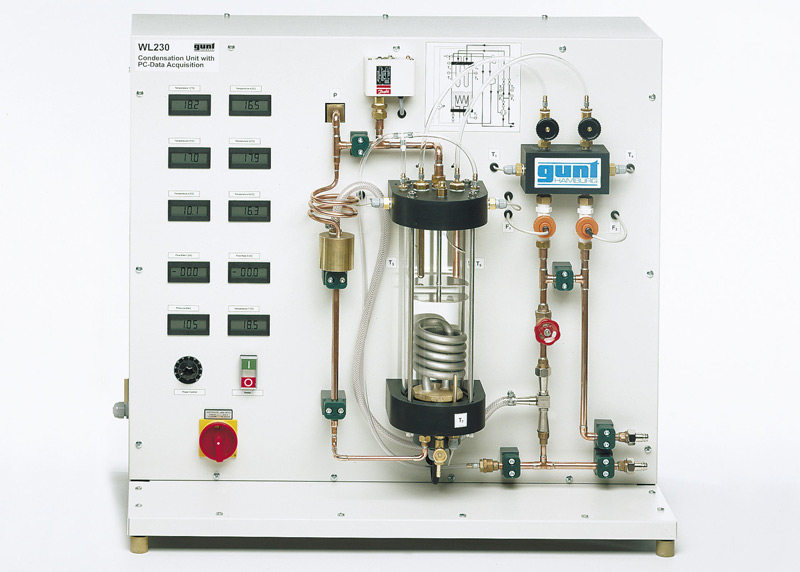
**KTÜ**

**OF TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ**

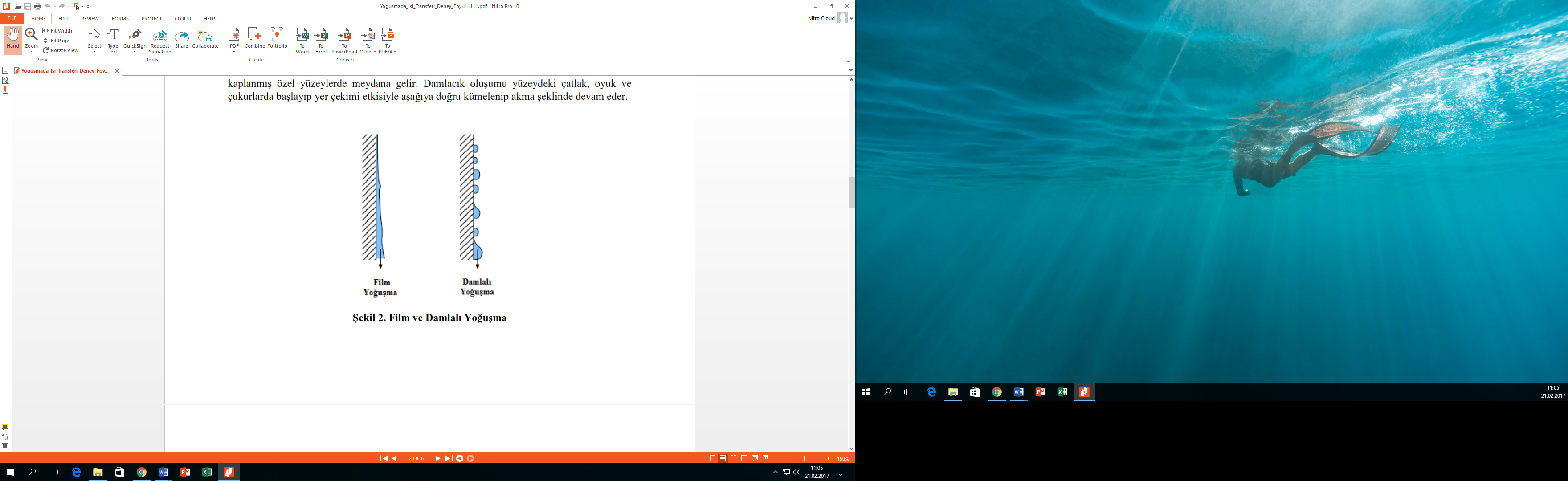
**ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**YOĞUŞMA DENEY FÖYÜ**

HAZIRLAYAN: Yrd. Doç. Dr. Coşkun BAYRAM

TRABZON, 2017

**1. DENEYİN AMACI**

Damlalı ve film yoğuşmayı gözle gözlemlemek, su buharının sıcaklık-basınç eğrisini elde etmek ve farklı basınçlarda suyun kaynaması gözlemlemek, damlamalı ve film yoğuşmada ısı transfer katsayısını belirlemek, sıcaklığın ve basıncın yoğuşma üzerindeki etkileri belirlemek.

**Şekil 1. Film ve damlalı yoğuşma**

**2. GENEL BİLGİLER**

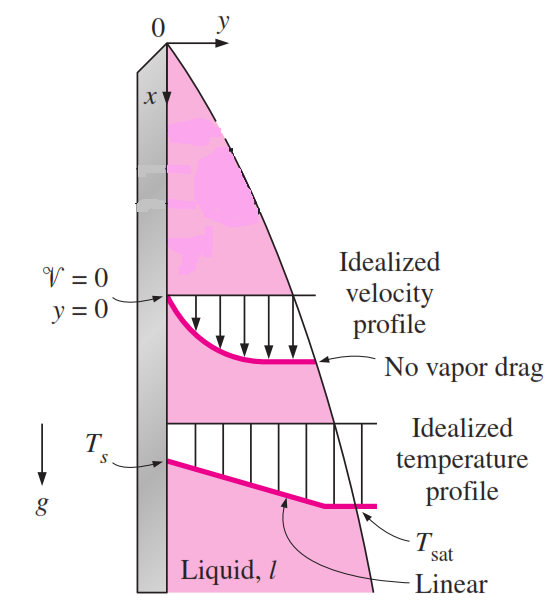
Isı taşınımı ısının hareket eden akışkan parçacıkları yardımıyla geçişidir. Genel olarak doğal ve zorlanmış taşınım olmak üzere iki tip ısı taşınımından bahsedilir. Isı taşınımının bir diğer türü ise faz değişimi ile ısı transferi olup, bu tip ısı taşınımı kaynama ve yoğuşma ile ısı taşınımı olmak üzere iki alt sınıfta incelenebilmektedir.

Buhar, buharın doyma sıcaklığından(*Tbuhar,doyma*) daha düşük sıcaklıktaki bir katı yüzeye temas ettiğinde yoğuşma meydana gelir ve sıvı olarak çökelir. Yoğuşma katı yüzeyde sürekli bir sıvı film tabaka ya da tek tek damlalar şeklinde olabilir(Şekil 1).

Film yoğuşmada yoğunlaşan buhar dikey katı yüzeyi ıslatır ve yer çekiminin etkisiyle aşağı doğru akarak sıvı film tabakası oluşturur. Yoğunlaşan buhar miktarı artıkça sıvı film tabakasının kalınlığı akış yönünde artar. Katı yüzeyde oluşan bu film tabakası ısı transferine direnç gösterir yani ısıl direnç oluşturur. Film tabakası buharın katı yüzeye ulaşmasını engeller ve bundan dolayı buharın yoğuşmasıyla ortaya çıkan buharlaşma ısısı (entalpisi, *hfg=hg-hf*) bu ısıl direnci geçmesi gerekir.

Damlalı yoğuşma ıslak olmayan pürüzsüz katı yüzeylerde meydana gelir. Damlalı yoğuşmada katı yüzeyde sürekli bir sıvı film tabakası yerine farklı çaplarda damlacıklar oluşur. Damla belirli bir boyuta ulaştığında aşağıya doğru akar ve katı yüzeyde ısı transferine direnç gösteren film tabakası oluşmaz. Bu nedenle damlalı yoğuşmada ısı transferi daha çok olur.

Sonuç olarak damlalı yoğuşmada film yoğuşmaya göre 10 kat daha fazla ısı transferi gerçekleşebilir. Bundan dolayı yoğuşmalı ısı transferi uygulamalarında damlalı yoğuşma olması istenir. Ancak damlalı yoğuşma ıslak olmayan pürüzsüz yüzeylerde oluşabilmektedir. Yüzey kaplama yöntemleriyle ıslak olmayan pürüzsüz yüzeyler elde edilebilmesi rağmen damlacıklı yoğuşmanın bu tür yüzeylerde uzun sürmediği ve bir süre sonra film yoğuşmasına dönüştüğü görülmüştür. Yoğuşmada uzun süreli ıslak olmayan pürüzsüz katı yüzeyler elde etmek zor olduğundan mühendislik uygulamalarında genellikle film yoğuşması meydana gelir.



İdeal Hız profili

İdeal Sıcaklık profili

*Tbuhar,doyma*

*Tyüzey*

Doğrusal

Sıvı film

tabaka

**Şekil 2. Dikey bir plaka düzlemde veya silindirik tüpte film yoğuşma**

Dikey bir plakadaki veya silindirik bir tüpteki film yoğuşmasında ısı transfer katsayısı için bağıntı ilk olarak 1916’da Nusselt tarafından aşağıdaki basitleştirici varsayımlar yapılarak geliştirilmiştir.

1.Yüzey sıcaklığı *Tyüzey* ve buhar sıcaklığı *Tbuhar* sabit kalmaktadır ve sıcaklık sıvı film tabakası boyunca doğrusal değişmektedir., ve sıvı film boyunca sıcaklık doğrusal olarak değişir.

2. Sıvı film tabaksı boyunca iletimle ısı transferi olur (taşınımla ısı transferi yoktur)

3. Sıvı film tabası boyunca hız çok düşüktür (hemen hemen sıfırdır).Böylece yoğuşturucu düzlem üzerinde sürüklenme görülmez.

4.Sıvı film tabakasında laminer akış meydana gelir ve sıvının özellikleri sabittir.

5.Yoğuşma tabakasının ivmesi önemsizdir.

Bu varsayımlara göre ortalama ısı transfer katsayısı(taşınım katsayısı) için

Bağıntısı geliştirilmiştir. Burada,

*g*: Yer çekimi ivmesi *[m2/s]*

*ρfilm* : Sıvı film tabakasının yoğunluğu *[kg/m3]*

*ρbuhar*: buharın yoğunluğu *[kg/m3]*

*μfilm* : Sıvı film tabakasının viskozitesi *[kg/ms]*

*=hfg+0.68 cp,film(Tbuhar,doyma-Tfilm)* : Değiştirilmiş gizli buharlaşma ısısı *[J/kg]*

*kfilm*: Film tabakasının ısı iletim katsayısı *[W/(m K)]*

*L:* Düzlem plakanın veya silindirik tüpün uzunluğu *[m]*

*Tbuhar,doyma:* Yoğuşan buharın doyma sıcaklığı *[K]*

*Tyüzey:* Düzlem plakanın veya silindirik tüpün yüzey sıcaklığı *[K]*

Bu bağıntıdaki sıvı film tabakası özellikleri için *Tfilm=(Tbuhar,doyma+Tyüzey)/2* sıcaklığı kullanılır*. hfg ve ρbuhar* için *Tbuhar,doyma*sıcaklığı kullanılabilir.

Deneysel olarak yoğuşmada ısı transfer katsayısı (taşınım katsayısı) soğutma suyuna verilen ısı enerjisi yardımıyla da hesaplanabilir. Bir akışkanın faz değiştirdiği hal değişimleri sırasında olan ısı geçişi taşınım kapsamına girer, çünkü kaynama sırasında oluşan kabarcıkların yükselmesi veya yoğuşma sırasında oluşan sıvı damlacıklarının düşmesi de bir akışkan hareketine neden olur. Birim zamanda taşınımla ısı geçişi , Newton’un Soğutma Yasası adı verilen bağıntıyla ifade edilebilir:

*[W]* (2)

Burada,

*h*: taşınım katsayısı *[W/m2K]*

*A*: ısı geçişinin olduğu yüzey alanı *[m2]*

*Tyüzey* : Yüzey sıcaklığı *[K]*

*Takışkan* : Akışkanın(buharın) yüzeyden uzaktaki sıcaklığı *[K]*

Soğutma suyuna verilen ısı, özgül ısılar ve Termodinamiğin 1. Kanunu yardımıyla hesaplanabilir.

(3)

Burada,

:Suya aktıran ısı miktarı *[W]*

:Soğutma suyu kütlesel debisi [kg/s]

*csu* :Suyun özgül ısısı *[kj/(kgK)]*

*Tsu,giriş* :Soğutma suyu giriş sıcaklığı*[K veya 0C]*

*Tsu,çıkış* :Soğutma suyu çıkış sıcaklığı*[K veya 0C]*

Termodinamiğin 1. Kanunu göre taşınımla olan transferi suya aktarılan ısı transferine eşit olmalıdır. Buna göre denklem (2) ve (3) birbirine eşitlenirse yoğuşmada ısı transfer katsayısı (taşınım katsayısı)

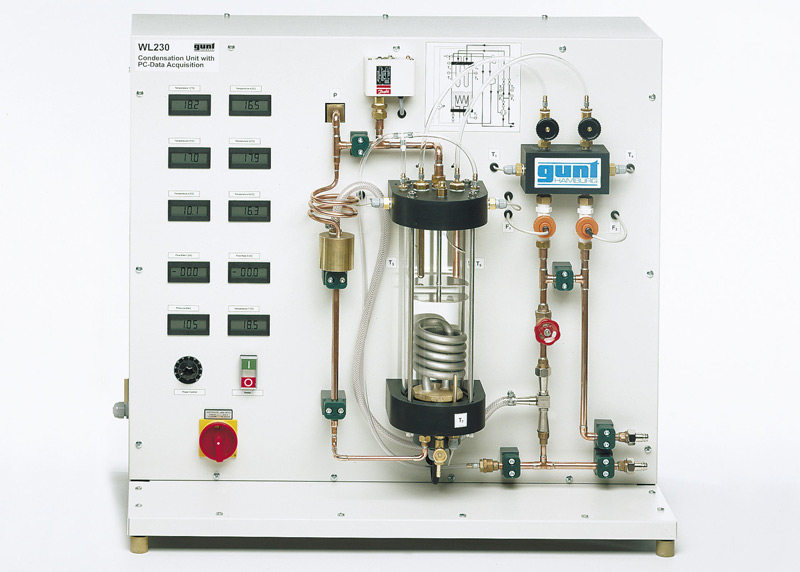
denkleminden bulunabilir.

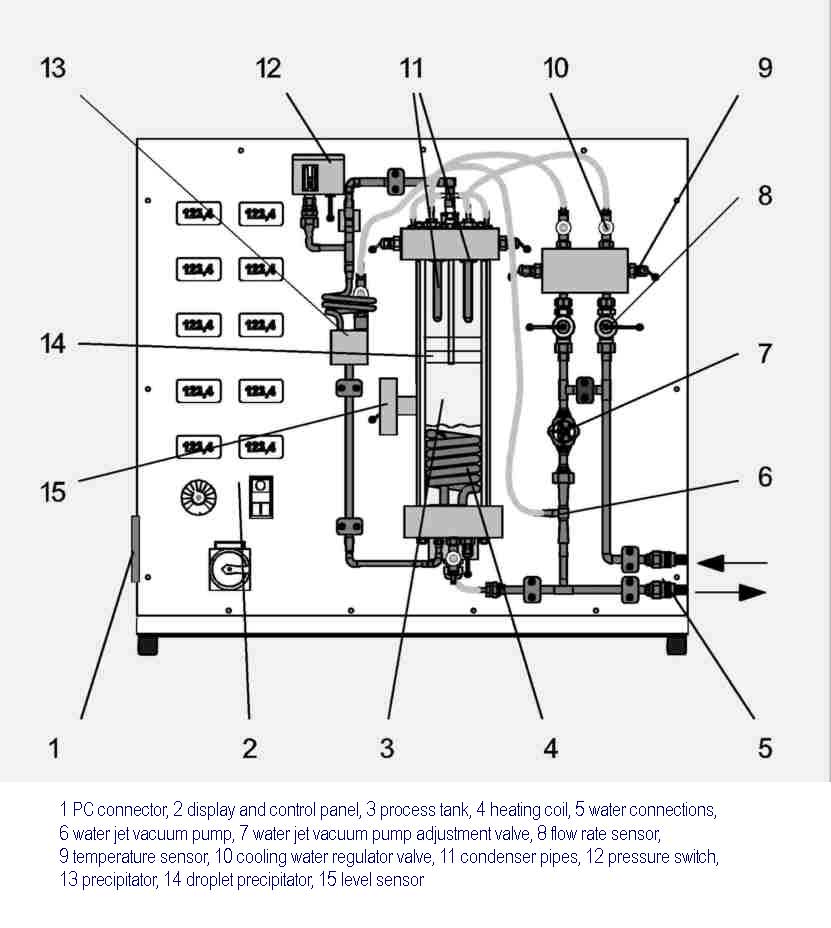
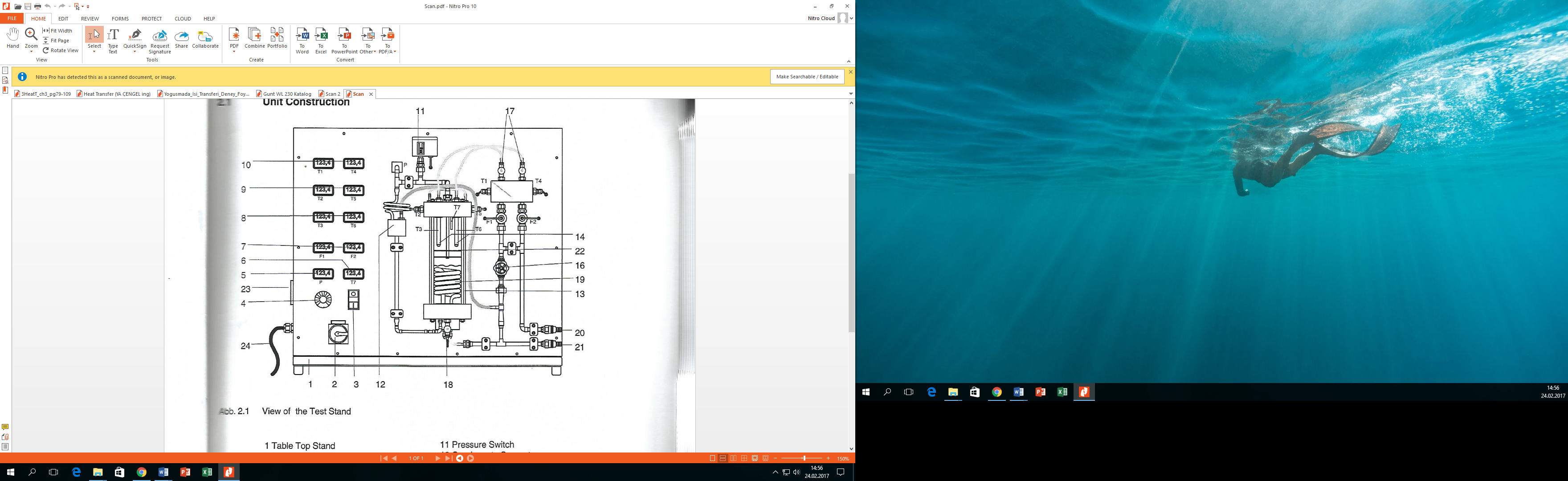
Taşınım katsayısı *h*, akışkanın bir özeliği değildir. Taşınım katsayısı deneysel olarak belirlenen bir parametredir ve değeri yüzey geometrisi, akışkanın niteliği, akışkanın özelikleri ve akış hızı gibi taşınımı etkileyen birçok değere bağlıdır. Uygulamada karşılaşılan bazı *h* değerleri aşağıda tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1. Uygulama karşılaşılan bazı h değerleri**

|  |  |
| --- | --- |
| **Madde** | **Taşınım katsayısı *[W/m2∙K]*** |
| Gazlarda doğal taşınım | 2-25 |
| Sıvılarda doğal taşınım | 50-1000 |
| Gazlarda zorlanmış taşınım | 25-250 |
| Sıvılarda zorlanmış taşınım | 50-20000 |
| Kaynama ve yoğuşma | 2500-100000 |

**3. DENEY DÜZENEĞİ**

Yoğuşmada ısı transfer katsayısını belirlemek amacıyla aşağıda şekil 3’de resimleri verilen deney düzeneği kullanılacaktır. Deney düzeneği; kontrol panosu, şeffaf yoğuşma tankı(tüpü), elektrikli ısıtıcı, yoğuşma boruları, su jeti pompası, dijital göstergeler, bağlantı boruları ve kabloları ana elemanlarından oluşmaktadır.



25

15

**Şekil 3. Deney düzeneğinin resmi**

Deney düzeneği;

1.Masa

2.Ana şalter

3.Isıtıcı aç/kapa

4.Isıtıcı güç ayar anahtarı

5.Yoğuşma tankı(tüpü) basınç göstergesi,*P1*

6. Yoğuşma tankı(tüpü) sıcaklık göstergesi,*T7*

7.Soğutma suyu giriş debi göstergeleri *F1,F2*

8. Bakır yoğuşma boruları sıcaklık göstergeleri *T3,T6*

9. Soğutma suyu çıkış sıcaklık göstergeleri *T2,T5*

10. Soğutma suyu çıkış sıcaklık göstergeleri *T1,T4*

11.Basınç anahtarı

12.Buhar kapanı

13.Yoğuşma tankı(tüpü)

14.Bakır yoğuşma boruları(K1,K2)

15.Su jeti pompası(P)

16.Su jeti ayar vanası(V3)

17.Soğutma suyu kontrol vanaları(V1,V2)

18.Yoğuşma tankı(tüpü) boşaltma/doldurma valfi(V4)

19.Isıtıcı

20.Soğutma suyu şebeke bağlantısı

21.Soğutma suyu çıkış bağlantısı

22.Damla toplayıcı

23.PC bağlantı noktası

24. Elektrik şebekesi bağlantı kablosu

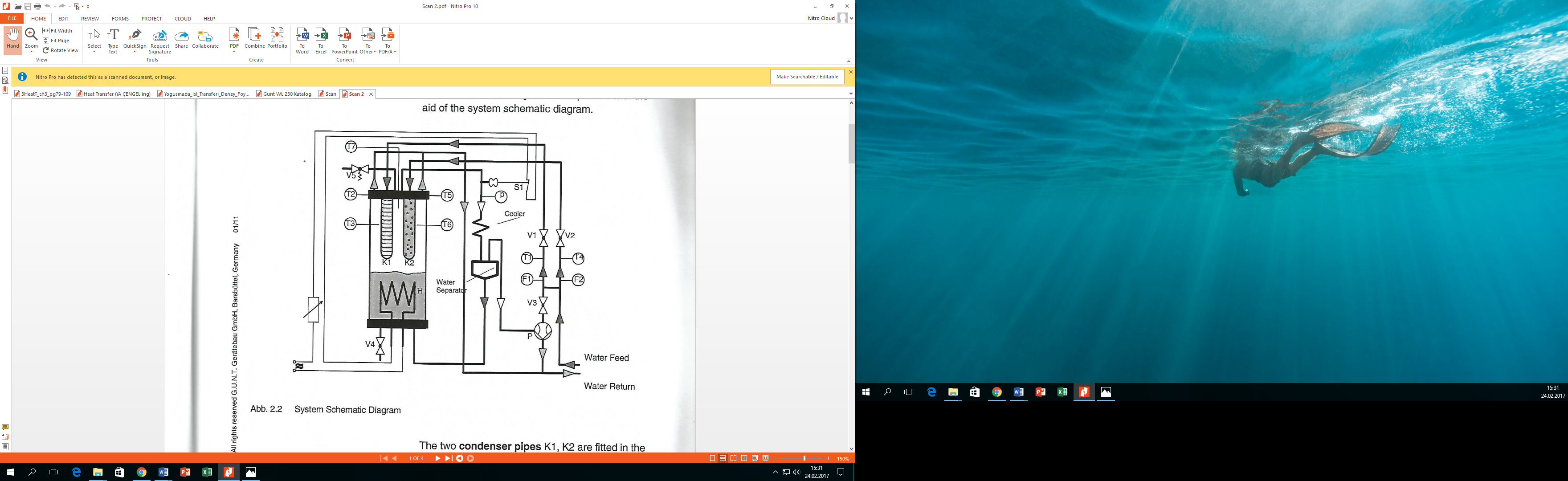
25.Saf su seviye sensörü

elemanlarından oluşmaktadır.

Yoğuşma tankının(tüpünü) üst kısmında iki tane yoğuşturucu borular vardır(Şekil 4, (K1 ve K2). Bu yoğuşturucu borularının içinden soğutma suyu akmaktadır. Yoğuşma tankının içindeki buhara verilen ısıyı belirlemek için yoğuşturucu borulara su giriş ve çıkış sıcaklıkları(*T1,T2* ve *T4,T5*) ve debileri (*F1,F2)* ölçülebilmektedir. Soğutma suyunun debisi Şekil 5'de gösterilen*V1* ve *V2* vanaları ile ayarlanabilmektedir.

Soğutma

suyu çıkışı



Buhar

kapanı

Soğutma

suyu girişi

Soğutucu

Su jeti pompası

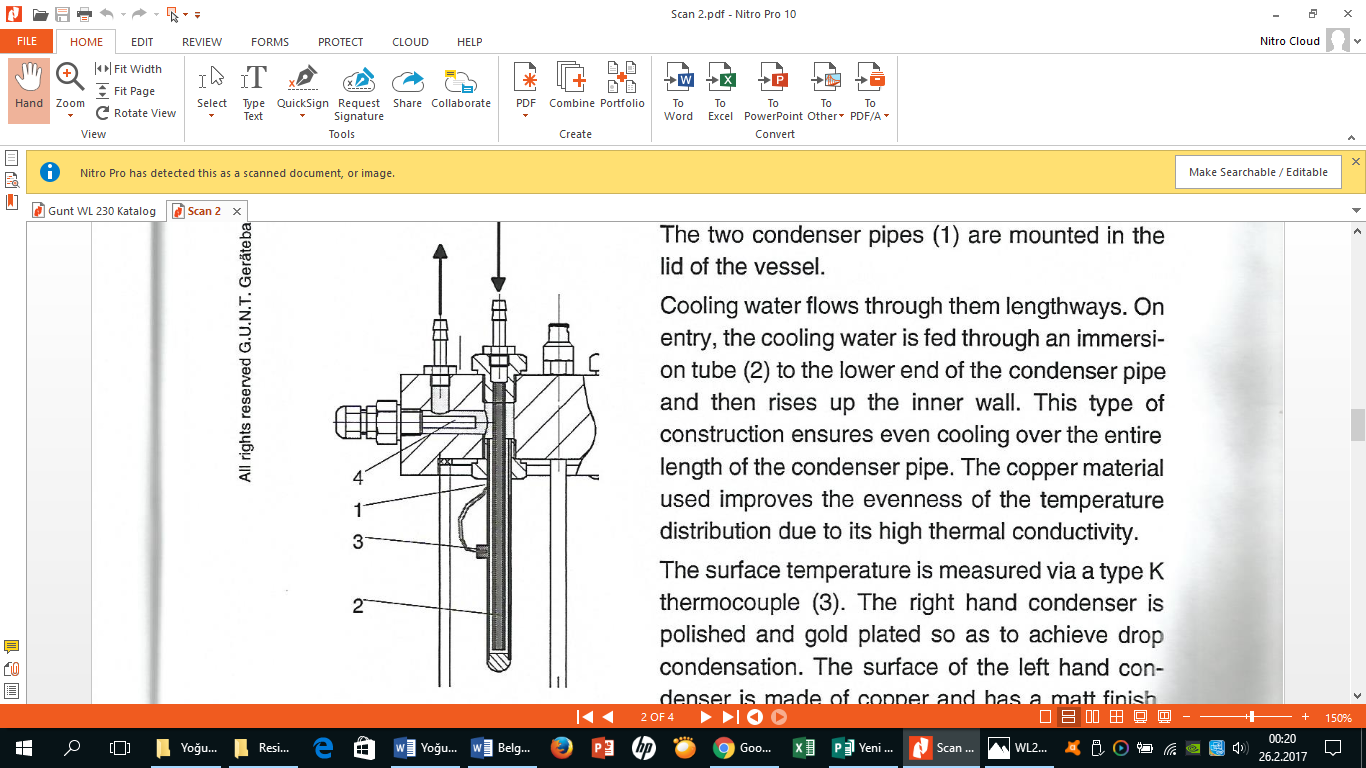
**Şekil 4. Sistemin şematik resmi**

Yoğuşma tankının(13) alt kısmında ısıtıcının(19) gücü, ısıtıcı güç anahtarı(4) ile ayarlanabilmektedir. Yoğuşma tankı içindeki buhar sıcaklığı T7 ve mutlak basınç p ile ölçülmektedir(Şekil 5). V5 emniyet valfi, yoğuşma tankı içindeki aşırı basıncı önler. Tank içinde aşırı basınç olması durumunda S1 basınç anahtarı ısıtıcıyı kapatır. Tank içindeki hava, su jeti pompası kullanılarak boşaltılabilir. Bunun için V3 su jeti ayarlama vanası(16) ile pompa ayarlanır. Su jeti pompası üzerine yerleştirilmiş çek valf suyun geri dönüşünü önler. Buharın kaçmasını ve dolayısıyla saf su kaybını önlenmek için buhar kapanı(12) kullanılmıştır. Böylece yoğuşan saf su, yoğuşma tankına geri dönerken tankın içerisinde yoğuşamayan hava ve gazlar su jeti ile soğutma suyu çıkışına emilir.

**3.1.** **Bakır Yoğuşma Borularının Yapısı**

Yoğuşma tankının üst kapağına iki yoğuşma boruları(K1,K2) takılıdır. Soğutma suyu bu bakır boruların içerisinde dolaşır. Boruların içerisinde, borunun ucuna kadar uzanan tüpler(2) yerleştirilmiştir(şekil 5). Tüpler ile bakır boruların duvarları arasında boşluk vardır. Soğutma suyu girişinden gelen su, tüpün içinden aktıktan sonra tüp ile boru duvarları arasındaki boşluktan soğutma suyu çıkışına doğru akar. Böylece yoğuşma boruları boyunca soğutma yapılabilir. **Yüksek iletim katsayılı malzemelerde sıcaklık dağılımları daha düzgün olduğundan yoğuşma boruları ısı iletim katsayı yüksek olan bakır malzemeden yapılmıştır(*kbakır =401* *[W/m∙K]*).**

Bakır boruların yüzey sıcaklıkları transmitterli K tipi termokupl(3) ile ölçülmektedir. ***Yoğuşma tankının içinde sağ taraftaki bakır boru damlamalı yoğuşma için parlatılmış ve yüzeyi altın ile kaplanmıştır. Sol taraftaki bakır boru ise matlaştırılmış ve yüzeyi kumlanmıştır. Film yoğuşma bu boruda görülür.*** Bakır boru çıkışlarındaki soğutma suyu sıcaklıkları transmitterli PT100 sensörü(4) ile ölçülür.

Yoğuşma borularının boyutları:

**Dış Çapı:12 mm**

**Soğutulan uzunluğu:96 mm**

**Soğutma yüzey alanı: 36.18 cm2**

**Şekil 5. Yoğuşma borusunun içyapısı**

**4. DENEY DÜZENEĞİNİN ÇALIŞTIRILMASI/KAPATILMASI**

**4.1. Çalıştırmadan Önce Yapılması Gerekenler**

Deney düzeneği çalıştırılmadan önce aşağıdaki işlem adımlarını uygulayınız.

1.Soğutma için su giriş ve çıkış bağlantılarını 1/2” hortum kullanarak yapınız. Su besleme hattının basıncı en az 1 bar ve debisi ise sürekli akışta 400 L/h olmalıdır.

2. Yoğuşma tankının(13) içindeki su seviyesi; su seviye sensörünün(25) en az 1-2 cm üzerinde olmalıdır. Aksi durumda ısıtıcı çalışmayacaktır. Eğer su seviyesi sensörün altında ise yoğuşma tankına saf su ilavesi yapılmalıdır. ***YOĞUŞMA TANKINA YALNIZCA SAF SU KOYUNUZ.*** Yoğuşma tankına saf su doldurmak için aşağıdaki işlem adımlarını uygulayınız.

* Yoğuşma tankı boşaltma/doldurma valfine(V4) uygun bir hortum bağlayın.
* Hortumun diğer ucuna bir huni bağlayıp, bu ucu yoğuşma tankından daha yüksek bir seviyede tutun.
* Hortumun tamamen saf su ile dolmasını sağlayın.
* Yoğuşma tankı boşaltma/doldurma valfini(V4) açın.
* Yoğuşma tankı içindeki saf su seviyesi, seviye sensörünü ***en az 1-2 cm*** geçecek kadar saf su ilavesi yapınız.
* Yoğuşma tankı boşaltma/doldurma valfini(V4) kapatınız.

**4.2. Düzeneğin Çalıştırılması**

Aşağıdaki işlem adımlarını uygulayarak deney düzeneğini çalıştırınız.

1. Deney düzeneğinin fişini mutlaka 220 V gerilimli topraklı bir prize takınız.

2. Su besleme hattının vanasını açınız. Su borularında ve bağlantı noktalarında su kaçağı olup olmadığını kontrol ediniz. Eğer varsa su kaçaklarını gidermeden deney düzeneğini çalıştırmayınız.

3. Kontrol panosundaki ana şalteri(2) açınız.

4. Aşağıdaki işlem adımlarını uygulayarak yoğuşma tankının içindeki havayı alınız.

* Kontrol panosundaki basınç göstergesini(P1) takip ederek soğuk olan yoğuşma tank basıncı 0.3 bar olana kadar su jeti ayar vanası(V3) yavaş bir şekilde kademeli olarak açınız.
* Isıtıcı aç/kapa(3) butonuna basarak ısıtıcıyı açınız. Isıtıcı güç ayar anahtarını(4) yarım güçte(%50) çalışacak kadar çeviriniz ve yoğuşma tankı sıcaklık göstergesi(T7) 800 C’ye ulaşana kadar bekleyiniz.
* Su jeti ayar vanası(V3) tekrar yavaş bir şekilde kademeli olarak açınız. Basınç düştüğünde su şiddetle kaynamaya başlayacaktır.
* Su aşırı derecede fazla kaynamayacak ve su jeti pompası susuz kalmayacak şekilde su jeti ayar vanasını(V3) ayarlayınız. Soğutma suyu çıkışı boruları ve suyun sıcak olması buharın yoğuşma tankından dışarı verildiğini gösterir.
* Yaklaşık 3 dakika içinde yoğuşma tankının içindeki hava alınmış olur.

**4.3. Çalışmanın Durdurulması**

Aşağıdaki işlem adımlarını uygulayarak deney düzeneğini durdurunuz.

1. Isıtıcı güç ayar anahtarını(4) çevirerek kapatınız(“0” konumuna getiriniz).

2. Su jeti ayar vanası(V3) kapatınız

3. Kontrol panosundaki ana şalteri(2) kapatınız

4. Su besleme hattının vanasını kapatınız.

5. Deney düzeneğinin fişini çıkarınız.

6.***Eğer deney düzeneği uzun süre kullanılmayacaksa yoğuşma tankı içindeki saf suyu yoğuşma tankı boşaltma/doldurma valfine(V4) uygun bir hortum bağlayarak boşaltınız.***

**5. DENEYİN YAPILIŞI ve ÖLÇÜMLER**

**Deney No 1: Damlamalı ve film yoğuşmada ısı transfer katsayısının** **belirlenmesi deneyi**

Aşağıdaki işlem adımlarını uygulayarak deneyi yapınız.

1.Dördüncü bölümde anlatılan işlem adımlarını uygulayarak deney düzeneğini çalıştırınız.

2. Yoğuşma tankının sıcaklığı (90÷100) 0C olana kadar (yoğuşma tankı sıcaklığını T7’den takip ediniz) ısıtıcı güç ayar anahtarını(4) çevirerek ısıtıcı gücünü artırın. Yoğuşma tankının sıcaklığı (90÷100) 0C arasında en iyi sonuçlar elde edilir.

3.Buhar*(T7)* ile yüzey sıcaklıkları*(T3,T6)* arasında istenilen farkı elde edebilmek için yoğuşturma borularının içinden geçen suyun debisini, soğutma suyu kontrol vanaları(17) V1 ve V2’yi çevirerek ayarlayınız. Yoğuşma boruları içerisinden geçen soğutma suyunun debileri kontrol panosundaki *F1* ve *F2* göstergelerinden takip edilir.

4. Buhar sıcaklığını sabit kalıncaya kadar ısıtıcının gücünü ayarlayınız.

5.Gerekirse *T7-T3* ve *T7-T6* sıcaklık farklarını sabit tutmak için soğutma suyu kontrol vanaları(17) V1 ve V2’yi çevirerek soğutma suyu debisini yeniden ayarlayınız.

6.Yoğuşma borularında yoğuşma işlemi açık bir şekilde görülür.

7. Kontrol panosu üzerindeki göstergelerden yoğuşma tankı basıncını*(P1)*, tüm sıcaklıkları*(T1÷T7)* ve debileri *(F1 ve F2)* okuyunuz ve tablo 2’yi doldurunuz.

**Tablo 2. Deney No 1 için ölçüm değerleri**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***MATLAŞTIRILMIŞ VE YÜZEYİ KUMLANMIŞ BAKIR BORUDA*** | | ***PARLATILMIŞ VE YÜZEYİ ALTIN KAPLANMIŞ BAKIR BORUDA*** | |
| ***T1 [0C]***  ***Soğutma suyu giriş sıcaklığı*** |  | ***T4 [0C]***  ***Soğutma suyu giriş sıcaklığı*** |  |
| ***T2 [0C]***  ***Soğutma suyu çıkış sıcaklığı*** |  | ***T5 [0C]***  ***Soğutma suyu çıkış sıcaklığı*** |  |
| ***T3 [0C]***  ***Yüzey sıcaklığı*** |  | ***T6 [0C]***  ***Yüzey sıcaklığı*** |  |
| ***T7 [0C]***  ***Yoğuşma tankı sıcaklığı*** |  | ***T7 [0C]***  ***Yoğuşma tankı sıcaklığı*** |  |
| *F1*=[L/h]  ***Soğutma suyu hacimsel debisi*** |  | *F2*=[L/h]  ***Soğutma suyu hacimsel debisi*** |  |
| ***P1 [bar]***  ***Yoğuşma tankı basıncı*** |  | ***P1 [bar]***  ***Yoğuşma tankı basıncı*** |  |
| *T0* ***[0C]***  ***Ortam Sıcaklığı*** |  | *T0* ***[0C]***  ***Ortam Sıcaklığı*** |  |
| *P0[*mmHg*]*  ***Ortam basıncı*** |  | *P0[*mmHg*]*  ***Ortam basıncı*** |  |

**Deney No 2: Damlamalı ve film yoğuşmada yoğuşmayan gazların ısı transfer katsayısına etkisinin belirlenmesi deneyi**

Aşağıdaki işlem adımlarını uygulayarak deneyi yapınız.

1.Dördüncü bölümde anlatılan işlem adımlarını uygulayarak deney düzeneğini çalıştırınız. Ancak kontrol panosundaki basınç göstergesini(P1) takip ederek soğuk olan ***yoğuşma tank basıncı 0.3 bar yerine 0.5 bar olana kadar*** su jeti ayar vanası(V3) yavaş bir şekilde kademeli olarak açınız.

2.Yoğuşma tankı boşaltma/doldurma valfine(V4) uygun bir hortum bağlayın. Hortumun diğer ucunu yoğuşma tankından daha yüksek bir seviyede tutun. Yoğuşma tankı boşaltma/doldurma valfini(V4) açın tank basıncı 0.9 bar olan kadar yoğuşma tankının içine hava girişine müsaade edin.

3.Yoğuşma tankının sıcaklığı (90÷100) 0C olana kadar (yoğuşma tankı sıcaklığını T7’den takip ediniz) ısıtıcı güç ayar anahtarını(4) çevirerek ısıtıcı gücünü artırın.

3.Buhar*(T7)* ile yüzey sıcaklıkları*(T3,T6)* arasında istenilen farkı elde edebilmek için yoğuşturma borularının içinden geçen suyun debisini, soğutma suyu kontrol vanaları(17) V1 ve V2’yi çevirerek ayarlayınız. Yoğuşma boruları içerisinden geçen soğutma suyunun debileri kontrol panosundaki *F1* ve *F2* göstergelerinden takip edilir.

4. Buhar sıcaklığını sabit kalıncaya kadar ısıtıcının gücünü ayarlayınız.

5.Gerekirse *T7-T3* ve *T7-T6* sıcaklık farklarını sabit tutmak için soğutma suyu kontrol vanaları(17) V1 ve V2’yi çevirerek soğutma suyu debisini yeniden ayarlayınız.

6.Yoğuşma borularında yoğuşma işlemi açık bir şekilde görülür.

7.Kontrol panosu üzerindeki göstergelerden yoğuşma tankı basıncını*(P1)*, tüm sıcaklıkları*(T1÷T7)* ve debileri *(F1 ve F2)* okuyunuz ve tablo 3’ü doldurunuz.

**Tablo 3. Deney No 2 için ölçüm değerleri**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***MATLAŞTIRILMIŞ VE YÜZEYİ KUMLANMIŞ BAKIR BORUDA*** | | ***PARLATILMIŞ VE YÜZEYİ ALTIN KAPLANMIŞ BAKIR BORUDA*** | |
| ***T1 [0C]***  ***Soğutma suyu giriş sıcaklığı*** |  | ***T4 [0C]***  ***Soğutma suyu giriş sıcaklığı*** |  |
| ***T2 [0C]***  ***Soğutma suyu çıkış sıcaklığı*** |  | ***T5 [0C]***  ***Soğutma suyu çıkış sıcaklığı*** |  |
| ***T3 [0C]***  ***Yüzey sıcaklığı*** |  | ***T6 [0C]***  ***Yüzey sıcaklığı*** |  |
| ***T7 [0C]***  ***Yoğuşma tankı sıcaklığı*** |  | ***T7 [0C]***  ***Yoğuşma tankı sıcaklığı*** |  |
| [L/h]  ***Soğutma suyu hacimsel debisi*** |  | [L/h]  ***Soğutma suyu hacimsel debisi*** |  |
| ***P1 [bar]***  ***Yoğuşma tankı basıncı*** |  | ***P1 [bar]***  ***Yoğuşma tankı basıncı*** |  |
| *T0* ***[0C]***  ***Ortam Sıcaklığı*** |  | *T0* ***[0C]***  ***Ortam Sıcaklığı*** |  |
| *P0[*mmHg*]*  ***Ortam basıncı*** |  | *P0[*mmHg*]*  ***Ortam basıncı*** |  |

**6. HESAPLAMALAR**

**6.1. Soğutma Suyuna Olan Isı Transferi**

Soğutma suyuna verilen ısı, özgül ısılar ve Termodinamiğin 1. Kanunu yardımıyla hesaplanabilir.

(5)

Burada,

:Suya aktıran ısı miktarı *[kW]*

:Soğutma suyu kütlesel debisi [kg/s]

*csu* :Suyun özgül ısısı *[kj/(kgK)]*

*Tsu,giriş(T1* veya *T4)* :Soğutma suyu giriş sıcaklığı*[K veya 0C]*

*Tsu,çıkış* *(T2* veya *T5)*:Soğutma suyu çıkış sıcaklığı*[K veya 0C]*

Deneyde soğutma suyunun debisi hacimsel olarak ölçülmektedir. Hacimsel debi ile kütlesel debi arasında aşağıdaki gibi bir ilişki vardır.

*=ρsu [kg/s] (6)*

burada *ρsu suyun yoğunluğu [kg/m3] ve [m3/s] hacimsel debidir*. Suyun *csu* ve *ρsu*  değerleri için soğutma suyunun giriş ve çıkış sıcaklıklarının ortalaması alınarak

*Tsu,ort*= (*Tsu,giriş + Tsu,çıkış)/2 (7)*

termodinamik tablolardan bulunabilir.

**6.2. Taşınım Katsayısı**

Birim zamanda taşınımla ısı geçişi , Newton’un Soğutma Yasası adı verilen bağıntıyla ifade edilebilir:

*[kW]* (8)

Burada,

*h*: taşınım katsayısı *[kW/m2 0C]*

*A*: Yoğuşma borusunun yüzey alanı=0.003618 *[m2]*

*Tyüzey (T3* veya *T6)*: Yoğuşma borusunun yüzey sıcaklığı *[0C]*

*Tbuhar(T7)*: Yoğuşma tankının sıcaklığı *[0C]*

Termodinamiğin 1. Kanunu göre taşınımla olan transferi suya aktarılan ısı transferine eşit olmalıdır. Buna göre denklem (5) ve (8) birbirine eşitlenirse yoğuşmada ısı transfer katsayısı (taşınım katsayısı)

denkleminden bulunabilir.

**Deney no:1 için hesaplanan değerler tablo 4’deki gibi verilecektir.**

**Tablo 4. Deney No 1 için ölçüm değerleri**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***MATLAŞTIRILMIŞ VE YÜZEYİ KUMLANMIŞ BAKIR BORUDA*** | | ***PARLATILMIŞ VE YÜZEYİ ALTIN KAPLANMIŞ BAKIR BORUDA*** | |
|  |  |  |  |
| ***h****[kW/m2 0C]* |  | ***h****[kW/m2 0C]* |  |
| ***T7 [0C]***  ***Yoğuşma tankı sıcaklığı*** |  | ***T7 [0C]***  ***Yoğuşma tankı sıcaklığı*** |  |
| ***P1 [bar]***  ***Yoğuşma tankı basıncı*** |  | ***P1 [bar]***  ***Yoğuşma tankı basıncı*** |  |

**Deney no:2 için hesaplanan değerler tablo 5’deki gibi verilecektir.**

**Tablo 5. Deney No 1 için ölçüm değerleri**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***MATLAŞTIRILMIŞ VE YÜZEYİ KUMLANMIŞ BAKIR BORUDA*** | | ***PARLATILMIŞ VE YÜZEYİ ALTIN KAPLANMIŞ BAKIR BORUDA*** | |
|  |  |  |  |
| ***h****[kW/m2 0C]* |  | ***h****[kW/m2 0C]* |  |
| ***T7 [0C]***  ***Yoğuşma tankı sıcaklığı*** |  | ***T7 [0C]***  ***Yoğuşma tankı sıcaklığı*** |  |
| ***P1 [bar]***  ***Yoğuşma tankı basıncı*** |  | ***P1 [bar]***  ***Yoğuşma tankı basıncı*** |  |

**7.DENEY RAPORU İÇERİĞİ**

Deney raporu içeriği aşağıda verilen sıraya göre oluşturulur.

KAPAK

1.DENEYİN AMACI (Deneyin yapılma amacı ve hedefi açıklanacak)

2.DENEY VE DÜZENEKLE İLGİLİ TEMEL BİLGİLER(deneyle ilgili teorik bilgiler verilecek, Varsa deney düzeneğinin resmi olacak, düzenekteki her bir elemanın ismi ve görevi açıklanacak)

3.DENEYİN YAPILIŞI (Düzeneğin çalıştırılması, deneyin yapılış sırası ve dikkat edilecek hususlar ve ölçümlerin hangi şartlarda alınacağı açıklanacak)

4.BULGULAR (Deney esnasın yapılan ölçümler açıklanacak ve ölçüm sonuçları tablo halinde verilecek)

5.SONUÇLAR (Deneyde ölçülen değerlere göre gerekli hesaplar yapılacak, tekrarlı hesaplamalar varsa örnek bir hesaplama yapılması yeterli olacaktır, hesaplama sonuçları tablolar halinde verilecek ve gerekiyorsa deneyle ilgili karakteristiklerin değişimi grafik olarak çizilecek)

6.İRDELEME VE ÖNERİLER (Deneyde ölçülen değerlere ve hesaplanan değerlere göre irdeleme yapılacak(neden sonuç ilişkisi kurulacak) ve deneyle ilgili öneriler yapılacak)

EKLER (Varsa deneyle ilgili yararlanılan tablo, şekil v.b gibi bu bölüme konulacak)