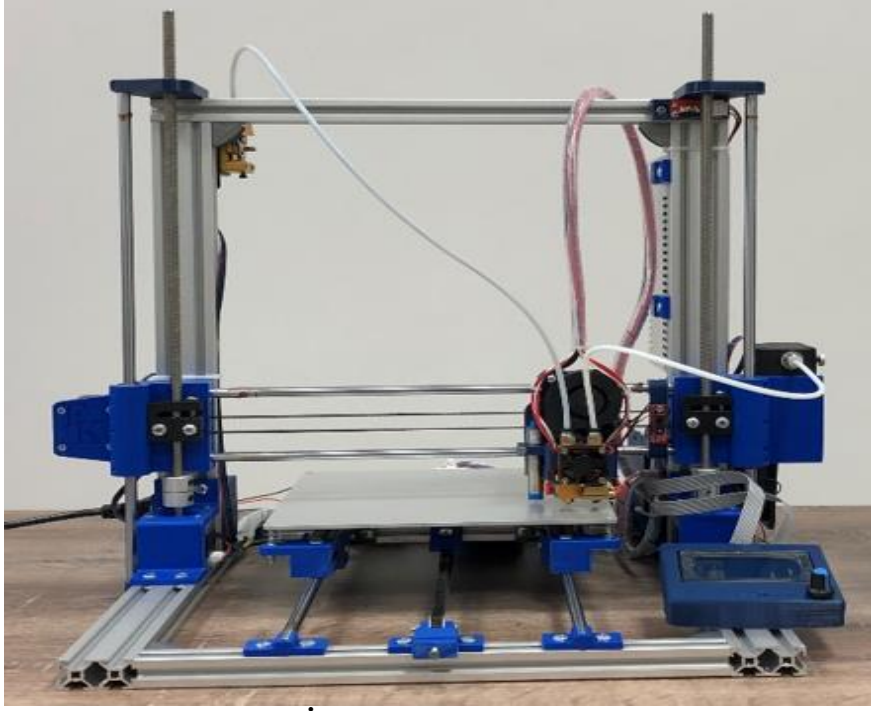
- Cura dilimleme programı ile 3b model 3b yazıcı üzerinde konumlandırılır ve katmanlara ayrılır. Aşağıda katmanlara ayrılmış 3B model görülmektedir. 298 katman oluşturulmuştur.



- Curada işleme parametreleri aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi malzemenin cinsine ve istenilen koşullara göre belirlenir. En önemli işleme parametrelerinden bazıları; layer height, infill density, printing temperature, build plate temperature, print speed olarak örneklendirilebilir. Bu bahsedilen işleme parametrelerinin ayarlanmasına bağlı olarak baskılama süremiz ve baskı kalitemiz değişiklik gösterir. Şekilde sağ alt bölümde baskılama süresi ve kullanılacak malzeme ağırlığı gösterilmektedir. Bu baskılama işlemi 13 sa 38 dk sürecek ve 38 gr polilaktik asit malzemesi kullanılacaktır.



- Sonraki adımda, cura programında baskılamanın bir ön izlemesi yapılır ve dosyamız aşağıdaki şekilde gösterilen Ultimaker 3d extended model 3b eklemeli üretim cihazına aktarılır. Daha sonra malzememiz printcore içinde bulun ısıtıcılarda ısıtılarak erir ve printcore'un 3 eksendeki hareketleriyle baskı tablası üzerinde nihai ürün üretilmiş olur.



AHİBAP destekli 3B yazıcı



DENEY 9: KOROZYON DENEYİ



Genel olarak korozyon, metalik malzemelerin katı, sıvı ve gaz tarafından bozulması sonucu özelliklerini kaybetmesi ve kullanılamaz hale gelmesi olarak tanımlanabilir. Bir başka ifadeyle, korozyon kimyasal ve/veya elektrokimyasal reaksiyonlarla bozunmadır.

Korozyon, metallerin mekanik yollar dışındaki bozunumları olarak da tanımlanır, böylece metal doğadaki haline döner. Demir ve çelik genellikle; oksijen ve suyun bulunduğu her ortamda korozyona uğrar. Korozyon hızı, ortam koşullarına göre değişir. Örneğin, su içinde suyun hızı ya da asitliğiyle, metalin hareketiyle sıcaklıkta ya da havalandırma artışıyla, bazı bakterilerin veya başka etkili bir takım faktörlerin varlığıyla artış gösterir.

Korozyona etki eden faktörler:

Malzeme seçimi: Üretimi düşünülen bir parçanın korozyona karşı olan direncinde malzeme seçimi ilk sırada gelir. Havacılık malzemesi üretiminde kullanılan malzemeler seçilirken çalışma özelliğine göre metal seçimi yapılır. Özellikle korozif ortamda çalışan parçaların üretimi esnasında korozyon daha az meyilli metal ve alaşımların kullanılması gerekir. Birbirine bağlanmış iki farklı metal arasında meydana gelecek korozyonun hızı bu metallerin aktivitesine bağlıdır. Aktiviteleri arasında fark ne kadar büyük olursa korozyon o kadar hızlı meydana gelir.

Parça Boyutu: Kalın kesitli metal parçalara üretim esnasında sıcak işlem uygulanmışsa, bu parçaların korozyona uğrama ihtimali yükselir. Kesit büyüklüğü metal parçanın yapısal özelliğine ve üstleneceği göreve göre tasarlanır. Korozyonun yapacağı etkiyi önlemek amacıyla metalin kesit büyüklüğünün değiştirilmesi genellikle tercih edilmez. Birbirine temas edecek şekilde iki farklı metal birlikte kullanıldığında metallere aktif olanı ince kesitli ise korozyon hızlı ve hasarlı olarak gerçekleşir. Eğer aktif olan metal kalın kesitli ise korozyon yavaş ve az hasarlı gerçekleşir. Bu durumda iki metal arasında yalıtım gerekebilir. Aksi halde anot durumundaki metal kullanılmaz hale gelecektir.

Coğrafi Yerleşim: İklim bölgelerindeki şartlara göre meydana gelebilecek korozyonun şiddeti değişebilir. Tropik deniz ve okyanus bölgelerindeki yüksek hava sıcaklığı denizden yükselen tuz yüklü hava ile birleşerek kısa sürede metaller üzerinde şiddetli bir korozyon oluşmasına neden olur. Bu bölgelerde etkin bir koruyucu bakım işlemi uygulanması gerekir.

Ilımlı hava iklimine sahip endüstriyel bölgeler ise korozyon riski açısından tropikal bölgelerden hemen sonra gelir. Yüksek sıcaklık ve nemin olduğu zamanlarda metal yüzeyleri yaygın olarak korozyon etkisi altında kalır. Fabrikalardan, binalardan ve taşıtlardan çıkan duman, is, toz ve artık gazlar metalleri olumsuz yönde etkiler.

Buzul veya çöl iklimine sahip bölgelerde ise korozyon oluşma ihtimali çok azdır. Çünkü söz konusu (her iki bölgede de nem oranı düşüktür. Buna karşılık özellikle çöl iklimine sahip bölgelerde iki olumsuz etken olarak çok yüksek sıcaklık ve kum fırtınası tehlikeleri oluşabilir.

Isıl İşlemler: Isıl işlem sonrasında büyük metal parçaların her bölgesinde aynı oranda soğuma meydana gelmez; metalin değişik bölgelerinde kimyasal kompozisyon farkı oluşur.



Bu durum aynı parçada farklı aktivite bölgeleri oluşturarak galvanik korozyona neden olabilir. Haddemeleme dövme ve presleme ile üretilen alaşımlar yönlenmeye göre değişen özelliklere sahip olur. Örneğin sonlarda bulunan taneler uzatılmış düz yüzeylere göre daha kolay korozyona uğrar. Isıl işlem metalin korozyona karşı direncini artırmada önemli bir etkidir. Buna karşılık, uygun olmayan ısıl işlemler metalin korozyona karşı olan direncini azaltır.

Elektrolit: Elektrolit; elektrik akımına olanak sağlayan herhangi bir eriyik olabilir. Nemin mevcut olmadığı normal hava sıcaklıklarında metaller korozyona maruz kalmazlar. Eriyikteki iyon sayısı arttıkça iletkenlikte artar ve buna bağlı olarak da elektrolitin iletkenlik derecesi de artarak korozyonu hızlandırır. Suda çözülmüş oksijen miktarı da korozyon oluşumunu etkiler. Farklı konsantrasyonda oksijen içeren çözeltilere daldırılan metallerde korozyon oluşur. Ayrıca, aynı yüzey üzerinde farklı konsantrasyonlarda elektrolit bulunması durumunda da korozyon meydana gelir, bu duruma korozyon konsantrasyon hücresi denir.

Mikrobiyolojik Organizmalar: Çürüyen ölü mikrobiyolojik organizma parçaları ve canlı organizmaların yapmış oldukları asit salgıları rutubetten dolayı korozyonun oluşmasına neden olur. Özellikle yakıt depolarında önemli sorunlar meydana getirebilirler. Bunlar sadece yakıtla karışmakla ve göstergeleri yanılmakla kalmayıp, yakıt depolarının korozyona maruz kalmasına da neden olmaktadır. Bunlar depo içerisindeki su ile yakıtın birleşme noktalarında bulunur. Şu yakıttan ağır olduğu için, su tabakası altındadır. Bu durumda yakıt hattı tıkanabilir ve yakıt deposunun metal yüzeyinin koruyucu kaplaması mikrobiyolojik organizmalar tarafından zedelendiği zaman korozyona uğrar.

Mekanik gerilmeler: Bazı malzemeler korozyonun bir türü olan gerilmeli korozyon çatlamasına karşı hassastırlar. Mekanik şekillendirme, kaynak veya ısıl işlem gibi üretim süreçleri parçalarda bazı kalıcı gerilmelere sebep olur. Bu kalıcı gerilmeler üretilen parçaların kullanıldığı önemli bölgelerde hızlı bir şekilde hasara neden olabilecek korozyonu meydana getirebilirler.

Korozyon Çeşitleri

1. Tekdüze Yüzey Korozyonu: Yüzeyin matlaşması ve dağlanması şeklinde ortaya çıkar, devam ederse yüzey pürüzlü hale gelir. Yüzeyde sürekli hareket vardır. Anot ve katot bölgeleri ufaktır. Yüksek sıcaklık korozyonu ile karıştırılmamalıdır. Özellikle magnezyum gövde yüzeyleri ile çubuk ve yataklarda görülür.

2. Galvanik Korozyon: Farklı metaller ile iletken bir çözeltili ile temas halindeyse ortaya çıkar.

Rutubet ve kirlilikle olasılığı artar. Yüksek aktivite farklılıkları olan metaller bir araya getirilmek mecburiyetinde ise anodik olan izole edilmelidir. Çelik tutturucular ve alüminyum gövde parçalarında rastlanılır.

3. Oyuklaşma (pitting) korozyonu; Alüminyum ve magnezyum alaşımlarda en sıklıkla görülen korozyon türüdür.

Yüzeyde beyaz veya gri toz çökelti şeklinde: bulunur, temizlendiğinde yüzeyde küçük oyukluklar görülür. Küçük aktif anotların ve büyük pasif katotların bir araya gelmesi ciddi oyuklaşma korozyonuna neden olur. Özellikle hidrolik silindirler ve kanat menteşe yataklarında görülür:



4. Taneler arası korozyon: Korozyon olayının malzemenin tane sınırları yakınında yoğunlaşması sonucu ortaya çıkan bozunma türüdür. Tane sınırları korozyonunun en belirgin özelliği çok küçük ağırlık kaybına karşın, korozyon hızının tane sınırları yakınında çok yüksek değerlere ulaşabilmesidir. Bu koşul: parçalarına kısa sürede tüm kesit alanı boyunca korozyona uğrayarak bozunmalarına yol açar: Taneler bütünlük ve şekillerini korurlarken taneler arası bağ bozunmaya uğrar. Bunun sonucu olarak metallere özgü bazı tutumlarda önemli değişiklikler beklemek gerekir. Bunlardan en önemlisi korozyonun etken olduğu bölgelerde mekanik dayanımın sıfıra indirgenmesidir. Parçaların dış görünüm ve ölçülerinde önemli bir değişiklik görülmez. Bu koşullar: tane sınırları korozyonunun izlenmesini ve kontrol altına alınmasını güçleştirir.

5. Pullanma (exfoliation) korozyonu: Taneler arası korozyonun çok daha ilerlemiş türüdür. Korozyon Ürünlerinin hacimce büyük olması nedeniyle tane sınırları etraflarına kuvvet uygularlar, Metal yüzeye yakın alanlarda taneler kalkabilir. Haddelene, dövme vb. İşleme şekillendirilmiş yüksek mukavemetli alüminyum ve magnezyum parçalarda görülür.

6. Aralık korozyonu: Aralık korozyonu; perçin civata gibi birleştirmelerden dolayı oluşan veya kaplamaların altında kalın dar aralıkta oluşan bir korozyon türüdür. Bu tür dar aralıklar, içerisinde durgun çözelti bulduran yerlerdir. Bu bölgelere oksijen difüzyonu zordur. Metaller üzerinde biriken kir ve birikintilerin altında da bu tür korozyona rastlamak mümkündür. Bazı makine parçalarında montaj sırasında yok edilemeyen dar bölgeler ve aralıklar vardır ve aralık korozyonunun oluşumu bu bölgelerden başlar.

7. Gerilmeli korozyon çatlaması (scc): Saldırgan ortamlarla temas halinde olan makine parçaları ve metal yapıların çoğu mekanik gerilimler altındadır. Yüksek basınçlı kaplar, buhar kazanları, içten yanmalı motorların silindir gömlekleri, pompa mili ve rotoru verilebilecek çok sayıda örnekten birkaçıdır. Gerilimli korozyon aynı zamana rastlayan korozif ve mekanik etmenlerin yol açtığı bozunma türü olarak tanımlanabilir. Bozunma parça yüzeyinde mevcut çatlaklar veya gerilim yoğunlaşmasına olanak sağlayan diğer geometrik düzensizliklerle başlar (örneğin, çukurcuk korozyonunun parça yüzeyinde oluşturduğu çukurcuklar mekanik gerilimlerin de etkisi altına girerek keskin ucu çatlaklara dönüşebilirler). Çatlaklar mekanik gerilimlerin büyüklüğü ve çevresel koşulların etkenliğine bağlı olarak belirli hızlarla malzeme içine doğru yürürler: Parça kesitinin mevcut yükleri taşıyamayacak ölçüde daralması sonucu ani kopmalar meydana gelir

8. Hidrojen gevrekliği: Yüksek mukavemetli çelikler, alüminyum alaşımları ve bazı paslanmaz çelikler çeşitli asidik banyolara daldırıldıklarında metal yüzeyinde meydana gelen katodik reaksiyon sonucu hidrojen gazı açığa çıkar. Hidrojen metale nüfuz ederek tane sınırlarında birikir ve malzemeyi zayıflatır. Eğer parça yük altında veya üretimden gelen kalıcı gerilmeler içeriyorsa bu gerilmeleri kaldıramaz ve ani olarak hasara uğrar.

9. Yorulma korozyonu: Korozyonlu yorulma çevrimli gerilme ve korozyonun müşterek etkisi ile meydana gelen ve gerilmeli korozyon çatlamasına benzeyen bir hasardır. Korozyonlu yorulma hasarı iki aşamada meydana gelir: 1) Korozyon ve alternatif gerilmelerin birlikte etkisi sonucu metal oyuklanma ve oyuk bölgesinde çatlak oluşumu ile hasar, 2) Doğrusal yorulma moduna göre çatlağın ilerlemesi. Korozyonlu yorulma nedeniyle parçanın kırılması limit yorulma gerilmesinin çok altında ve inanılmayacak derecede küçük korozyon şiddetinde meydana gelebilir.



10. Kurtçuk (filiform) korozyonu: Bu tür korozyon aralık korozyonunun özel bir şeklidir ve yüzeyleri organik kaplamalı metallerde meydana gelir. Boya filmin altında oluşan kurt (ince tel) şeklindeki korozyon ürünleri sayesinde tanınır. Filiform korozyon havadaki nem miktarının %78 ile %90 arasında ve yüzeyin hafifçe asidik olduğu durumlarda meydana gelir. Çelikler, magnezyum ve alüminyum yüzeylerinde meydana gelir ve bazı bölgelerde çok ciddi korozyona neden olur... Özellikle uçak gövdelerinde, çelik tutturucuların etrafında ve pylon tanklarında görülür.

11. Aşınma korozyonu: Konsantrasyon hücre korozyonunun özel bir türüdür ve yüzey aşınması ile birlikte meydana gelir. Korozif ortamda birbirlerine sıkıca bağlanmış yüzeyler ve yüksek basınç altında kalan parçalarda titreme sonucu gelen hareketler ile oluşur. Korozyon bölgesinde görülen pürüzlü yüzey çukurcukları; korozyonlu metalin kopuk ve çentikleri açık belirtileridir. Ortamdaki korozyon ürünleri yüzeyin aşınmasını artırır ve korozyona uğrayacak yeni yüzeylerin ortaya çıkmasına neden olurlar. Toplam etki aşınma veya korozyonun tek başına meydana getireceği ok etkilerin toplamından daha fazladır.

12. Yüksek sıcaklık korozyonu: Susuz ortamda korozyon yüksek sıcaklıklarda meydana gelir. Ortam yeteri kadar sıcaklığa ulaştığında metallere ortamdaki gazlar ile reaksiyona girerek yüzeylerinde oksit tabakası oluşur. Ortamda bulunan kirleticiler örneğin klorürler ve sülfatlar metalik oksitlerin erime sıcaklığını düşürerek ve buharlaşmasını teşvik ederek sıcak korozyonu hızlandırabilir.

Korozyondan Korunma Yolları:

Korozyon, metal ile ortam arasında arayüzeyde oluşan bir olay olduğuna göre korozyondan korunma yöntemleri de şunlardır:

1. Malzeme yapısını seçmek
2. Üretim ve dizaynı
3. Koruyucu kaplama
4. Ortamın değiştirilmesi
5. Elektrokimyasal metodlar

1. Malzeme Yapısını Seçmek: Mümkün olan bazı eklemeler ve etkileri aşağıdaki gibidir. Karbon ve düşük alaşımlı çeliğe %0.20 bakır eklenmesi korozyon direncini 1.5 ila 3 kat artırır. Paslanmaz çeliğin bileşen olan krom, nikel ve molibden korozyon direncini çok artırır.

Alüminyum içindeki demir düzensizlikleri korozyona eğilimi artırır. Tuzlu suda %99.99 saf alüminyum %1 Fe içeren alüminyumdan 20 kere daha dirençlidir. Deniz suyu sistemlerinde kullanılan tüm pirinç bileşenlerine çinkonun çözülmesine karşı %0.002-0.006 arsenik eklenmelidir.

2. Dizayn ve üretim: Bölgesel korozyonu önlemek için, dizayn ve üretim safhalarında da uyulması gereken bazı kurallar vardır. Galvanik serilerde birbirlerinden uzak yerleştirilmiş, benzer olmayan metallere direk teması engellenmelidir. Örneğin alüminyum alaşımları-bakır veya alüminyum alaşımları-paslanmaz çelik birbirlerine temas etmemelidir. Bu materyalleri neopren, bitumen, polivinil klorür tabakalarıyla ayırmak veya kaplamayla mümkündür. Yarıkların önlenmesi mümkün değilse, aynı bileşikle doldurulmalıdır. Suyun hızında ani değişiklikler yapacak dizayn özellikleri önlenmelidir. Basınç korozyon çatlaklarına hassas metallere kullanılıyorsa, basınç minimum tutulmalıdır. Elektrikli makinalardan oluşan rastgele akımlar önlenmelidir.

3. Koruyucu Kaplama:



- Korozyona sebep olan ortamdaki yüzeylerin edilmesini (anot ve katot olanları arasında iyon geçişinin durdurulması)
- Katod koruması,
- Korozyon reaksiyonuna ters etkili reaksiyon oluşturmak,
- Korunan metale göre, anot korumak için kullanılan metal (yani daha negatif elektrot potansiyeli olan) metal ile kaplama yapılarak katot koruması yapılır,
- Ortamda yavaş çözülerek, metal bir yüzeyin belli bir süre korozyonun önleyen bileşenlerden oluşan boyutlarla koruyucu kaplaması yapılabilir. Örneğin, boyalara eklenen çinko kromat, alüminyum veya çelik yüzeyleri korur. Kaplamaların ekonomik yönü de önemlidir. Kaplama maliyet, tüm boyama maliyetinin %25'ini geçmemelidir

4. Ortamın Değiştirilmesi:

- Sıcaklığı azaltmak
- Hızı azaltmak
- Oksijen veya oksitleyici vasıtaları ortadan kaldırmak.
- Konsantrasyonu değiştirmek

5. Elektrokimyasal Metotlar:

Denizel: ortamdaki metalik yapıların çok büyük bir bölümü çelikten yapılmış olanlardır: bu yapıların denizin korozyon etkisinden korunmalarında temelinde iki prensip yatmaktadır. Bunlardan birincisi metal yüzeyinin denizle ilişkisini yalıtkan bir kaplama yani "boya" ile kesmek; ikincisi ise metalin deniz içinde çözünmesini engelleyecek bir yöntem uygulamak yani onu katodik olarak korumaktır. Günümüzde her iki tip koruma yöntemi daha çok birbirlerini tamamlayacak şekilde beraber kullanılmaktadır. Ancak özel koşullarda yalnız boyama veya yalnız katodik, korumanın mustakil uygulamaları da mevcuttur.

DENEYİN YAPILIŞI:

1. Deney Düzenegi:

1. Doğru akım güç kaynağı
2. Anot elektrot
3. Katot elektrot
4. Elektrolit

KOROZYON HÜCRESİ

Deneyde Adı Geçen Bazı Tanımlar:

Anot: Oksidasyon reaksiyonunun meydana geldiği elektrot. Dış devreden elektron akışı anottan katoda doğru olur.

Katot: Redüksiyon reaksiyonunun meydana geldiği elektrot. Tipik katot reaksiyonları, katyonların elektron alarak metal haline dönüşmesi, hidrojen çıkışı veya oksijenin indirgenerek hidroksil iyonu haline dönüşmesidir.

Elektrolit: İyon içeren bir çözelti veya karışım.

Korozyon Hızı: Birim zamanda korozyona uğrayan madde miktarı. Korozyon hızı değişik şekillerde ifade edilebilir-Birim yüzeyden kütle kaybı olarak $g/(m^2.yıl)$ Penetrasyon (korozyon derinliği) : $mm/yıl$ (veya mpy) Anodik akım yoğunluğu olarak : A/cm^2

Oksidasyon: Elektron kaybı ile değerlik artışının meydana geldiği kimyasal reaksiyonlar.

Redüksiyon: Elektron alınarak değerliğin kaybedilmesi ile sonuçlanan reaksiyon. Katotda daima redüksiyon reaksiyonu meydana gelir. .

Anodik Reaksiyon: Metalden-çözeltiye pozitif yük transferini sağlayan elektrot reaksiyonu: Anodik reaksiyon sonucu metal iyon halinde çözeltiye geçer.



Katodik Reaksiyon: Metalden elektrolite negatif yük transferini sağlayan kimyasal reaksiyon. Tipik katodik reaksiyonlar, asidik ortamlarda hidrojen çıkışı ve nötr ortamlarda çözülmüş oksijenin hidroksil haline dönüşme reaksiyonlarıdır. Soy Metal: Elektrot potansiyeli hidrojenden daha büyük olan metal. Bu metallerin standart elektrot potansiyelleri pozitifdir.

Anyon: Negatif yüklü iyon. Elektrolite bir potansiyel farkı uygulandığında anyonlar anoda doğru hareket eder.

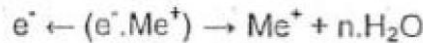
Katyon: Pozitif yüklü iyon. Elektrolite bir potansiyel farkı uygulandığında katyonlar katoda doğru hareket eder.

Deneyin Yapılışı:

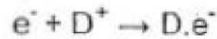
Musluk suyu ve belirli oranlarda NaCl ilave edilmiş çözelti elektrolit olarak hazırlanır. Numuneler alkol ile temizlenir. Daha sonra hassas terazide tartılıp anot olarak bağlanır. Katoda bakır elektrot bağlanır. Daha sonra korozyon akımını hızlandırmak amacıyla uygulanan voltaj kademeli olarak değiştirilir ve her voltaja karşılık gelen akım ölçülerek kaydedilir. Daha sonra numuneler etil alkol ile temizlenir ve kurutulur. Tekrar tartılarak ağırlık kaybı tespit edilir.

Deney esnasında oluşan reaksiyonlar

Anodik Reaksiyon:



Katodik reaksiyon:



Toplam Reaksiyon:

