

95037

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DUMAN BORULU KAZANLAR İÇİN TÜRBÜLATÖR  
TİPİNİN SEÇİLMESİ

Makina Mühendisi Orkun UĞUR

F.B.E. Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Isı Proses Programında  
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Muhittin SOĞUKOĞLU

Muhittin SOĞUKOĞLU  
Bahri ŞAHİN  
İsmail Teke

İSTANBUL, 2000

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
ÖNSÖZ.....	vi
ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAZANLARIN TARİHİ ve TANIMI.....	2
2.1 Duman Borulu Kazanlar.....	3
2.1.1 Alev borulu kazanlar.....	3
2.1.2 Alev duman borulu kazanlar.....	4
2.1.3 Düşey alev-duman borulu kazanlar.....	5
2.2 Su Borulu Kazanlar.....	7
3. ZORLANMIŞ ISI TAŞINIMI.....	9
3.1 Zorlanmış Isı Taşınımını Artırma Teknikleri.....	11
3.1.1 Aktif yöntemlerle ısı taşınımını artırma teknikleri.....	11
3.1.2 Pasif yöntemlerle ısı taşınımını artırma teknikleri.....	12
3.1.2.1 Dış yüzey kanatlı borular.....	12
3.1.2.2 Değişik biçimli dış yüzeyi kanatlı borular.....	13
3.1.2.3 İç yüzeyi kanatlı borular.....	15
3.1.2.4 Boru içersine sonradan konan türbülötörler.....	17
4. DUMAN BORULU KAZANLARIN TÜRBÜLATÖRLERİNİN KAPASİTE TESTİ.....	20
4.1. Testi Yapılan Türbülötörler.....	21
4.2. Deney Düzenegi.....	23
5. SONUÇLAR.....	25
KAYNAKLAR.....	26
EKLER.....	27
EK 1 Duman Borulu Kazanlarda Kullanılan Türbülötörlerin Test Sonuçları.....	27
EK 1.1 Türbülötörsüz Akışta Isının İncelenmesi (Deney no:01-09).....	28
EK 1.2 Spiral Tip Türbülötörün İncelenmesi (Deney no:10-15).....	65
EK 1.3 Özel Tip Türbülötörün İncelenmesi (Deney no:16-18).....	90
EK 1.4 Akordiyon Tipi Türbülötörün İncelenmesi (Deney no:19-21).....	103
EK 2 Atmosferik Basınçta Havanın Özellikleri.....	116
EK 3 Doymuş Su Buhar Tablosu.....	118



## SİMGE LİSTESİ

T1	Ortam Sıcaklığı
T2	Türbülator teli öncesindeki hava sıcaklığı
T3	Su giriş sıcaklığı
T4	Su çıkış sıcaklığı
T5	Türbülator teli sonrasındaki hava sıcaklığı
N1	Elektrikli hava ısıtıcısı kapasitesi
d	Fan hava giriş çapı
s	Fanın hava girişinin açık olan kısmının genişliği
h	Fanın hava girişinin açık olan kısmının yüksekliği
A	Fanın hava giriş kesit alanı
t	Deney süresi
P1	Türbülator telinden önceki hava basıncı
P2	Türbülator telinden sonraki hava basıncı
msk	Isıtılan suyun miktarı
ms	Isıtılan suyun debisi
diic	İç cidardaki boru iç çapı
ddic	İç cidardaki boru dış çapı
didıs	Dış cidardaki boru iç çapı
dddıs	Dış cidardaki boru dış çapı
Cps	Suyun özgül ısısı
$\rho$	Yoğunluk
L	Çift cidarlı borunun uzunluğu
$\nu$	Havanın kinematik viskozitesi
Q	Suya aktarılan ısı enerjisi
$\eta$	Isıl verim
mh	Havanın kütledebisi
Vh	Havanın hacimsel debisi
vo	Isıtıcıdan önceki hava hızı
vi	Isıtıcıdan sonraki hava hızı
Ay	Isıtma yüzeyi
Re	Reynolds sayısı
$\alpha$	Konveksiyon ısı transfer katsayısı
$\Delta T_m$	Ortalama logaritmik sıcaklık farkı
K	Isı transfer katsayısı

## ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1	Alev borulu kazan (Özkan, 1984)..... 3
Şekil 2.2	Üç geçişli skoç buhar kazanının yandan kesit görünüşü..... 4
Şekil 2.3	Üç geçişli bir skoç buhar kazanının önden kesit görünüşü..... 4
Şekil 2.4	Düşey alev duman borulu kazan ..... 5
Şekil 2.5	Düşey duman borulu semaver tipi buhar kazanı(TMMOB, 1977)..... 6
Şekil 2.6	Su borulu paket kazan..... 6
Şekil 2.7	Su borulu paket kazan..... 7
Şekil 3.1	Düzlem levha üzerinde sınır tabaka oluşumu..... 8
Şekil 3.2	Boru veya kanal girişinde sınır tabakanın oluşumu..... 9
Şekil 3.3	Boru içinde suyun türbülanslı olarak akması halinde ısı taşınım katsayıları... 9
Şekil 3.4	Az ve orta kanat sayılı borular..... 12
Şekil 3.5	Thermoexcel-E tipi değişik yüzey formlu borunun imalatı..... 12
Şekil 3.6	Gewa-T tipi boru..... 13
Şekil 3.7	Gewa-TX borusu..... 13
Şekil 3.8	General Atomics in sızal kanatlı borusu ve Wieland in micro-fin borusu.... 13
Şekil 3.9	İç ve dış yüzeyleri kanatlı olan Turbo-Chil borusu (Hagen, 1999)..... 14
Şekil 3.10	İç yüzeyi sızal kanatlı boru kesit resmi..... 14
Şekil 3.11	Duman borulu kazanlarda kullanılan bazı Türbülator tipleri..... 15
Şekil 3.12	Duman borulu kazanlarda kullanılan bazı türbülator tipleri..... 16
Şekil 3.13	İçinden geçen akışkanı yerdeğiştirme prensibine göre karıştırma işini yapan cihaz..... 16
Şekil 3.14	Boru içersine konan sızal telli bir türbülator..... 17
Şekil 3.15	Boru içersine konan akordiyon şeklinde kıvrılmış sac türbülator..... 17
Şekil 3.16	Boru içersindeki bir türbülator telinin kesit resmi..... 17
Şekil 4.1	Fanın kesit alanındaki karakteristik değerler..... 18
Şekil 4.2	Akordiyon şeklindeki sac levha türbülator ..... 19
Şekil 4.3	Sızal telli türbülator teli..... 19
Şekil 4.4	Dairesel kesitli levhalardan oluşan özel bir türbülator..... 20
Şekil 4.5	Deney düzeneğinin bir adet teknik resmi..... 20
Şekil 4.6	Deney düzeneğinin bir resmi..... 21
Şekil 4.7	Deney düzeneğinin yandan görünüşü..... 21
Şekil 4.8	Deney düzeneğinin önden görünüşü..... 22

## **ÖNSÖZ**

Bu tez çalışmamda, ısı transferini artırma yöntemleri üzerinde durulmuş, bunlara ait örnekler verilmiştir. Değişik türbülator tellerinin verimleri deneysel bir çalışma ile gözlemlenmiş, hangisinin daha fazla verimli olduğunun anlaşılmasına çalışılmıştır.

Bu tez çalışmasında bana çok büyük yardımları bulunan Sn. Prof. Dr. İsmail TEKE'ye, yaptığımız çalışmaları uygulamaya geçirmemde yardımcı olan ERENSAN'a, Erensan Fabrika Müdürü Sn. Mak. Yük. Müh. Ahmet ALTUNDİREK'e ve burada adlarını sayamadığım, bana yardımcı bulunan herkese sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Makina Mühendisi Orkun UĞUR



## ÖZET

Isı taşınım katsayısını artırmanın iki yolu vardır. Bunlardan birincisi pasif yöntemler, ikincisi ise aktif yöntemlerdir. Aktif yöntemler, dışarıdan ilave bir güç kullanmak vasıtasıyla ısı taşınım katsayısını yükseltmektir. Pasif yöntemler ise dışarıdan herhangi bir güce gerek kalmadan ısı transferini yükseltebilen yöntemlerdendir. Kanatlı borular ve türbülötörler bu sınıfa girerler. Duman borulu kazanlarda da benzer bir durum vardır. Kazanın ısı kapasitesini artırmak için, boruların içinden geçen sıcak duman gazlarının kolayca baca yoluyla dışarı atılması önlenmeli ve akışın mümkün olduğu kadar türbülanslı bir akış olmasına çalışılmalıdır. Bu görevi yapan cihazlara türbülötör adı verilir.

Değişik türbülötör tellerini hazırlamış olduğum bir deney düzeneğinde, aynı koşullarda, test etmek vasıtasıyla hangisinin daha verimli olduğu sorusuna cevap bulmaya çalıştım.

Bu türbülötör tellerinin verime etkisi %10-12 dolaylarında olmakla beraber, enerji tasarrufu açısından incelenmesi büyük önemlilik arzeder.

**Anahtar Kelimeler :** Türbülötör, ısı taşınımı, ısıtma

## **ABSTRACT**

**There are two ways to increase the heat coefficient. The first group is passive method, and the second one is the active method. At active methods, heat transfer coefficient is being increased by giving an external energy in to the system, to increase the heat transfer.**

**For example, the externally finned tubes and the turbulators can be classified in this group. The passive methods are also be used at the boilers. In order to increase the heat capacity of the boilers, we can use the turbulators. So that, the hot gases are not thrown by the chimney, so easily. And by this way, flow will be more turbulence and give heat much more. This action make the heat increase.**

**By the result of my experimens, i ubserve that by using the turbulators, we can increase efficiency about %10-12. That increase at the efficiency makes energy possession.**

**Keywords : Turbulator, enhanced heat transfer, heat, boilers**



## 1. GİRİŞ

Isı enerjisi artık yaşamımızın vazgeçilemez bir öge olmuştur. Gerek sanayide gerekse evlerde ısı enerjisine muhtacız. Ancak bu enerji oldukça pahalı bir enerji olup, tükenebilir yakıtlar kullanılarak üretilir. O zaman bizim enerjiyi en tasarruflu şekilde kullanmamız gerekmektedir. Dolayısıyla elimizdeki ürünü en verimli olacak şekilde dizayn etmeye ve kullanmaya mecburuz. İşte bu noktada işin içine ısıtma yüzeyini artırmak yoluyla verimin yükselmesine sebebiyet veren türbülötörler giriyor. Çok değişik tip ve şekillerde üretilen bu ürünlerin hangisinin en verimli olduğunu ancak, deneysel çalışmalarla anlayabiliriz. İşte ben tez çalışmamda bu konu üzerinde durdum. Önce bu amaçla yapılmış verimi artırıcı elemanları inceledim, sonra da değişik türbülötörleri hazırladığım bir deney düzeneğinde teste tabi tuttum.

Benim kanıma bu tip enerjiyi daha hesaplı kullanmamızı sağlayacak, ısı verimi yükseltecek ürünler hakkında daha çok şey bilmeli ve geliştirmeliyiz.



## 2. KAZANLARIN TARİHİ ve TANIMI

Kazanlar, herhangi bir yakıtın (katı, sıvı, gaz) yakılmasıyla veya elektrik ya da nükleer enerji kullanmak suretiyle meydana getirilen ısıdan yararlanılarak su veya başka herhangi bir sıvıdan, istenilen sıcaklık ve basınçta sıvı veya buhar elde edilmesini sağlayan kapalı bir kaptır.

Kullanılma amacına göre değişik sıvılarda çalışan kazanlar vardır. Örneğin sıcaklığın çok yüksek olduğu yerlerde su ile çalışmak problemlidir. Onun için böyle yerlerde termal yağlar kullanılır. Eğer ısı iletim sıvısının sıcaklığının 316°C olmasının istendiği bir yerde akışkan seçimini yapmak istersek;

- Su 100°C nin üzerinde buhar fazına geçer.180°C deki doymuş kuru buhar basıncı 10.225 kg/cm<sup>2</sup> dir.260°C deki doymuş kuru buharın basıncı 47.866 kg/cm<sup>2</sup>, 316°C deki buharın basıncı ise 107.55 kg/cm<sup>2</sup> dir. Görülüyor ki sıcaklık arttıkça bu sıcaklığa karşılık gelen buhar basıncı çok artmaktadır. Böyle bir durumda basıncın yüksek olması sebebiyle, tesisatın ilk kurulum maliyetleri çok yükselir. Ayrıca böyle bir tesisatın işletilmesi ve bakımı da çok zor ve tehlikelidir.
- Yüksek sıcaklıklara çıkılmak istendiğinde diğer bir alternatif de kızgın buhardır. Kazandan çıkan doymuş kuru buhar bir kızdırıcıdan geçirilmek suretiyle sıcaklığı yükseltilir. Ancak bu sistemde de kızgın buharın sıcaklığını kontrol altında tutmak çok zordur. Ayrıca çok yüksek sıcaklıklara çıkılamaz.
- Diğer bir alternatif ise kızgın sulu sistemlerdir. Bu sistemlerde sıcak su tesisatı basınç altında tutularak, suyun kaynama noktası yükseltilir. Böylece suyun buharlaşmasına imkan vermeden yüksek sıcaklıklara çıkılabilir. Bu sistemde de çok yüksek sıcaklıklara çıkılamaz.
- Kızgın yağlı sistemlerde ise yağın kaynama noktası suya oranla daha yüksek olduğu için yüksek sıcaklıklara çıkılabilir. Bu tip sistemler sıcak sulu sistemlerin mantığında çalışır. Burada da önemli olan sistemde kullanılacak olan termal yağın cinsi ve özellikleridir. 320°C sıcaklığa kadar mineral esaslı termal yağlar kullanılabilirken, 320°C nin üzerindeki sıcaklıklarda sentetik esaslı termal yağlar kullanılmalıdır. İşletme basıncı çok düşük olup işletmesi ise daha kolaydır.

Yukarda yapmış olduğum kıyaslama doğrultusunda sıcaklığa bağlı olarak değişik ısı iletim sıvılarının bulunduğunu söyleyebiliriz.

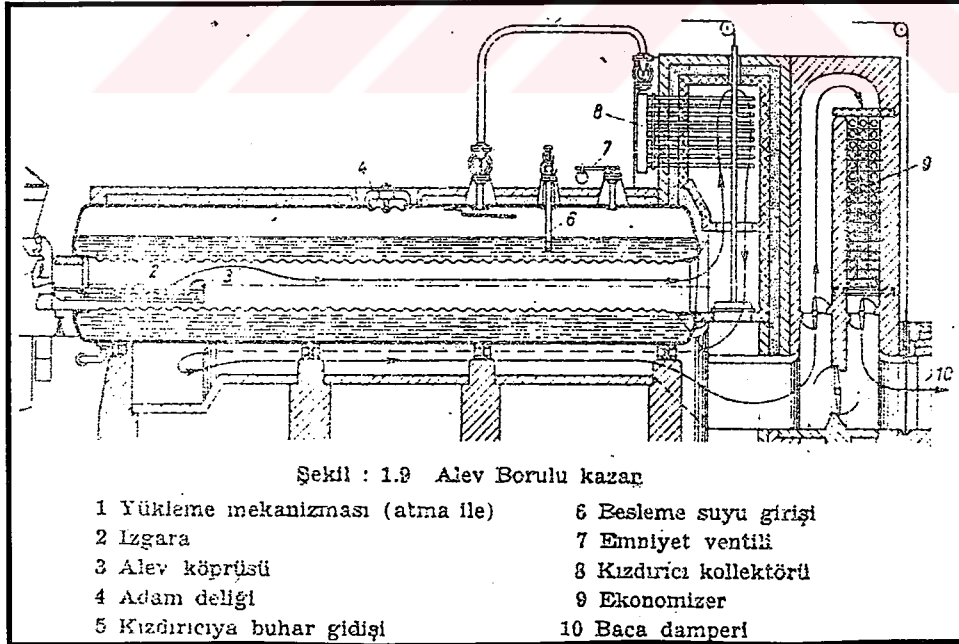
İlk buhar kazanı, 1680'de Fransız fizikçisi Denis Papin tarafından yapıldı.(Özkan, 1984) Aslında bu bir buhar üreten tencereydi. Fakat bu tarihten itibaren de su buharının potansiyel kuvveti, mekanik kuvvet olarak kullanılmaya başlandı. 1696 da Savery'nin yapmış olduğu buhar makinası basıncı, vakumu ve yoğunlaştırmayı birleştiren ilk makinadır. Thomas Newcomen 1712 yılında suyu dışarı pompalayabilecek bir buhar makinasını icat etmiştir. Daha sonraki yıllarda buharın potansiyel gücü kullanılarak lokomotif, araba gibi çok çeşitli makinalar icat edilmiştir.

Buhar kazanları duman borulu ve su borulu olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Her ikisinin de yerine göre kullanılmasının uygun olduğu zamanlar vardır. Duman borulu kazanlar, alev borulu ve alev duman borulu kazanlar olmak üzere iki gruba ayrılır. Sıcak su kazanları ise alev duman borulu olarak imal edilirler.

## 2.1 Duman Borulu Kazanlar

### 2.1.1 Alev borulu kazanlar

Alev borulu kazanlar, ortalarında boydan boya geçen bir veya daha fazla sayıda alev borusu olan silindirik kazanlardır. Yakıt genellikle alev boruları içerisinde yakılmakla beraber, düşük kalorili kömürler kazan dışındaki ocaklarda yakılırlar. Yanma gazlarına kazan içerisinde mümkün olduğunca uzun bir yol izlettirilerek, ısısının büyük bir kısmını suya aktardıktan sonra bacaya gönderilir.

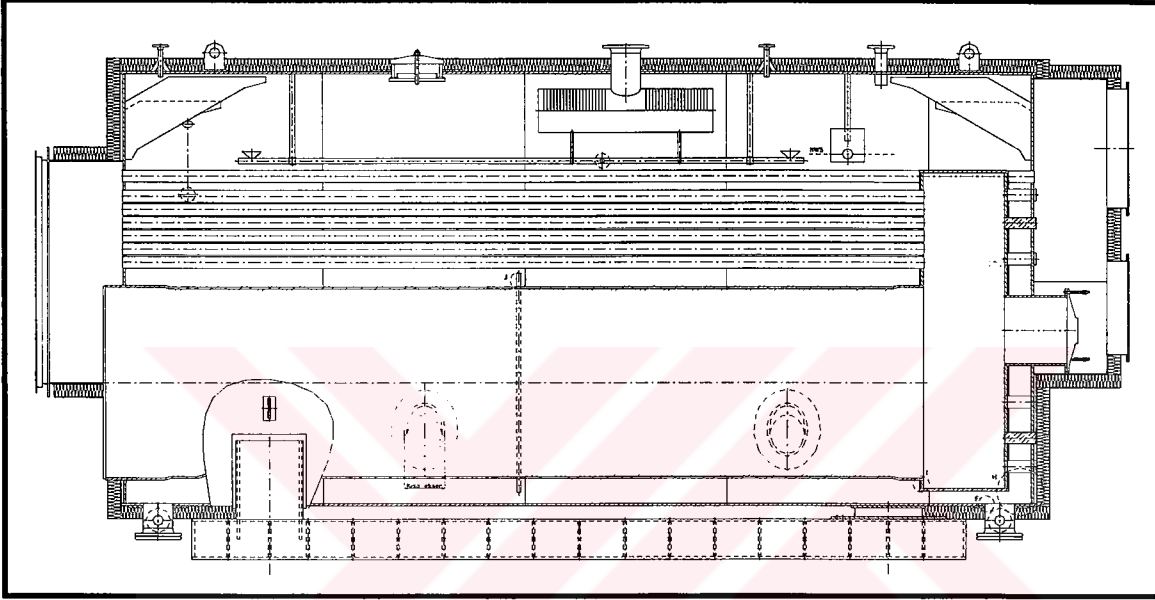


Şekil2.1 Alev borulu kazan (Özkan, 1984)

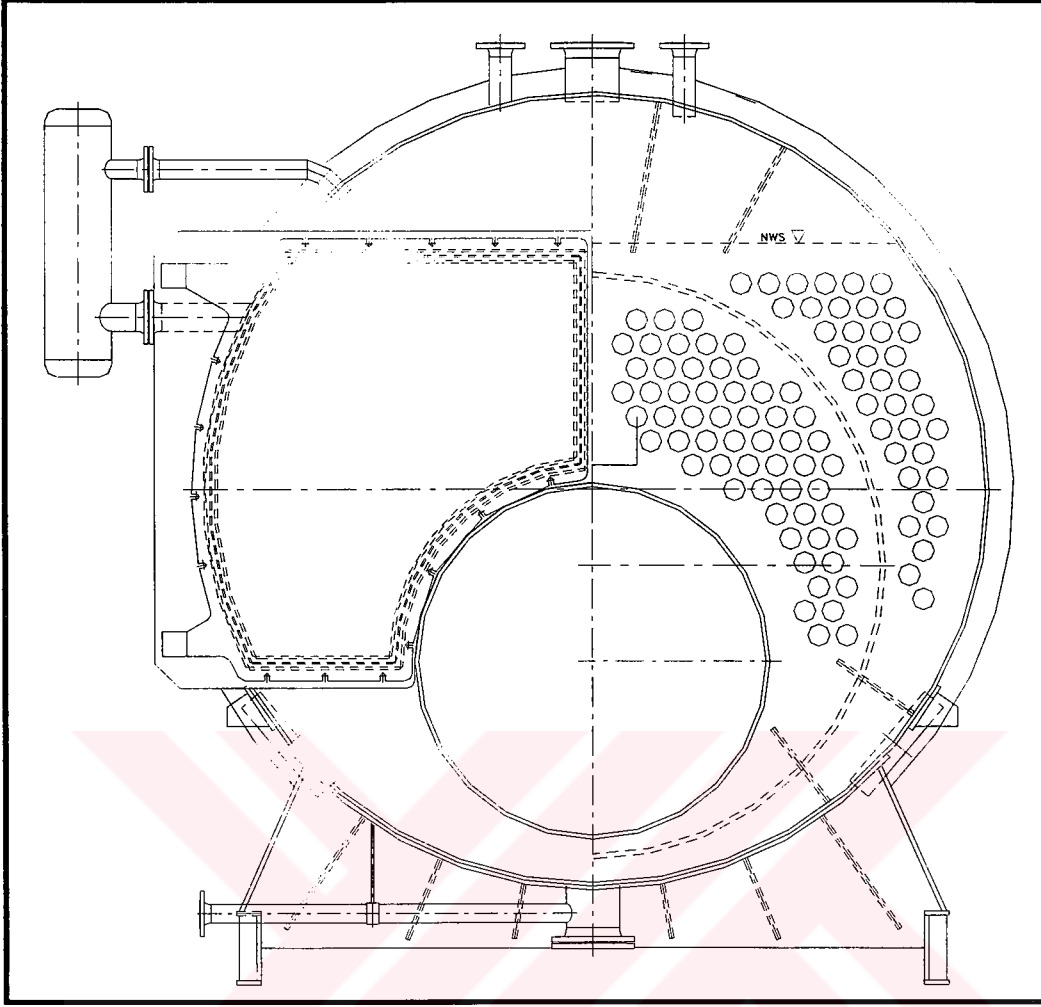
Bu kazanların tek alev boruluları 16 atü ye kadar buhar üretebilmekte ve ısıtma yüzeyleri 20-60 m<sup>2</sup> kadar yapılabilmektedir. Birden fazla alev borusunun bulunması halinde 18-20 atü basınca ve 160-600 m<sup>2</sup> ısıtma yüzeyine kadar çıkılabilir.(Özkan, 1984)

### 2.1.2 Alev duman borulu kazanlar

Alev-duman borulu kazanlarda, alev borusunun son kısmının yerini, çapları 50-80mm arasında olan 3-4 mm et kalınlığındaki çok sayıda borular alır. Böylelikle daha küçük bir hacimde oldukça büyük bir ısıtma yüzeyi sağlanmış olur.



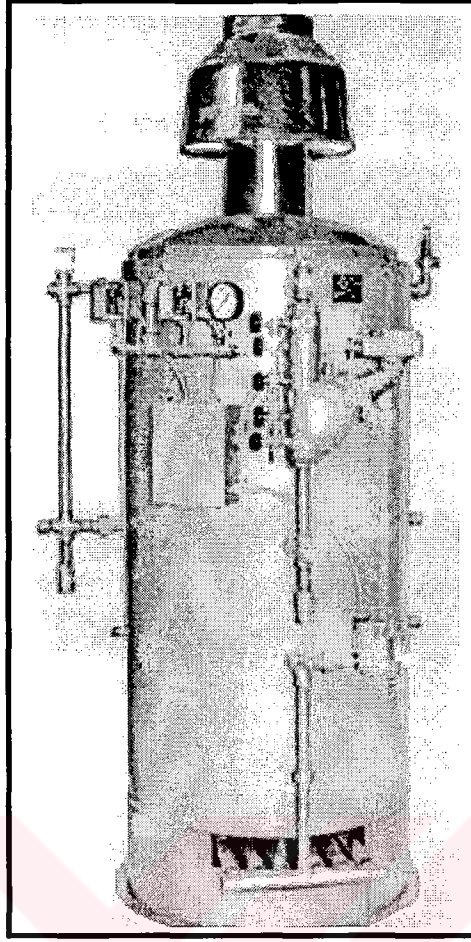
Şekil 2.2 Üç geçişli skoç buhar kazanının yandan kesit görünüşü



Şekil 2.3 Üç geçişli bir skoç buhar kazanının önden kesit görünüşü

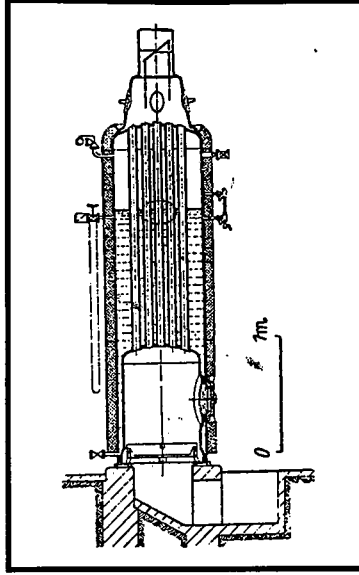
### 2.1.3 Düşey alev-duman borulu kazanlar

Bunlar, içten ocaklı az yer kaplayan ve portatif olarak da kullanılmaya elverişli kazanlardır. Duman boruları düşey olarak konumlanmıştır. Kapasite aralığı yatay alev-duman borulu buhar kazanlarına göre çok daha sınırlıdır.



Şekil 2.4 Düşey alev duman borulu kazan

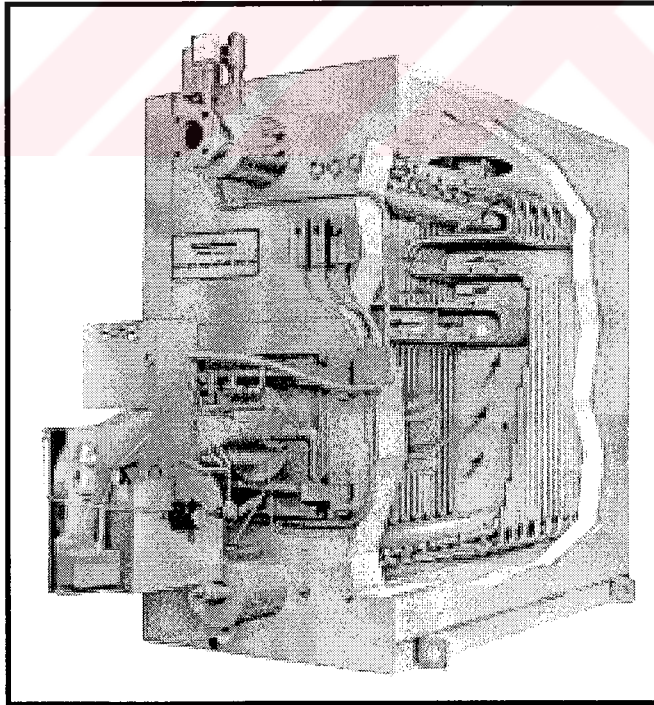
Bu kazanların diğeri bir adı da semaver tipi kazanlardır. Duman borularının su-buhar kesiminde korozyonu, buhar kesiminde boru yanmasını önlemek için bükülerek su kesimi altında, yandan dışarı alınmaları yaygındır. Küçük boy kazanlar arasında, buhar üretimine oranla, küçük bir yatay alan kaplarlar. Katı yakıt kullanılması durumunda, kazan ile temel arasına dairesel bir ocak yerleştirilir. Çapraz ya da aksel duman borulu, gerekli halde de kızdırıcı olarak imal edilirler.



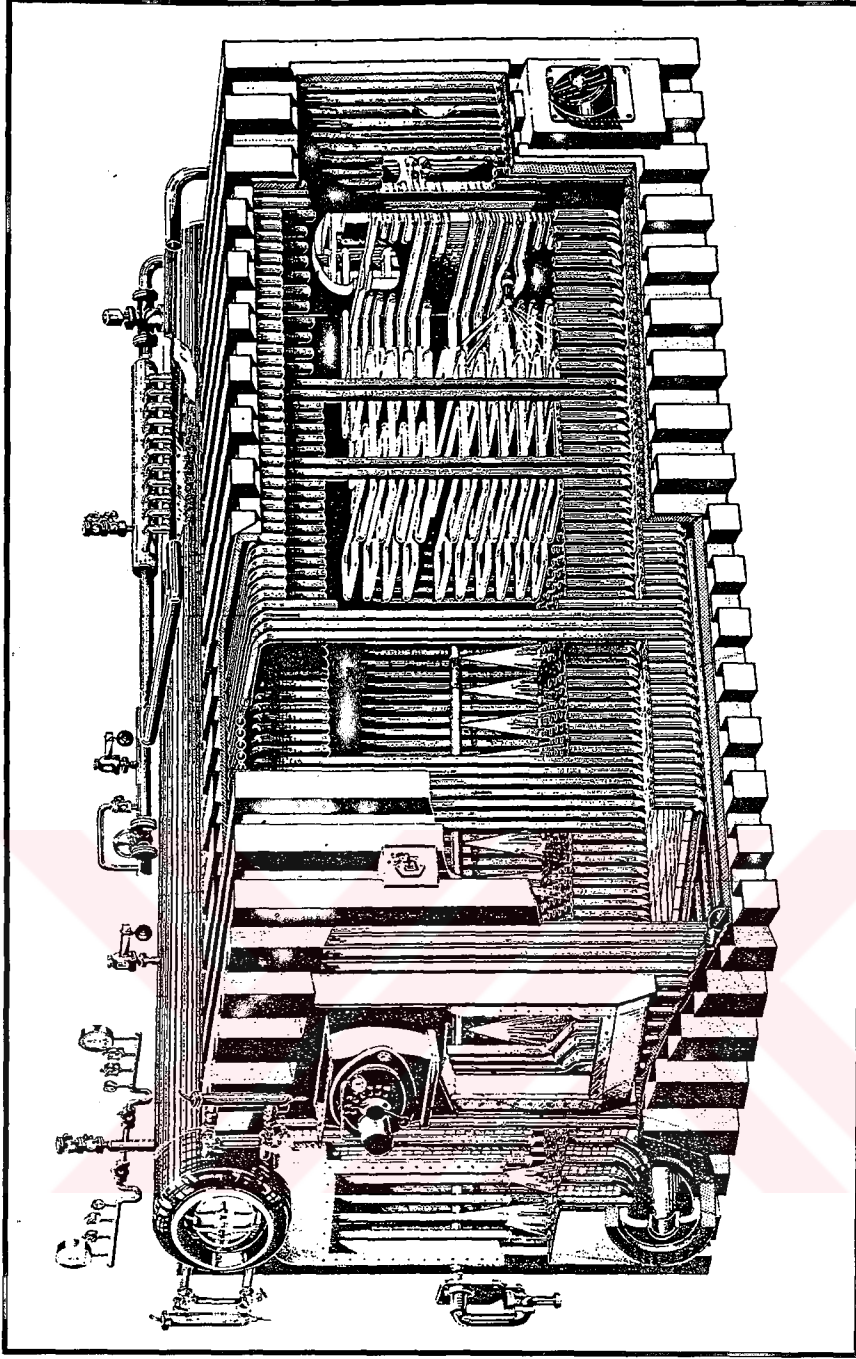
Şekil 2.5 Düşey duman borulu semaver tipi buhar kazanı (TMMOB, 1977)

## 2.2 Su Borulu Kazanlar

Bunlar içinde doğal ya da zorlamalı konveksiyon sonucu dolaşan doymuş suya, boru dışındaki sıcak yanma ürünlerinden ısı aktararak buhar üretilir. Yapıları, alev borulu kazanlara oranla çok daha karmaşıktır. Genellikle 50-80 mm çapında olan yükseltici borular, sistem basıncına göre dikişli veya çelik çekme olur. Buhar üretimleri fazladır, ocak hacimleri büyüktür. Ocak duvarlarındaki su borularına ısı iletimi, büyük ölçüde ışıma ile olur.



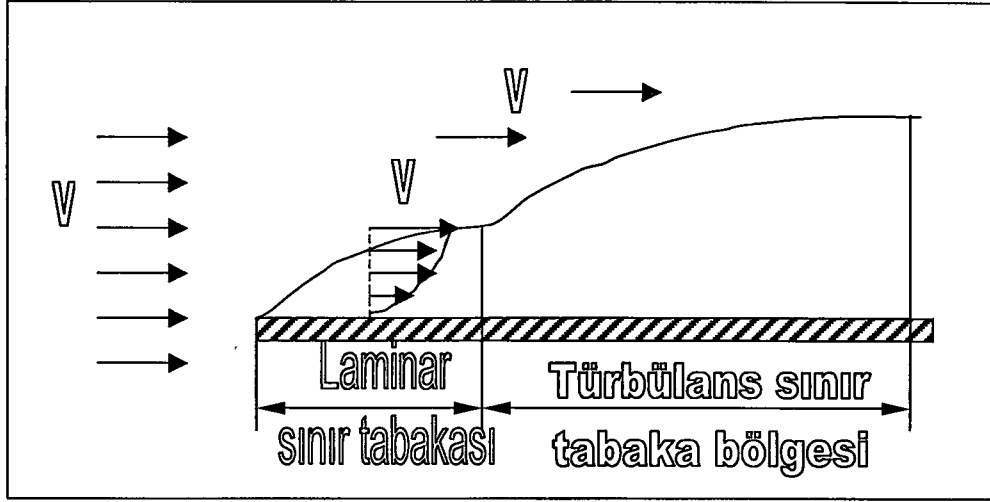
Şekil 2.6 Su borulu paket kazan



Şekil 2.7 Su borulu paket kazan

### 3. ZORLANMIŞ ISI TAŞINIMI

Fanlı hava ısıtıcıları ve serinleticileri, zorlanmış hava (veya su) soğutmalı yoğuşturucu veya buharlaştırıcılar, sıvı hareketinin bir pompa ile sağlandığı ısı değiştiricileri, ısı geçişinin esas olarak zorlanmış taşınım ile olduğu cihazlara ait en önemli örneklerdir.



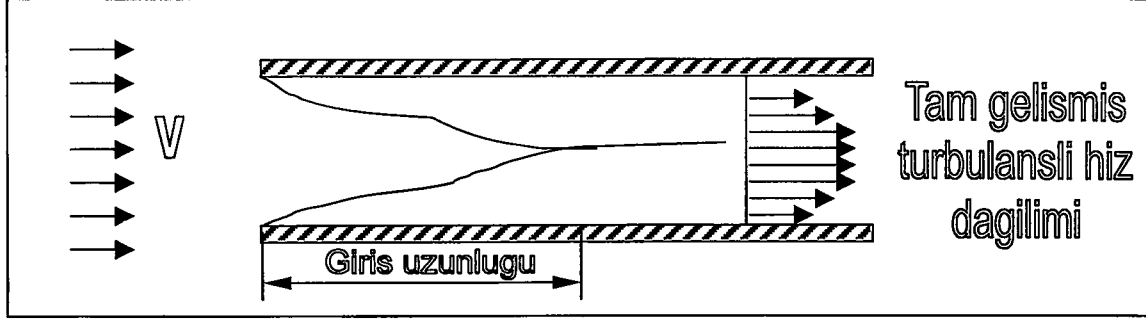
Şekil 3.1 Düzlem levha üzerinde sınır tabaka oluşumu

Bir akışkan levha üzerinden aktığı zaman Şekil 3.1 de görüldüğü gibi akışkan içersinde, levhaya bitişik kısımda sınır tabaka adı verilen bir bölge oluşur. Levhanın üzerinde akışkan hızı sıfır iken, sınır tabakanın bittiği yerde serbest akış hızına ulaşır.

Levha ile akışkan arasındaki sıcaklık değişiminin (ısıl direncin) bu tabaka içinde yoğunlaşmış olması nedeniyle, sınır tabakanın oluşumu çok önemlidir.

Sınır tabakanın kalınlığının artması durumunda ısıl direnç te artacağı için, ısı taşınım katsayısı azalacaktır. Levhanın uç kısmında sınır tabaka kalınlığı teorik olarak sıfır ve ısı taşınım katsayısı sonsuz değerlerindedir. Sınır tabaka kalınlığının bir kritik noktası vardır. Bu noktaya kadar orantılı olarak artan sınır tabaka kalınlığı, bu noktadan itibaren bu kuralı bozarak ani bir artış gösterir. Bu kritik noktaya geçiş bölgesi denir. Bu kritik noktanın öncesindeki bölgeye laminar zorlanmış akım bölgesi adı verilir, sonrasındaki bölgeye ise türbülanslı zorlanmış taşınım bölgesi adı verilir. Laminar sınır tabakanın bittiği nokta ile türbülanslı sınır tabakanın oluştuğu kısım arasındaki bölgeye geçiş bölgesi adı verilir. Düzgün uçlu bir düzlemsel levha için, uçtan itibaren ölçülen uzaklığa göre tanımlanmış reynolds sayısının yaklaşık 300.000 ile 500.000 değerlerinde, türbülanslı akış başlar(ASHRAE, 1996). Küt uçlu levhalarda türbülanslı akış, reynolds sayısının çok daha küçük değerlerinde başlayabilir.

Uzun borular ve hidrolik çapı küçük kanallar içerisindeki akışlarda, hızın yeteri kadar küçük tutulabilmesi durumunda laminar bölge, her bir cidardaki sınır tabakalarının birbirine karışmasına kadar devam eder ve bundan sonra da hız dağılımı hiç değişmeden kalır. Akış hiçbir zaman türbülanslı akışa geçmez. Böyle akışlara tam gelişmiş laminar akış adı verilir.

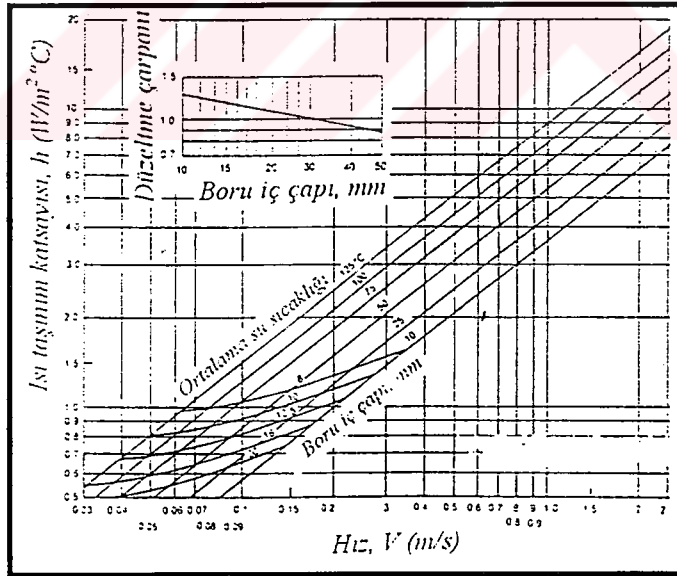


Şekil 3.2 Boru veya kanal girişinde sınır tabakanın oluşumu

Şekil 3.2 de görüldüğü üzere büyük çaplı borularda veya yüksek hızlı akışlarda, türbülansa geçiş meydana gelebilir. Bu duruma tam gelişmiş türbülanslı akış adı verilir. Karakteristik uzunluk olarak (3.1)'den hesaplanabilen borunun hidrolik çapı esas alınır.

$$D_h = 2 \cdot r_h = 4 \cdot (\text{Akış kesit alanı}) / (\text{Toplam ıslak çevre}) \quad (3.1)$$

Düzgün borular için Reynolds sayısının 2100 değerinin altında akış laminar, 10.000 değerini üzerinde ise türbülanslıdır.



Şekil 3.3 Boru içinde suyun türbülanslı olarak akması halinde ısı taşınım katsayıları

### 3.1 Zorlanmış Isı Taşınımını Artırma Teknikleri

Isı geçişini artırmak için iki yöntem vardır.

- Pasif yöntemler; ısı geçişini artırmak için ilave bir güce ihtiyaç duyulmaz. Örneğin boru içlerine konan türbülötörler, boru yüzeylerini pürüzlü yapılması, kanatlı yüzeyler burada sayılabilir.
- Aktif yöntemlerde ise; ısı geçişini artırmak için bir dış güce ihtiyaç vardır. Örneğin akışkanın bir araç vasıtasıyla karıştırılması, yüzeyin titreştirilmesi, akışkanın titreştirilmesi ve akışkana elektrostatik bir alan uygulanması sayılabilir.

Isı geçişini artırıcı bir yöntemin etkinliği, esas olarak ısı geçişinin biçimine veya kullanılan ısı değiştiricinin tipine bağlıdır.

#### 3.1.1 Aktif yöntemlerle ısı taşınımını artırma yöntemleri

Mekanik dış yardımcı ısı geçişini artırıcı yöntemler çoğunlukla pişirme, kurutma gibi işlemlerinde kullanılırken, elektrostatik yöntemler, henüz sadece prototip ısı değiştirgeçerinde, bu yöntemlerin tanıtımı için kullanılmaktadır.

Isı geçişini artıran elektrohüdrodinamik(elekrostatik) tekniklerde, akışkan elektriksel olarak indüklenerek, ısı geçişi olan yüzey yakınındaki ısı sınır tabaka içindeki ikinci dereceden olan hareketlerin kararlılığı bozulur. Bunun sonucu olarak da cidardaki ısı taşınım katsayısı artar. Isı geçişini artırmanın büyüklüğü;

- Potansiyel alanı, polarite, elektrodların geometrisi ve aralarındaki uzaklık gibi, elektriksel alanının özelliklerine,
- Kütleli debi, sıcaklık, yoğunluk, akışkanın elektriksel geçirgenliği gibi akışkanın özelliklerine,
- Isı geçiş yüzeyinin, düz, pürüzlü veya kanatlı olması gibi özelliklerine,

bağlıdır.

Akışkan titreştirme metodu ısı eşanjörleri büyük kütleli olduğu için içlerinde en pratik olan tiptir. Akışkana 1 Hz civarlarında titreşim verilir. En çok tek fazlı akışkanlarda kullanılır.

### 3.1.2 Pasif yöntemlerle ısı taşınımını artırma yöntemleri

Isı geçişini artırıcı yöntemler, sistemdeki büyük ısı dirençlerinin olduğu yerlerde uygulanır. Bunun nedeni, ısı direncin küçük olduğu kısımlarda, zaten ısı taşınım katsayısı büyük değerdedir. Bir sistemde ısı geçişini artırıcı yöntemler uygulandığında, bu sistemdeki sürtünme katsayılarındaki artışlar, muhakkak göz önüne alınmalıdır.

Borular içine ısı geçişini artırıcı elemanlar koymak suretiyle, boruların yüzeylerini pürüzlendirmek yoluyla, borulara kanat adı verilen tırnaklar koymak yoluyla, ekstrüzyon veya talaşsız şekil verme yöntemleri ile yapılırlar.

Isı geçişini artırıcı elemanlar yüzünden ortaya çıkan sürtünme katsayısındaki büyüme, ısı değiştiricisinin boyunun kısaltılması veya akışkan debisinin azaltılması ile, ısı kaybında ve pompalama gücünde bir artmaya neden olmayabilir. Bu husus, özellikle ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme cihazlarındaki uygulamalar için, Nelson ve Bergles(1986), tarafından geniş olarak incelenmiştir.

Duman borulu kazanlarda, etkin ısı direncin neden olduğu türbülanslı ısı taşınım katsayısını artırmak için, borular içine türbülantör adı verilen elemanlar yerleştirilir. Diğer taraftan, gaz sıcaklıklarının yüksek olması nedeniyle, ısınmış bu ilave elemanlardan, boru cidarlarına olan ısı ışıması, toplam ısı geçişinin %50 kadarıdır. (Dikkat edilirse, sıcaklık farkının azalması nedeniyle, sıcaklık farkının azalması nedeniyle, toplam ısı geçişindeki taşınımın etkisinin oranı azalırken, ışımanın etkisinin oranı artar).

#### 3.1.2.1 Dış yüzeyi kanatlı borular

Isı transfer yüzeyini artırmak amacıyla dış yüzeylerinde kanat ihtiva eden borulardır. Bunlar şekil verme ve ekstrüzyon yöntemleri ile üretilirler. Bir metre veya inç uzunluğunda bulunan kanat sayısı ile anılırlar. Bir inç teki kanat sayısı fpi (fins per inch), bir metredeki kanat sayısı da fpm (fins per meter) birimi ile ifade edilir. Az kanat sayılı borular (low finned tubes) ve orta kanat sayılı borular olarak birbirlerinden ayrılırlar. Standart az kanat sayılı borular 11, 19, 26, 30 ve 40 fpi dir(Thome,1990). Bu metre cinsinden 434, 750, 1026, 1184 ve 1579 fpm ye denk gelir. Orta kanat sayılı borular ise 60 fpi (2369 fpm) den fazladır, ancak bu değer in fazla üzerine kanatlar çok incelmeye başlayacağı için çıkılmamaktadır.

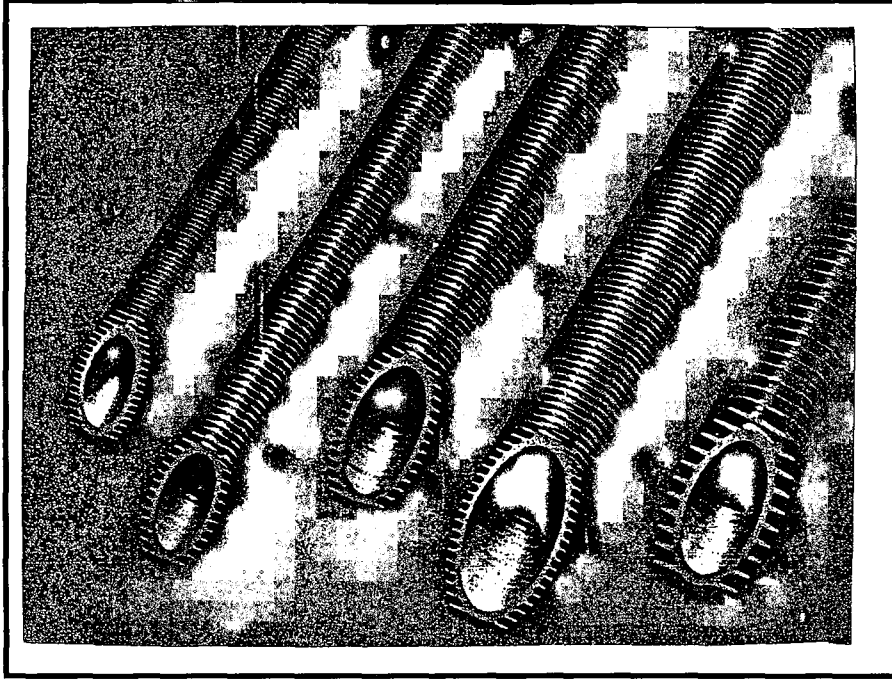
Çok farklı malzemelerden üretilmektedir. Bunların içinde en kolay yapılan malzeme alüminyumdur. Çalışma sıcaklıklarına göre ve kullanılacağı akışkanın fiziksel ve kimyasal özellikleri baz alınarak malzeme seçimi yapılır. Alüminyum, nikel bakır, düşük karbonlu

Çelikler sıklıkla kullanılanlarıdır. Paslanmaz elik titanyum, zirkonyumda hassas olması gereken, ısıl direncin çok önemli olduğu yerlerde de tercih edilirler. (Şekil 2.4) te az kanat sayılı ve orta kanat sayılı borulara ait bir örnek verilmiştir.

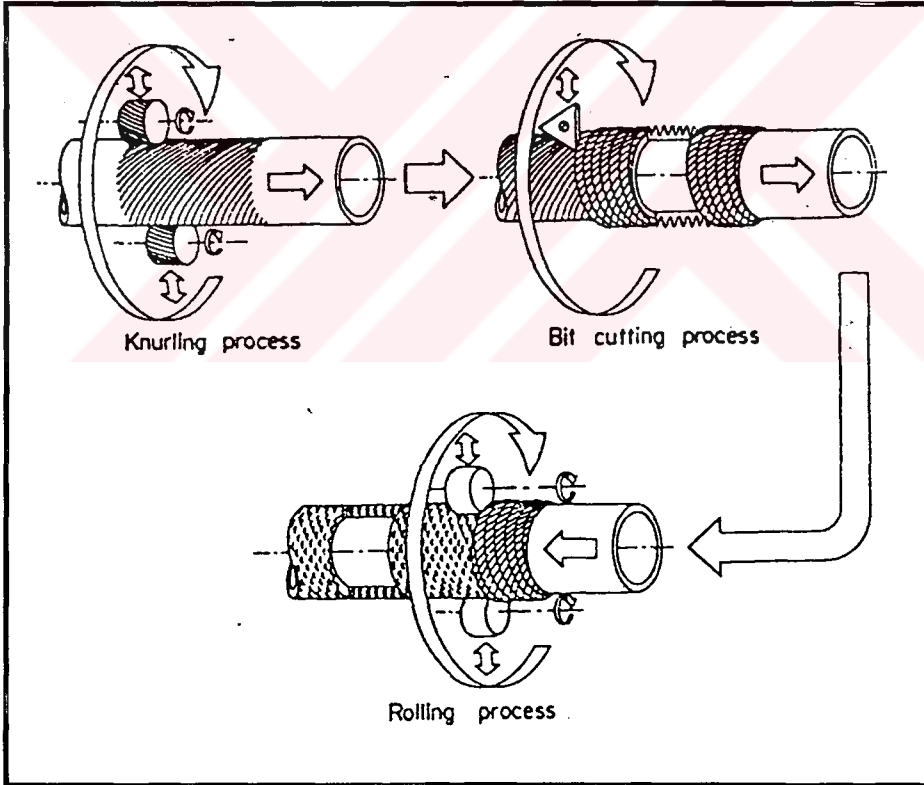
### 3.1.2.2 Değişik biçimli dış yüzeyi kanatlı borular

Boruların yüzeyine talaŐlı ve talaşsız Şekil verme yöntemlerini kullanarak değişik formlar verilebilir. Bazı standartlaŐmıŐ yüzey Őekilleri vardır. Hitachi 'nin Thermoexcel-E ismini vermiŐ olduğu boru tipi örnek olarak verilebilir.(Şekil 2.5) te bu Thermoexcel-E tipi borunun nasıl üretildiğine deėinilmiŐtir. Yine (Şekil 2.6) da "T" Şeklinde yüzey formu bulunan Gewa-T isimli boru tipi bulunmaktadır. Gewa-T serisi boruların kanat yoğunluğu 18,8 ile 25,3 fpi arasındadır. Bu boru tipinde oldukça geniş bir malzeme aralığı vardır.

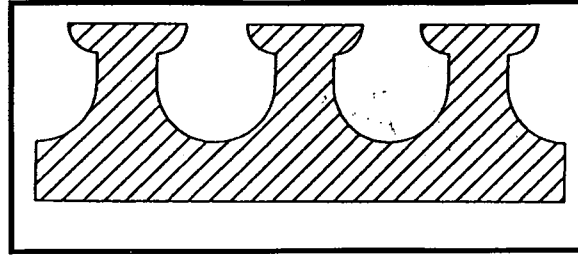




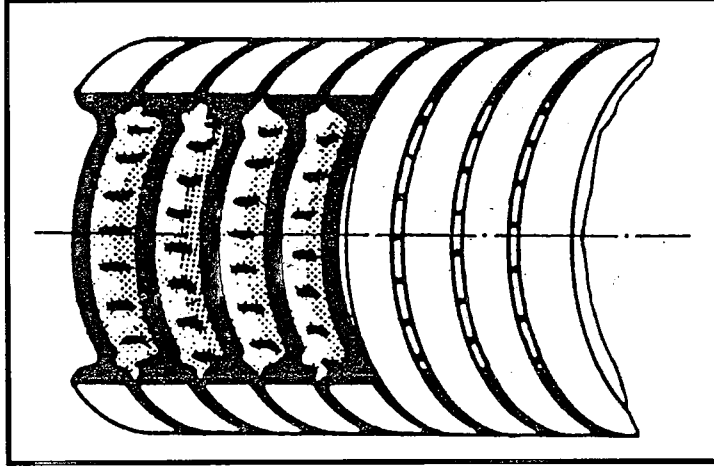
Şekil 3.4 Az ve orta kanat sayılı borular



Şekil 3.5 Thermoexcel-E tipi değişik yüzey formlu borunun imalatı



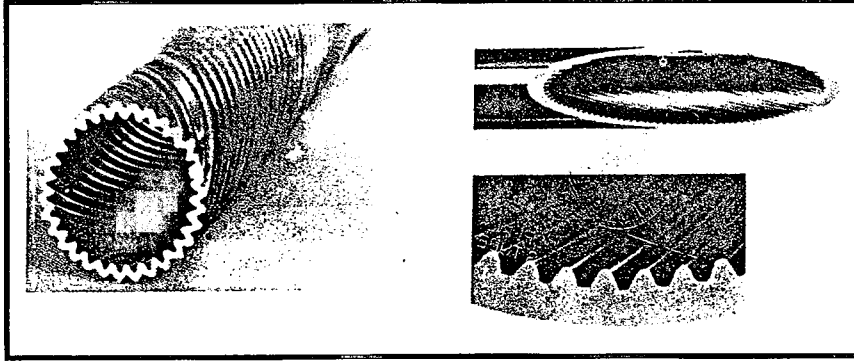
Şekil 3.6 Gewa-T tipi boru



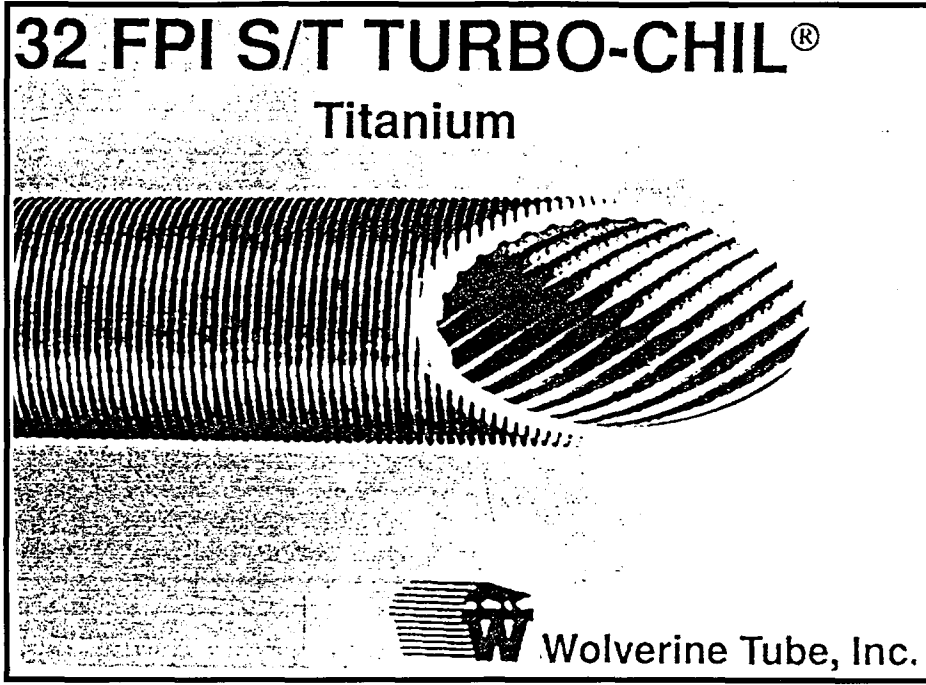
Şekil 3.7 Gewa-TX borusu

### 3.1.2.3 İç yüzeyi kanatlı borular

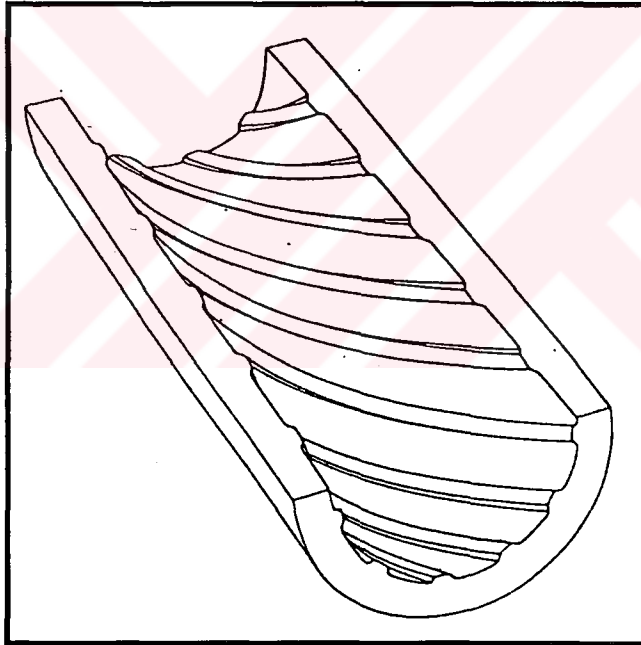
Isının transferini daha fazla artırabilmek için ısı transfer yüzeyini mümkün olduğunca artırmak şarttır. Bunun için dış yüzey kanatlı yapılabildiği gibi iç yüzeyinde de kanat oluşturulabilir. Genellikle buhar jeneratörleri gibi ısının transferinin çok hassas olduğu yerlerde tercih edilirler. (Şekil 2.9) de 32 fpi lik titanyumdan yapılmış Turbo-Chil borusu görülmektedir. İç ve dış yüzeyleri kanatlı bir yapı ihtiva eder.



Şekil 3.8 General Atomics in sipral kanatlı borusu ve Wieland in micro-fin borusu



Şekil 3.9 İç ve dış yüzeyleri kanatlı olan Turbo-Chil borusu (Hagen, 1999)

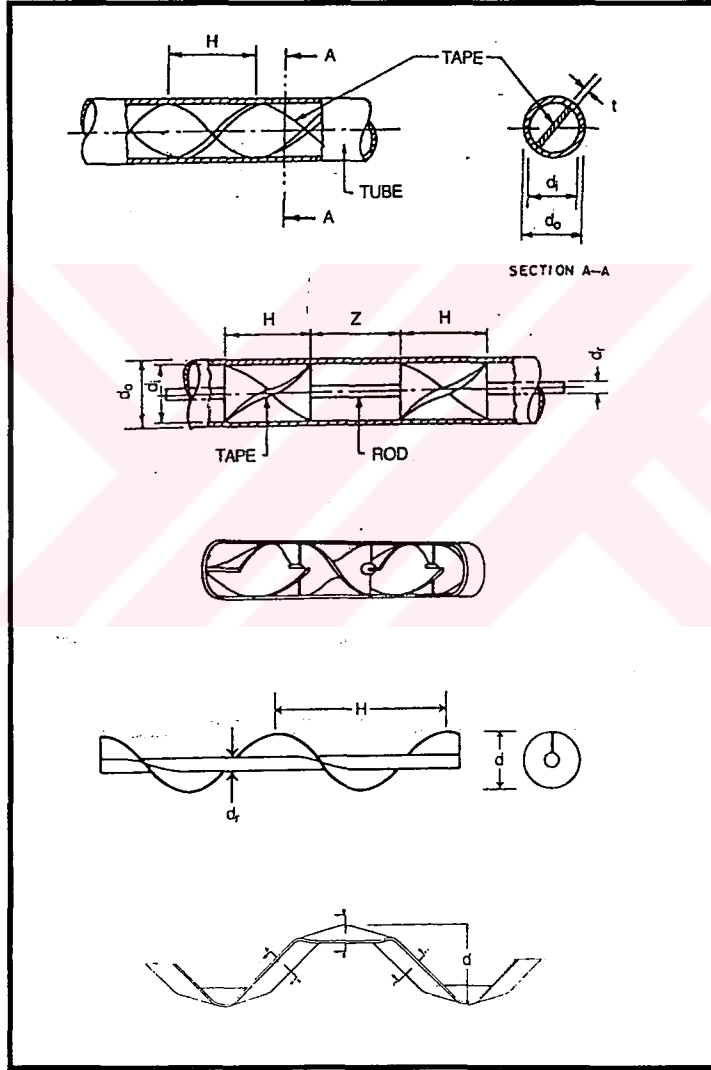


Şekil 3.10 İç yüzeyi sipral kanatlı boru kesit resmi

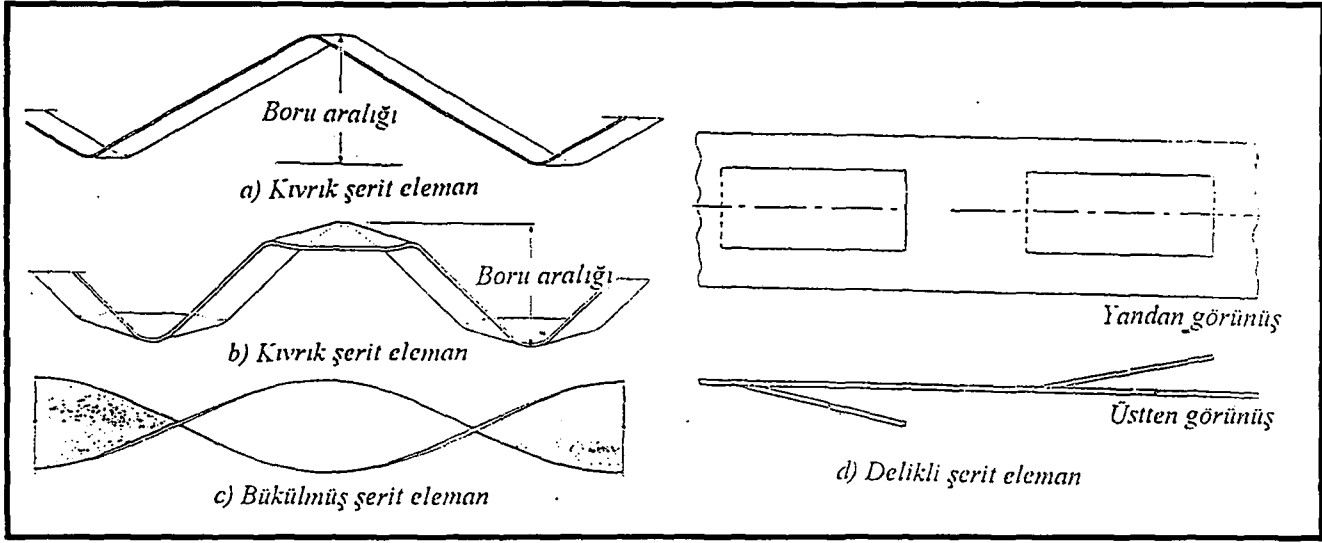
### 3.1.2.4 Boru içersine sonradan konan türbülátörler

Özel kanatlı boruların kullanılması çok pahalıdır. O nedenle ısı transferinin çok hassas olduğu özel sistemlerde kullanılırlar. Daha ucuz bir yöntem ise borunun içersine yerleştirilmiş bir türbülátördür. Çok hassas olmayan yerlerde daha sık kullanılır. Çünkü kendinden kanat yapısına sahip olan boruların ısı taşınım katsayıları çok daha yüksektir.

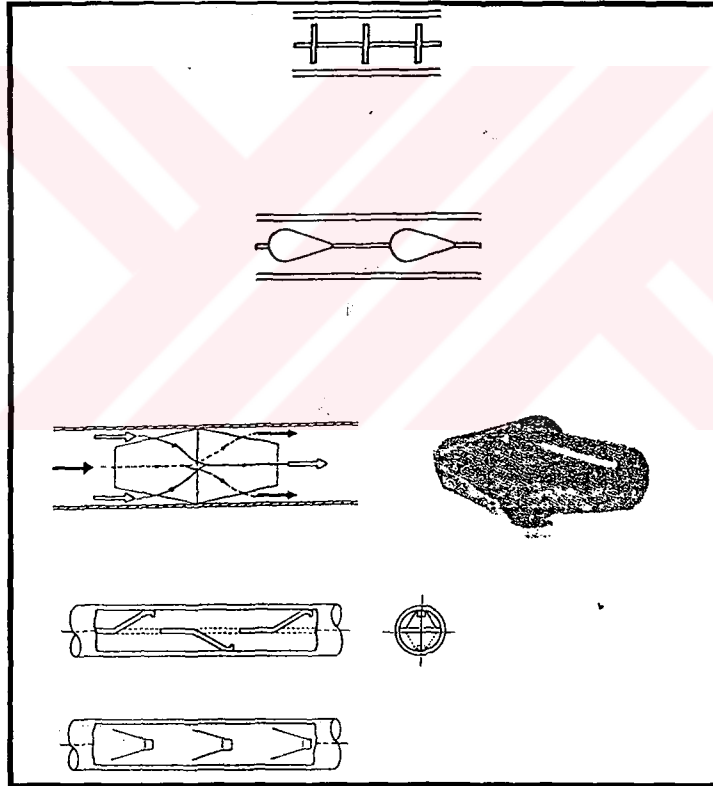
Bu amaçla çok farklı dizaynda türbülátörler üretilmiştir. Burada önemli olan, ısı taşınım katsayısı mümkün olduğu kadar yüksek olmalı, sürtünmelerden oluşan basınç kaybı en az olmalı ya da akışkanın veya havanın hareketini sağlayan fan veya herhangi bir cihazın bu basınç kaybını karşılayabilecek olmasıdır.



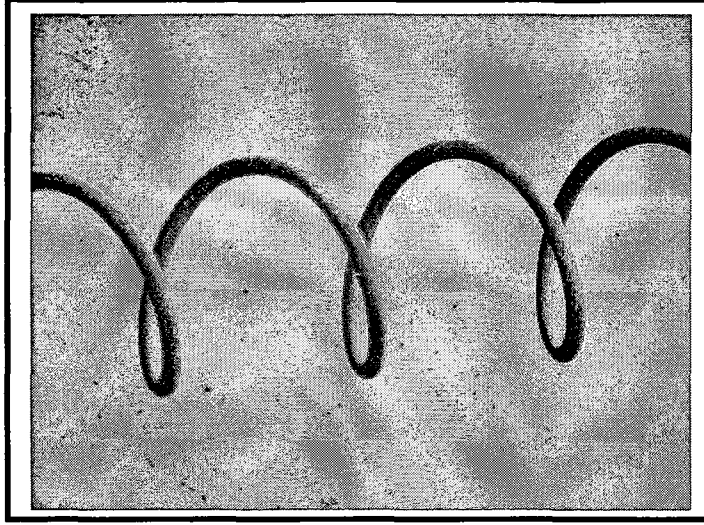
Şekil 3.11 Duman borulu kazanlarda kullanılan bazı Türbülátör tipleri



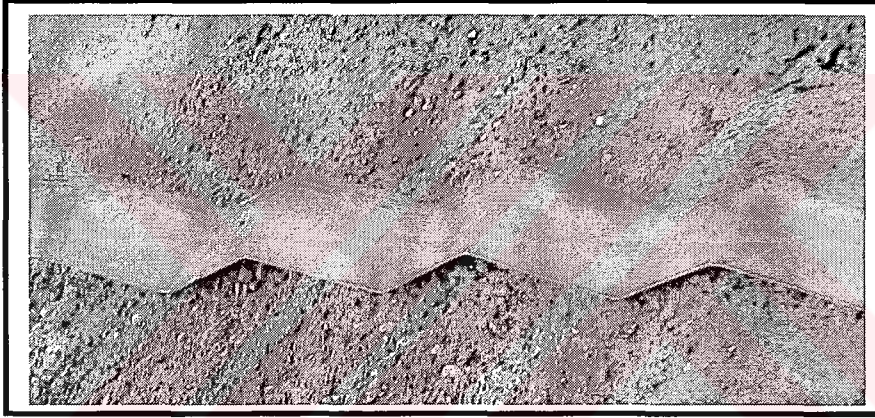
Şekil 3.12 Duman borulu kazanlarda kullanılan bazı türbülator tipleri



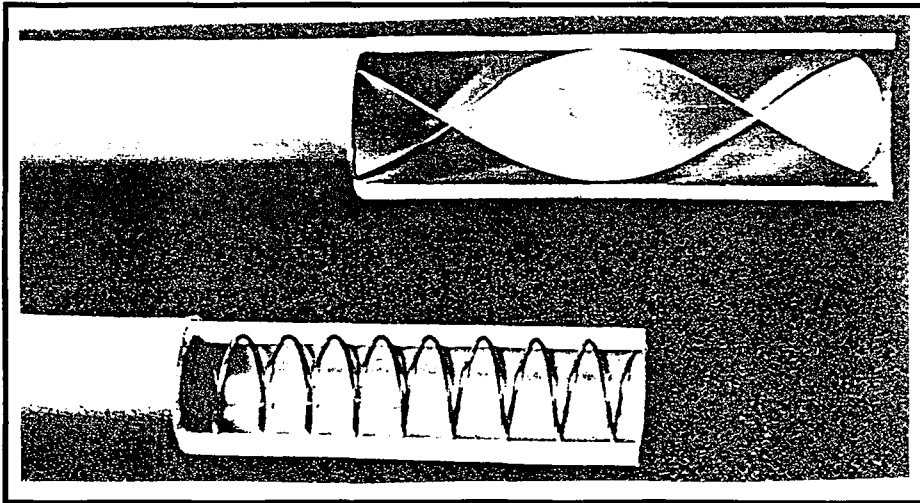
Şekil 3.13 İçinden geçen akışkanı yerdeğiştirme prensibine göre karıştırma işini yapan cihaz



Şekil 3.14 Boru içersine konan sipral telli bir türbülator



Şekil 3.15 Boru içersine konan akordiyon şeklinde kıvrılmış sac türbülator



Şekil 3.16 Boru içersindeki bir türbülator telinin kesit resmi

#### 4. DUMAN BORULU KAZANLARIN TÜRBÜLATÖRLERİNİN KAPASİTE TESTİ

Türbülatorlerin seçiminde dikkat edilmesi gerekli olan beş ana husus vardır.

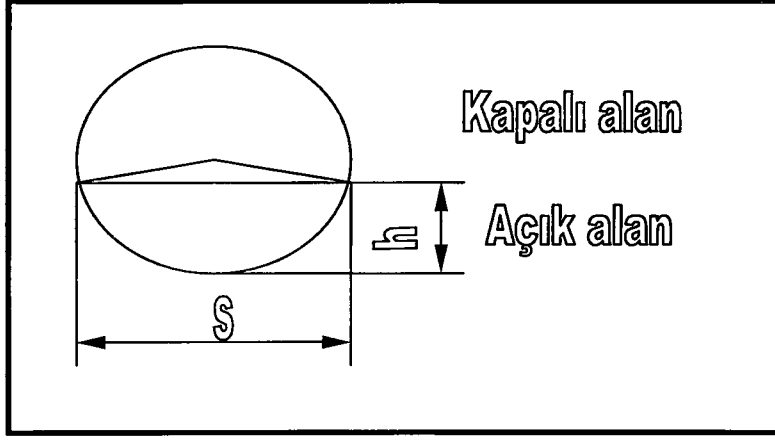
- Mümkün olduğu kadar ısı transfer katsayısı yüksek olacak,
- Yarattığı basınç farkı sistemde çalışan diğer cihazları etkilemeyecek pozisyonda olacak. Yani mümkün olduğu kadar düşük olacak,
- Üretimi kolay ve düşük maliyetli olacak,
- Kolay temizlenebilir bir formda olacak,
- Yapımında seçilen malzeme, çalışma şartlarına mukavim olacak.

Tüm bu maddelerin hepsinin birden uygun olması mümkün olmayabilir. İşte böyle durumlarda türbülatorü kullanacağınız bölgenin hassasiyetine göre bir karar vermek gerekir. Bu türbülator tellerinin deneysel olarak karşılaştırılması bizim böyle durumlarda bir seçim yapmamızı kolaylaştırabilir.

Bu deneysel çalışma, bir eşanjörün çalışma prensibine göre hazırlanmıştır. Eşanjörün su giriş ağızı şehir şebeke hattına bağlanmıştır. Bu aradaki bir vana vasıtasıyla değişik debilerde suyun eşanjörden geçirilmesi mümkün olmaktadır. Suyun depolandığı su kabı sabit tutulmuş ve bu kabın dolması için geçen zaman kronometre vasıtasıyla belirlenmiştir. Bu süre vasıtasıyla, su kütlesi bilindiği için akan debi kolaylıkla bulunabilmektedir.

Hava ile ilgili gerekli özellikler microsoft excel programında girilmiştir. Program buradan gerekli değerleri alarak tüm karakteristik ısı formüllerini uygular. Ek 1 de yapılan tüm deneylerde okunan değerler ve bu okunan değerleri kullanarak otomatik olarak bir takım sonuçları bulan, bunları formüllerin tüm değerlerini formül içinde belirterek hesaplayan programın çıktıları mevcuttur. Burada fan hava giriş alanı dairesel kesitli olduğu için, ben dikdörtgen bir klape kullandım. Bu klapenin açık olan ağızının kesit alanı (3.1) deki formül ile bilgisayara hesaplatmaktayım(Gieck, 1982).

$$A=h \cdot (3 \cdot h^2+4 \cdot s^2) / 6 \cdot s \quad (4.1)$$



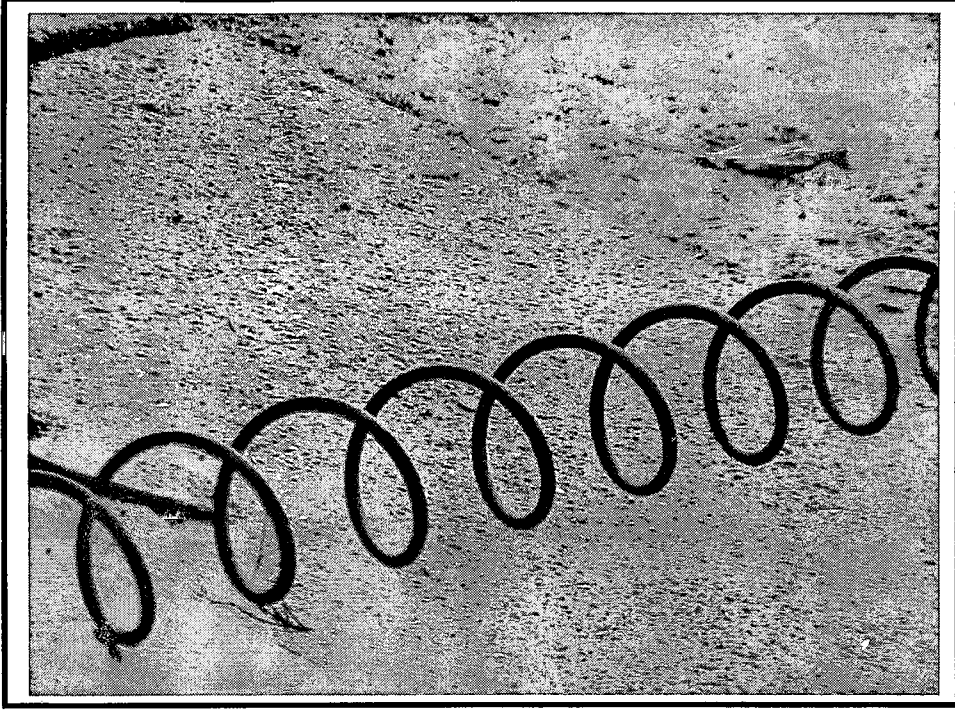
Şekil 4.1 Fanın kesit alanındaki karakteristik değerler

#### 4.1 Testi Yapılan Türbülötör Telleri

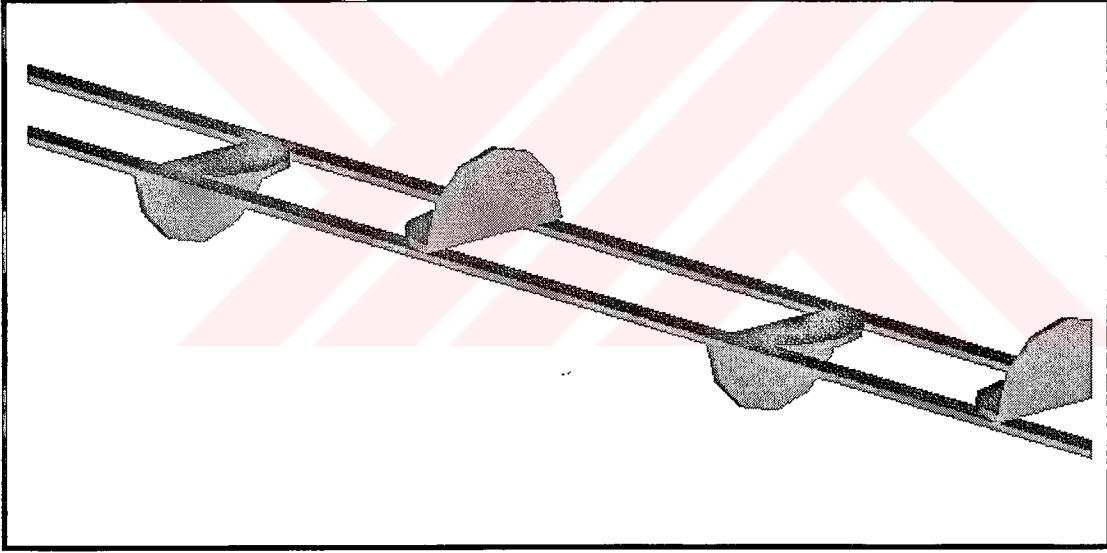
Deneyde önce türbülötör teli kullanmadan ölçüm yapılmış daha sonra ise üç ayrı türbülötör teli kullanılarak deneyler tekrarlanmıştır. Deneyin sonuçları Ek 2' de mevcuttur.



Şekil 4.2 Akordiyon şeklindeki sac levha türbülötör

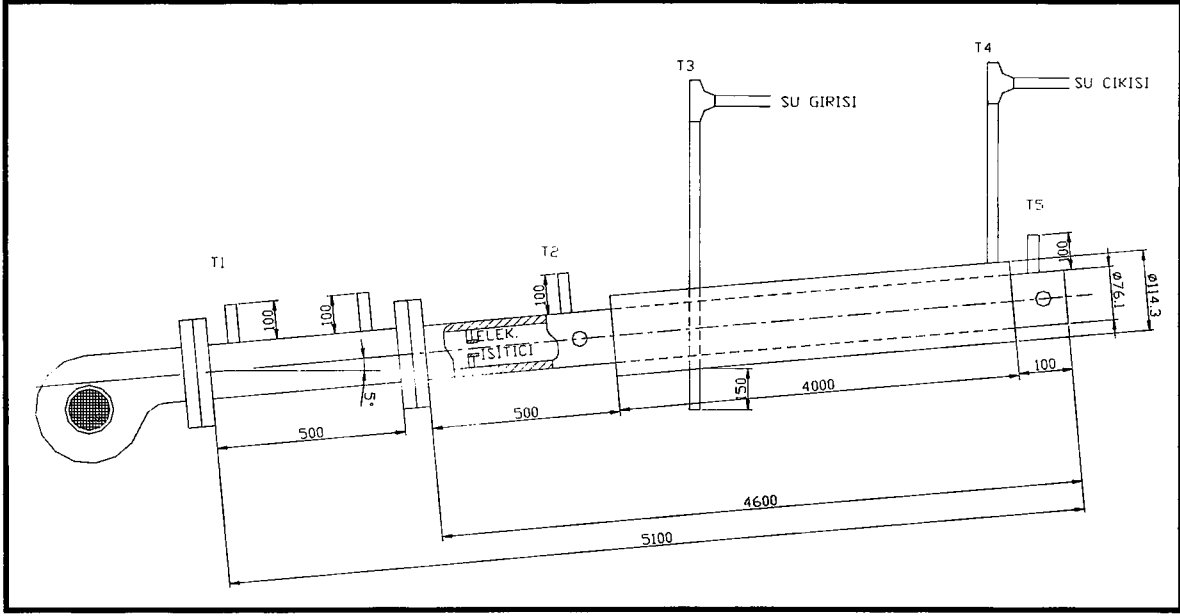


Şekil 4.3 Sipral telli türbülator teli

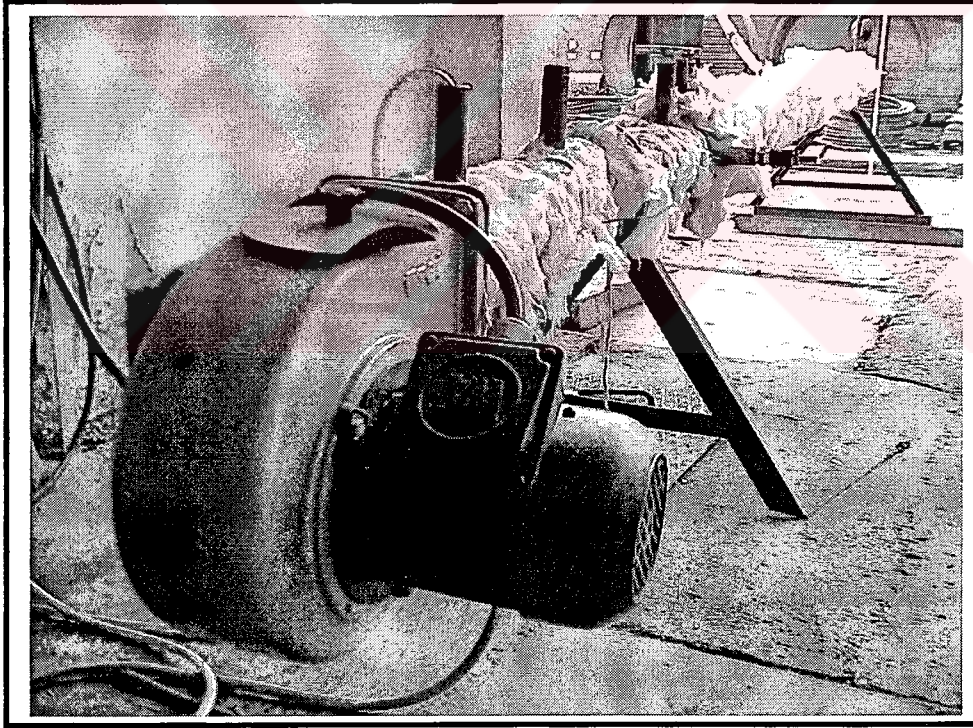


Şekil 4.4 Dairesel kesitli levhalardan oluşan özel bir türbülator

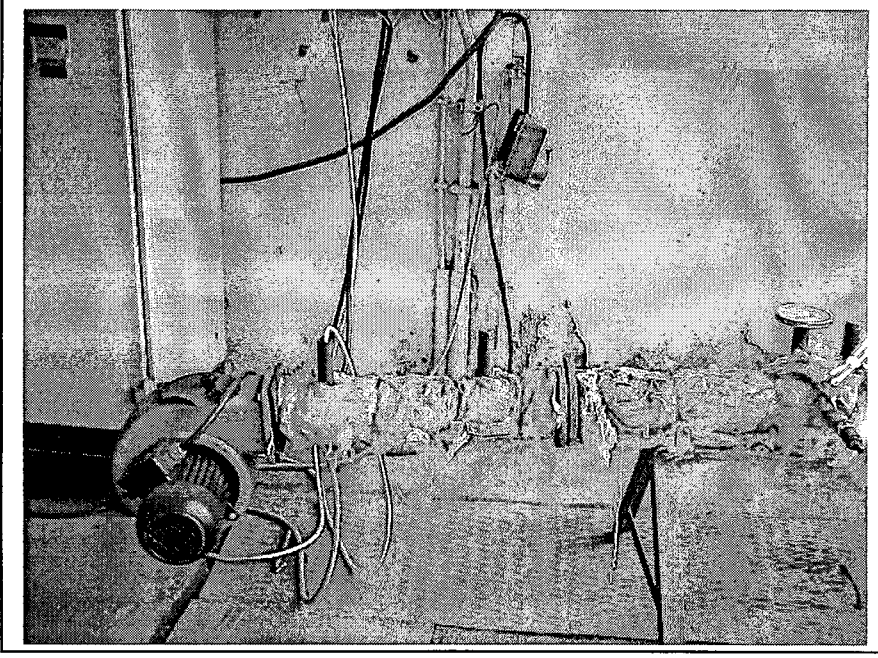
## 4.2 Deneý Düzenegi



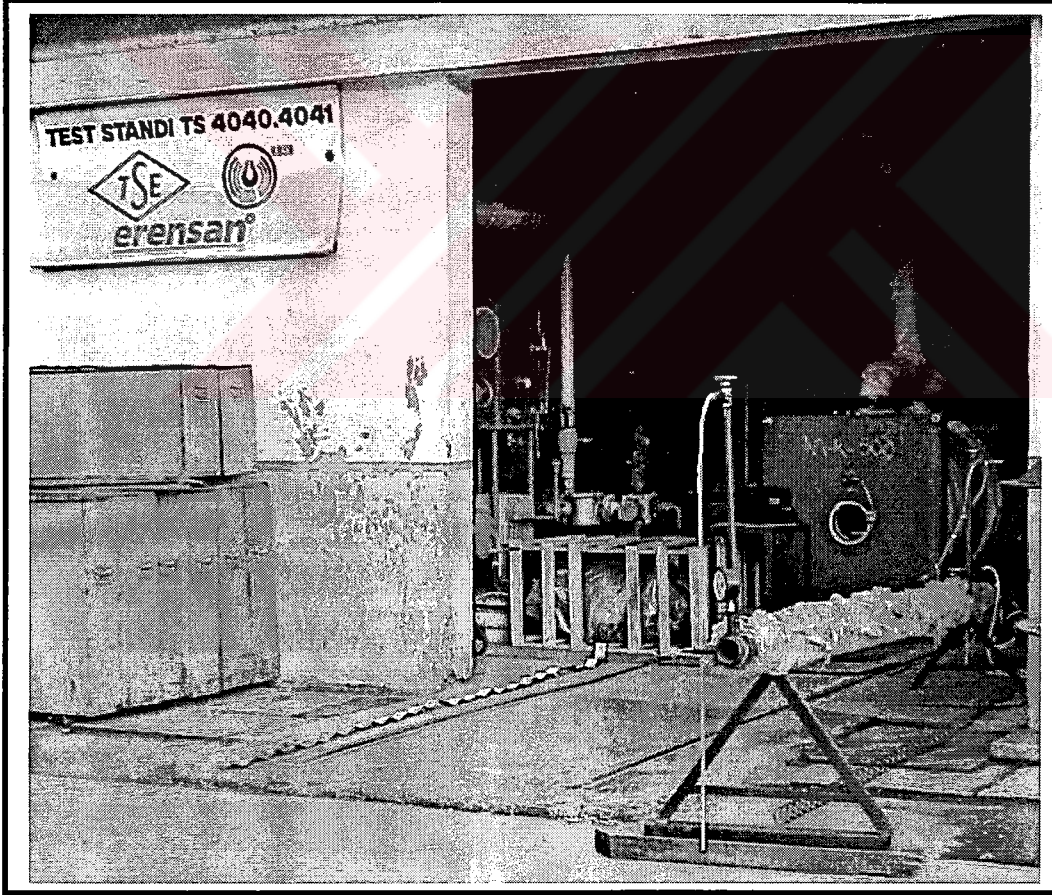
Şekil 4.5 Deneý düzeneginin bir adet teknik resmi



Şekil 4.6 Deneý düzeneginin bir resmi



Şekil 4.7 Deney düzeneğinin yandan görünüşü



Şekil 4.8 Deney düzeneğinin önden görünüşü

## 5. SONUÇLAR

Değişik türbülator telleri kullanmak suretiyle farklı verimler elde etmek mümkündür. Bu tez çalışmamda türbülatorün yalnızca boru içersine konan araçlar olmadığını örneklerle göstermek istedim. Boruların iç ve dış yüzeyleri şekillendirmek de verim çok yükseltir. Deneysel çalışmamda ise üç değişik türbülatorün kapasite karşılaştırmasını yaptım. Yaptığım deneylerde ilk olarak türbülator teli kullanmadan ölçümler yaptım. Burada ısı verim değerini %68.7 ile %72.7 arasında ölçtüm. Sipral telli türbülator teli kullandığımda ise( Şekil 3.3 ) ısı verim değerinin %80.8 ile %83.5 arasında olduğunu gördüm. Akordiyon formundaki plaka sactan yapılmış türbülatorü (Şekil 3.2) denediğimde ise %78 il %83.5 lile bir ısı verim gördüm. Dairesel kesitli plaka saclar kullanılarak hazırlanmış bir türbülator de ise (Şekil 3.4) %79.7 ile %83.2 arasında değişen verim değerleri okudum. Bu üç türbülatoründe ısı verimlerinin aşağı yukarı birbirlerine denk olduğunu gördüm. Ancak bu çalışma ile daha farklı dizayndaki türbülatorlerde kolaylıkla test edilebilir.

Yapmış olduğum bu tez çalışmasıyla, türbülator teli kullanılması halinde ısı kapasitesinin en az %10-12 mertebelerinde arttığını gözlemledim. Bu verim artışı, daha değişik yöntemler kullanılarak daha da artırabilir. Bu nedenle sürekli olarak daha değişik türbülator çeşitlerini test etmemiz gerekir. Bu sistemin daha da ekonomik bir sistem olmasını sağlar.

**KAYNAKLAR**

- Thome, John R., (1990), Enhanced Boiling Heat Transfer, Bölüm 4, Sy 64-77  
Hagen, Kirk D., (1999), Heat Transfer with Applications, Sy 415-430  
Webb, Ralph L., (1994), Principles of Enhanced Heat Transfer, Sy 1-15, 109-170, 442  
Genceli, Prof.Dr.Osman, (1996), Çeviri, Ashrae Temel El Kitabı, Bölüm 3, “Isı Geçişi”  
Özkan, Mustafa, (1984), Buhar Kazanları, Bizim Büro Bas., sy 5-20  
Gieck, Kurt, (1982), Mühendislik Formülleri “Çeviren Yaşar Alıçlı”, Güven Yayın., Sayfa B3  
Genceli, Prof.Dr. Osman, (1998), Buhar Kazanlarının Isıl Hesapları, Teknik Yay. Syf 90-255  
MMO, (1977), Makina Mühendisliği El Kitabı, Maya Yayıncılık, Cilt 3, Bölüm 11  
Kılıç,Abdurrahman, (1991), Termodinamik Tablolar ve Diyagramlar, Birsen Yayın., Sayfa 15



**Ek 1 : Duman Borulu Kazanlarda Kullanılan Türbülötörlerin Test Sonuçları**



**Ek 1.1 : Trblatrsz Akışta Isının İncelenmesi ( Deney no : 01-09 )**



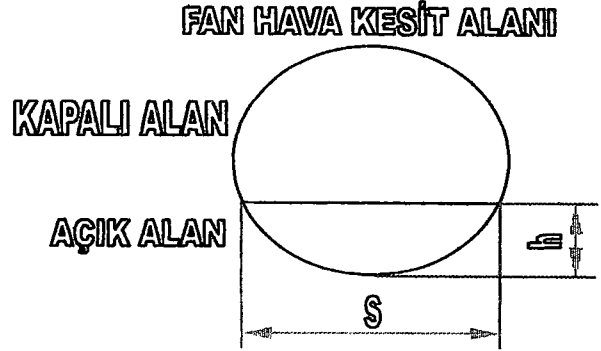
**TEST NO** 1  
**TARİH** 17-Eki-2000  
**TEST KONUSU** Türbülatorsüz akışta ısının incelenmesi

### Okunan Sıcaklık Bilgileri

1. Ortam Sıcaklığı ( T1 , °C )	16
2. Türbülator Teli Öncesindeki Hava Sıcaklığı ( T2 , °C )	194
3. Su Giriş Sıcaklığı ( T3 , °C )	20
4. Su Çıkış Sıcaklığı ( T4 , °C )	34
5. Türbülator Teli Sonrasındaki Hava Sıcaklığı ( T5 , °C )	65
6. Elektrikli Hava Isıtıcısı Kapasitesi ( N1 , kW )	9,12

### Fan Bilgileri

7. Fan Hava Giriş Çapı ( d , mm )	110
8. Fan Açık Kesit Genişliği ( s , mm )	95
9. Fan Açık Kesit Yüksekliği ( h , mm )	83
10. Fan Açık Kesit Alanı ( A , m <sup>2</sup> )	0,0076935



### Basınç , Süre , Debi ile İlgili Ölçümler

11. Test Süresi ( t , sn )	350
12. Türbülator Telinden Önceki Hava Basıncı ( P1 , mmSS )	20
13. Türbülator Telinden Sonraki Hava Basıncı ( P2 , mmSS )	1
14. Isıtılan su miktarı ( msk , kg )	37,4
15. Isıtılan su debisi ( ms , kg/h )	384,6857143

### Sabitler

16. Pi sayısı ( $\pi$ )		3,142857	
17. İç Cidardaki Boru Çapı [ diic( mm )	70,3	ddic( mm )	76,1 ]
18. Dış Cidardaki Boru Çapı [ didis( mm )	107,1	dddis( mm )	114,3 ]
19. Suyun Özgül Isısı ( Cps , kcal/kg.°C )			1
20. Suyun Yoğunluğu ( $\rho$ , kg/m <sup>3</sup> )			1000
21. Havanın Özgül Isısı ( Cph , kcal/kg.°C )		0,244551362	194 °C için ;
22. Havanın Yoğunluğu ( $\rho$ , kg/m <sup>3</sup> )		0,75661	194 °C için ;
23. Çift Cidarlı Boru Boyu ( L , m )		4	
24. Havanın Kinematik Viskozitesi ( $\nu$ , m <sup>2</sup> /sn )		3,38E-05	194 °C için ;

### Deney Sonuçları

25. Suya aktarılan ısı miktarı {alınan ısı} ( Q , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	5385,6
26. Elektrikli Isıtıcı kapasitesi {verilen ısı} ( N1 , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	7843,287148
27. Verim ( $\eta$ )	68,7%
28. Havanın Kütleli debisi ( mh , kg/h )	180,1805994
29. Havanın hacimsel debisi ( Vh , m <sup>3</sup> /h )	238,1419747
30. Isıtıcıdan önceki hava hızı ( vo , m/s )	8,598184801
31. Isıtıcıdan sonraki hava hızı ( vi , m/s )	14,70825019
32. Isıtma yüzeyi ( Ay , m <sup>2</sup> )	0,883771429
33. Reynolds sayısı ( Re , — )	30578,21144
34. Konveksiyon ısı transfer katsayısı ( $\alpha$ , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	47,23940587
35. Basınç farkı ( $\Delta P$ , mmSS )	19
36. Ortalama logaritmik sıcaklık farkı ( $\Delta Tm$ , °C )	28,81411986
37. Isı Transfer katsayısı ( K , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	211,4894846

**1.) ISI KAPASİTESİ ( Q , kcal/h )**

Suya aktarılan ısı miktarını verir.

$$Q = m_s \cdot C_p \cdot ( T_4 - T_3 )$$

$$Q = 384,68571 \cdot 1 \cdot ( 34 - 20 )$$

$$Q = 5385,6 \quad \text{kcal/h}$$

**2.) KÜTLESEL HAVA DEBİSİNİ HESABI ( mh , kg/h )**

Elektrikli hava ısıtıcısının ısı kapasitesi;

$$N_1 = 9,12 \quad \text{kW}$$

$$N_1 = 7843,28715 \quad \text{kcal/h}$$

Aynı zamanda;

$$N_1 = m_h \cdot C_{ph} \cdot ( T_2 - T_1 ) \text{ dir.}$$

$$7843,29 = m_h \cdot 0,24 \cdot ( 194 - 16 )$$

$$m_h = 180,180599 \quad \text{kg/h}$$

**3.) HACİMSSEL HAVA DEBİSİNİN BULUNMASI ( Vh , m³/h )**

$$V_h = m_h / \rho$$

$$V_h = 180,181 / 0,75661$$

$$V_h = 238,1419747 \quad \text{m}^3/\text{h}$$

**4.) ISITICIDAN ÖNCEKİ HAVA HIZININ HESABI ( vo , m/sn )**

$$V_h = A \cdot v_o$$

$$238,1419747 = 0,00769 \cdot v_o \cdot 3600$$

$$v_o = 8,5981848 \quad \text{m/sn}$$

**5.) ISITICIDAN SONRAKİ HAVA HIZININ HESABI ( vi , m/sn )**

$$v_i = v_o \cdot ( T_2 + 273 ) / 273$$

$$v_i = 8,5981848 \cdot ( 194 + 273 ) / 273$$

$$v_i = 14,70825 \quad \text{m/sn}$$

6.) ISI TRANSFER YÜZEYİNİN HESABI (  $A_y$  ,  $m^2$  )

$$A_y = \pi \cdot d_{iic} \cdot L$$

$$A_y = \pi \cdot 70,3 \cdot 4 / 1000$$

$$A_y = 0,883771429 \text{ m}^2$$

7.) REYNOLDS KATSAYISININ HESABI (  $Re$  , --- )

$$Re = v_i \cdot d_{iic} / \nu$$

$$Re = 14,7082502 \cdot 70,3 / ( 3,3815E-05 \cdot 1000 )$$

$$Re = 30578,21144$$

8.) KONVEKSİYON ISI TRANSFER KATSAYISININ HESAPLANMASI (  $\alpha$  ,  $kcal/m^2h^\circ C$  )

$$Q = \alpha \cdot A_y \cdot ( T_5 - T_2 )$$

$$5385,6 = \alpha \cdot 0,88377143 \cdot ( 194 - 65 )$$

$$\alpha = 47,2394059 \text{ kcal/m}^2h^\circ C$$

9.) BASINÇ FARKI (  $\Delta P$  ,  $mmSS$  )

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

$$\Delta P = 20 - 1$$

$$\Delta P = 19 \text{ mmSS}$$

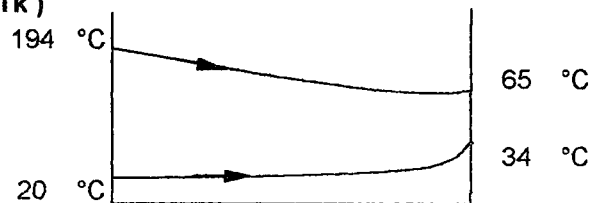
10.) ORTALAMA LOGARİTMİK SICAKLIK FARKININ HESABI (  $\Delta T_m$  ,  $^\circ C$  )

$$\Delta T_m = ( \Delta T_b - \Delta T_k ) / \ln ( \Delta T_b / \Delta T_k )$$

$$( 174 - 31 )$$

$$\Delta T_m = \frac{\quad}{\ln ( 174 / 31 )}$$

$$\Delta T_m = 28,8141 \text{ }^\circ C$$



11.) ISI TRANSFER KATSAYISININ HESABI ( K , kcal/m<sup>2</sup>h°C )

$$Q = K \cdot A_y \cdot (\Delta T_m)$$

$$5385,6 = K \cdot 0,88377 \cdot 28,81412$$

$$K = 211,489485 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

TEST NO 2  
TARİH 17-Eki-2000  
TEST KONUSU Türlülatörsüz akışta ısının incelenmesi

### Okunan Sıcaklık Bilgileri

1. Ortam Sıcaklığı ( T1 , °C )	16
2. Türlülatör Teli Öncesindeki Hava Sıcaklığı ( T2 , °C )	194
3. Su Giriş Sıcaklığı ( T3 , °C )	20
4. Su Çıkış Sıcaklığı ( T4 , °C )	29
5. Türlülatör Teli Sonrasındaki Hava Sıcaklığı ( T5 , °C )	62
6. Elektrikli Hava Isıtıcısı Kapasitesi ( N1 , kW )	9,12

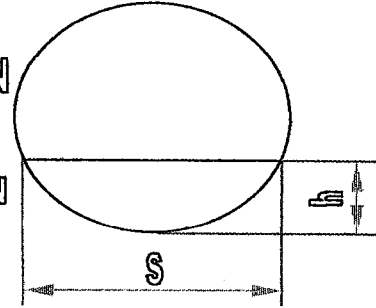
### Fan Bilgileri

7. Fan Hava Giriş Çapı ( d , mm )	110
8. Fan Açık Kesit Genişliği ( s , mm )	95
9. Fan Açık Kesit Yüksekliği ( h , mm )	83
10. Fan Açık Kesit Alanı ( A , m <sup>2</sup> )	0,0076935

### FAN HAVA KESİT ALANI

KAPALI ALAN

AÇIK ALAN



### Basınç , Süre , Debi İle İlgili Ölçümler

11. Test Süresi ( t , sn )	220
12. Türlülatör Telinden Önceki Hava Basıncı ( P1 , mmSS )	21
13. Türlülatör Telinden Sonraki Hava Basıncı ( P2 , mmSS )	1
14. Isıtılan su miktarı ( msk , kg )	37,4
15. Isıtılan su debisi ( ms , kg/h )	612

### Sabitler

16. Pi sayısı ( $\pi$ )	3,142857			
17. İç Cidardaki Boru Çapı [ diic( mm )	70,3	ddic( mm )	76,1	]
18. Dış Cidardaki Boru Çapı [ didıs( mm )	107,1	ddıs( mm )	114,3	]
19. Suyun Özgöl Isısı ( Cps , kcal/kg.°C )	1			
20. Suyun Yoğunluğu ( $\rho$ , kg/m <sup>3</sup> )	1000			
21. Havanın Özgöl Isısı ( Cph , kcal/kg.°C )	0,244551362	194 °C için ;		
22. Havanın Yoğunluğu ( $\rho$ , kg/m <sup>3</sup> )	0,75661	194 °C için ;		
23. Çift Cidarlı Boru Boyu ( L , m )	4			
24. Havanın Kinematik Viskozitesi ( $\nu$ , m <sup>2</sup> /sn )	3,38E-05	194 °C için ;		

### Deney Sonuçları

25. Suya aktarılan ısı miktarı {alınan ısı} ( Q , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	5508
26. Elektrikli Isıtıcı kapasitesi {verilen ısı} ( N1 , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	7843,287148
27. Verim ( $\eta$ )	70,2%
28. Havanın Kütleli debisi ( mh , kg/h )	180,1805994
29. Havanın hacimsel debisi ( Vh , m <sup>3</sup> /h )	238,1419747
30. Isıtıcıdan önceki hava hızı ( vo , m/s )	8,598184801
31. Isıtıcıdan sonraki hava hızı ( vi , m/s )	14,70825019
32. Isıtma yüzeyi ( Ay , m <sup>2</sup> )	0,883771429
33. Reynolds sayısı ( Re , ---- )	30578,21144
34. Konveksiyon ısı transfer katsayısı ( $\alpha$ , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	47,21500535
35. Basınç farkı ( $\Delta P$ , mmSS )	20
36. Ortalama logaritmik sıcaklık farkı ( $\Delta Tm$ , °C )	28,4919865
37. Isı Transfer katsayısı ( K , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	218,7415295

## 1.) ISI KAPASİTESİ ( Q , kcal/h )

Suya aktarılan ısı miktarını verir.

$$Q = m_s \cdot C_p \cdot ( T_4 - T_3 )$$

$$Q = 612 \cdot 1 \cdot ( 29 - 20 )$$

$$Q = 5508 \text{ kcal/h}$$

## 2.) KÜTLESEL HAVA DEBİSİNİ HESABI ( mh , kg/h )

Elektrikli hava ısıtıcısının ısı kapasitesi;

$$N_1 = 9,12 \text{ kW}$$

$$N_1 = 7843,28715 \text{ kcal/h}$$

Aynı zamanda ;

$$N_1 = m_h \cdot C_{ph} \cdot ( T_2 - T_1 ) \text{ dir.}$$

$$7843,29 = m_h \cdot 0,24 \cdot ( 194 - 16 )$$

$$m_h = 180,180599 \text{ kg/h}$$

3.) HACİMSSEL HAVA DEBİSİNİN BULUNMASI ( Vh , m<sup>3</sup>/h )

$$V_h = m_h / \rho$$

$$V_h = 180,181 / 0,75661$$

$$V_h = 238,1419747 \text{ m}^3/\text{h}$$

## 4.) ISITICIDAN ÖNCEKİ HAVA HIZININ HESABI ( vo , m/sn )

$$V_h = A \cdot v_o$$

$$238,1419747 = 0,00769 \cdot v_o \cdot 3600$$

$$v_o = 8,5981848 \text{ m/sn}$$

## 5.) ISITICIDAN SONRAKİ HAVA HIZININ HESABI ( vi , m/sn )

$$v_i = v_o \cdot ( T_2 + 273 ) / 273$$

$$v_i = 8,5981848 \cdot ( 194 + 273 ) / 273$$

$$v_i = 14,70825 \text{ m/sn}$$

**DENEY SONUÇLARININ HESABI****SAYFA NO : 2****6.) ISI TRANSFER YÜZEYİNİN HESABI (  $A_y$  ,  $m^2$  )**

$$A_y = \pi \cdot d_{iic} \cdot L$$

$$A_y = \pi \cdot 70,3 \cdot 4 / 1000$$

$$A_y = 0,883771429 \text{ m}^2$$

**7.) REYNOLDS KATSAYISININ HESABI (  $Re$  , --- )**

$$Re = v_i \cdot d_{iic} / \nu$$

$$Re = 14,7082502 \cdot 70,3 / ( 3,3815E-05 \cdot 1000 )$$

$$Re = 30578,21144$$

**8.) KONVEKSİYON ISI TRANSFER KATSAYISININ HESAPLANMASI (  $\alpha$  ,  $kcal/m^2h^\circ C$  )**

$$Q = \alpha \cdot A_y \cdot ( T_5 - T_2 )$$

$$5508 = \alpha \cdot 0,88377143 \cdot ( 194 - 62 )$$

$$\alpha = 47,2150053 \text{ kcal/m}^2h^\circ C$$

**9.) BASINÇ FARKI (  $\Delta P$  , mmSS )**

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

$$\Delta P = 21 - 1$$

$$\Delta P = 20 \text{ mmSS}$$

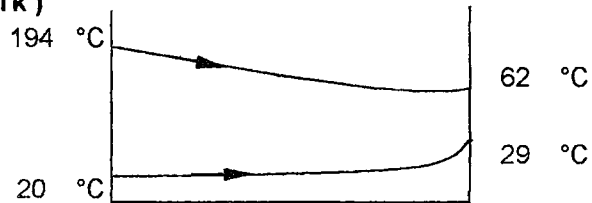
**10.) ORTALAMA LOGARİTMİK SICAKLIK FARKININ HESABI (  $\Delta T_m$  ,  $^\circ C$  )**

$$\Delta T_m = ( \Delta T_b - \Delta T_k ) / \ln ( \Delta T_b / \Delta T_k )$$

$$( 174 - 33 )$$

$$\Delta T_m = \frac{\quad}{\ln ( 174 / 33 )}$$

$$\Delta T_m = 28,492 \text{ }^\circ C$$



**11.) ISI TRANSFER KATSAYISININ HESABI ( K , kcal/m<sup>2</sup>h°C )**

$$Q = K \cdot A_y \cdot (\Delta T_m)$$

$$5508 = K \cdot 0,88377 \cdot 28,49199$$

$$K = 218,74153 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

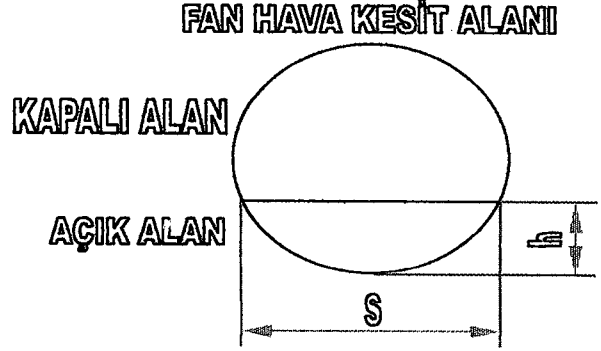
**TEST NO** 3  
**TARİH** 17-Eki-2000  
**TEST KONUSU** Türbülatorsüz akışta ısının incelenmesi

### Okunan Sıcaklık Bilgileri

1. Ortam Sıcaklığı ( T1 , °C )	16
2. Türbülator Teli Öncesindeki Hava Sıcaklığı ( T2 , °C )	193
3. Su Giriş Sıcaklığı ( T3 , °C )	20
4. Su Çıkış Sıcaklığı ( T4 , °C )	25
5. Türbülator Teli Sonrasındaki Hava Sıcaklığı ( T5 , °C )	60
6. Elektrikli Hava Isıtıcısı Kapasitesi ( N1 , kW )	9,12

### Fan Bilgileri

7. Fan Hava Giriş Çapı ( d , mm )	110
8. Fan Açık Kesit Genişliği ( s , mm )	95
9. Fan Açık Kesit Yüksekliği ( h , mm )	83
10. Fan Açık Kesit Alanı ( A , m <sup>2</sup> )	0,0076935



### Basınç , Süre , Debi ile İlgili Ölçümler

11. Test Süresi ( t , sn )	120
12. Türbülator Telinden Önceki Hava Basıncı ( P1 , mmSS )	21
13. Türbülator Telinden Sonraki Hava Basıncı ( P2 , mmSS )	1
14. Isıtılan su miktarı ( msk , kg )	37,4
15. Isıtılan su debisi ( ms , kg/h )	1122

### Sabitler

16. Pi sayısı ( $\pi$ )	3,142857	
17. İç Cidardaki Boru Çapı [ diic( mm )	70,3	ddic( mm ) 76,1 ]
18. Dış Cidardaki Boru Çapı [ didis( mm )	107,1	dddıs( mm ) 114,3 ]
19. Suyun Özgül Isısı ( Cps , kcal/kg.°C )	1	
20. Suyun Yoğunluğu ( $\rho$ , kg/m <sup>3</sup> )	1000	
21. Havanın Özgül Isısı ( Cph , kcal/kg.°C )	0,244509317	193 °C için ;
22. Havanın Yoğunluğu ( $\rho$ , kg/m <sup>3</sup> )	0,75818	193 °C için ;
23. Çift Cidarlı Boru Boyu ( L , m )	4	
24. Havanın Kinematik Viskozitesi ( $\nu$ , m <sup>2</sup> /sn )	3,37E-05	193 °C için ;

### Deney Sonuçları

25. Suya aktarılan ısı miktarı {alınan ısı} ( Q , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	5610
26. Elektrikli Isıtıcı kapasitesi {verilen ısı} ( N1 , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	7843,287148
27. Verim ( $\eta$ )	71,5%
28. Havanın Kütleli debisi ( mh , kg/h )	181,2297272
29. Havanın hacimsel debisi ( Vh , m <sup>3</sup> /h )	239,0325875
30. Isıtıcıdan önceki hava hızı ( vo , m/s )	8,630340634
31. Isıtıcıdan sonraki hava hızı ( vi , m/s )	14,73164372
32. Isıtma yüzeyi ( Ay , m <sup>2</sup> )	0,883771429
33. Reynolds sayısı ( Re , --- )	30739,38741
34. Konveksiyon ısı transfer katsayısı ( $\alpha$ , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	47,72778318
35. Basınç farkı ( $\Delta P$ , mmSS )	20
36. Ortalama logaritmik sıcaklık farkı ( $\Delta Tm$ , °C )	28,00748831
37. Isı Transfer katsayısı ( K , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	226,6463559

## 1.) ISI KAPASİTESİ ( Q , kcal/h )

Suya aktarılan ısı miktarını verir.

$$Q = m_s \cdot C_p \cdot ( T_4 - T_3 )$$

$$Q = 1122 \cdot 1 \cdot ( 25 - 20 )$$

$$Q = 5610 \text{ kcal/h}$$

## 2.) KÜTLESEL HAVA DEBİSİNİ HESABI ( mh , kg/h )

Elektrikli hava ısıtıcısının ısı kapasitesi;

$$N_1 = 9,12 \text{ kW}$$

$$N_1 = 7843,28715 \text{ kcal/h}$$

Aynı zamanda ;

$$N_1 = m_h \cdot C_{ph} \cdot ( T_2 - T_1 ) \text{ dir.}$$

$$7843,29 = m_h \cdot 0,24 \cdot ( 193 - 16 )$$

$$m_h = 181,229727 \text{ kg/h}$$

## 3.) HACİMSSEL HAVA DEBİSİNİN BULUNMASI ( Vh , m³/h )

$$V_h = m_h / \rho$$

$$V_h = 181,23 / 0,75818$$

$$V_h = 239,0325875 \text{ m}^3/\text{h}$$

## 4.) ISITICIDAN ÖNCEKİ HAVA HIZININ HESABI ( vo , m/sn )

$$V_h = A \cdot v_o$$

$$239,0325875 = 0,00769 \cdot v_o \cdot 3600$$

$$v_o = 8,63034063 \text{ m/sn}$$

## 5.) ISITICIDAN SONRAKİ HAVA HIZININ HESABI ( vı , m/sn )

$$v_i = v_o \cdot ( T_2 + 273 ) / 273$$

$$v_i = 8,6303406 \cdot ( 193 + 273 ) / 273$$

$$v_i = 14,731644 \text{ m/sn}$$

6.) ISI TRANSFER YÜZEYİNİN HESABI (  $A_y$  ,  $m^2$  )

$$A_y = \pi \cdot d_{iic} \cdot L$$

$$A_y = \pi \cdot 70,3 \cdot 4 / 1000$$

$$A_y = 0,883771429 \text{ m}^2$$

7.) REYNOLDS KATSAYISININ HESABI (  $Re$  , --- )

$$Re = v_i \cdot d_{iic} / \nu$$

$$Re = 14,7316437 \cdot 70,3 / ( 3,3691E-05 \cdot 1000 )$$

$$Re = 30739,38741$$

8.) KONVEKSİYON ISI TRANSFER KATSAYISININ HESAPLANMASI (  $\alpha$  ,  $kcal/m^2h^\circ C$  )

$$Q = \alpha \cdot A_y \cdot ( T_5 - T_2 )$$

$$5610 = \alpha \cdot 0,88377143 \cdot ( 193 - 60 )$$

$$\alpha = 47,7277832 \text{ kcal/m}^2h^\circ C$$

9.) BASINÇ FARKI (  $\Delta P$  , mmSS )

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

$$\Delta P = 21 - 1$$

$$\Delta P = 20 \text{ mmSS}$$

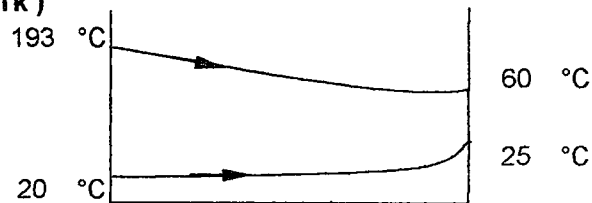
10.) ORTALAMA LOGARİTMİK SICAKLIK FARKININ HESABI (  $\Delta T_m$  ,  $^\circ C$  )

$$\Delta T_m = ( \Delta T_b - \Delta T_k ) / \ln ( \Delta T_b / \Delta T_k )$$

$$( 173 - 35 )$$

$$\Delta T_m = \frac{( 173 - 35 )}{\ln ( 173 / 35 )}$$

$$\Delta T_m = 28,0075 \text{ }^\circ C$$



11.) ISI TRANSFER KATSAYISININ HESABI ( K , kcal/m<sup>2</sup>h°C )

$$Q = K \cdot A_y \cdot (\Delta T_m)$$

$$5610 = K \cdot 0,88377 \cdot 28,00749$$

$$K = 226,646356 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

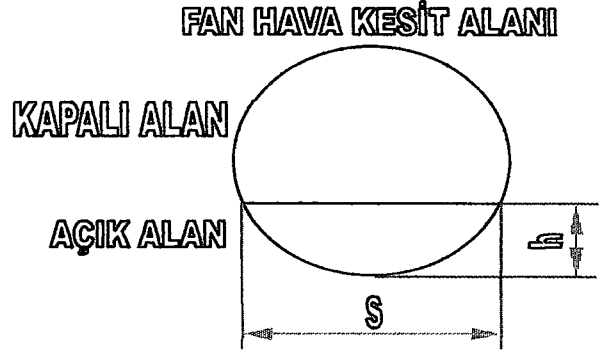
**TEST NO** 4  
**TARİH** 17-Eki-2000  
**TEST KONUSU** Türbülatorsüz akışta ısının incelenmesi

### Okunan Sıcaklık Bilgileri

1. Ortam Sıcaklığı ( T1 , °C )	16
2. Türbülator Teli Öncesindeki Hava Sıcaklığı ( T2 , °C )	191
3. Su Giriş Sıcaklığı ( T3 , °C )	20
4. Su Çıkış Sıcaklığı ( T4 , °C )	31
5. Türbülator Teli Sonrasındaki Hava Sıcaklığı ( T5 , °C )	62
6. Elektrikli Hava Isıtıcısı Kapasitesi ( N1 , kW )	9,12

### Fan Bilgileri

7. Fan Hava Giriş Çapı ( d , mm )	110
8. Fan Açık Kesit Genişliği ( s , mm )	75
9. Fan Açık Kesit Yüksekliği ( h , mm )	96
10. Fan Açık Kesit Alanı ( A , m <sup>2</sup> )	0,0087888



### Basınç , Süre , Debi İle İlgili Ölçümler

11. Test Süresi ( t , sn )	270
12. Türbülator Telinden Önceki Hava Basıncı ( P1 , mmSS )	20
13. Türbülator Telinden Sonraki Hava Basıncı ( P2 , mmSS )	1
14. Isıtılan su miktarı ( msk , kg )	37,4
15. Isıtılan su debisi ( ms , kg/h )	498,6666667

### Sabitler

16. Pi sayısı ( $\pi$ )	3,142857		
17. İç Cidardaki Boru Çapı [ diic( mm )	70,3	ddic( mm )	76,1
18. Dış Cidardaki Boru Çapı [ didis( mm )	107,1	dddis( mm )	114,3
19. Suyun Özgül Isısı ( Cps , kcal/kg.°C )	1		
20. Suyun Yoğunluğu ( $\rho$ , kg/m <sup>3</sup> )	1000		
21. Havanın Özgül Isısı ( Cph , kcal/kg.°C )	0,244425227	191 °C için ;	
22. Havanın Yoğunluğu ( $\rho$ , kg/m <sup>3</sup> )	0,76132	191 °C için ;	
23. Çift Cidarlı Boru Boyu ( L , m )	4		
24. Havanın Kinematik Viskozitesi ( $\nu$ , m <sup>2</sup> /sn )	3,34E-05	191 °C için ;	

### Deney Sonuçları

25. Suya aktarılan ısı miktarı {alınan ısı} ( Q , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	5485,333333
26. Elektrikli Isıtıcı kapasitesi {verilen ısı} ( N1 , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	7843,287148
27. Verim ( $\eta$ )	69,9%
28. Havanın Kütleli debisi ( mh , kg/h )	183,3639852
29. Havanın hacimsel debisi ( Vh , m <sup>3</sup> /h )	240,850083
30. Isıtıcıdan önceki hava hızı ( vo , m/s )	7,612236466
31. Isıtıcıdan sonraki hava hızı ( vi , m/s )	12,93801363
32. Isıtma yüzeyi ( Ay , m <sup>2</sup> )	0,883771429
33. Reynolds sayısı ( Re , — )	27196,63065
34. Konveksiyon ısı transfer katsayısı ( $\alpha$ , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	48,11420968
35. Basınç farkı ( $\Delta P$ , mmSS )	19
36. Ortalama logaritmik sıcaklık farkı ( $\Delta Tm$ , °C )	28,33066176
37. Isı Transfer katsayısı ( K , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	219,0818239

## 1.) ISI KAPASİTESİ ( Q , kcal/h )

Suya aktarılan ısı miktarını verir.

$$Q = m_s \cdot C_p \cdot ( T_4 - T_3 )$$

$$Q = 498,66667 \cdot 1 \cdot ( 31 - 20 )$$

$$Q = 5485,333333 \text{ kcal/h}$$

## 2.) KÜTLESEL HAVA DEBİSİNİ HESABI ( mh , kg/h )

Elektrikli hava ısıtıcısının ısı kapasitesi;

$$N_1 = 9,12 \text{ kW}$$

$$N_1 = 7843,28715 \text{ kcal/h}$$

Aynı zamanda ;

$$N_1 = m_h \cdot C_{ph} \cdot ( T_2 - T_1 ) \text{ dir.}$$

$$7843,29 = m_h \cdot 0,24 \cdot ( 191 - 16 )$$

$$m_h = 183,363985 \text{ kg/h}$$

## 3.) HACİMSSEL HAVA DEBİSİNİN BULUNMASI ( Vh , m³/h )

$$V_h = m_h / \rho$$

$$V_h = 183,364 / 0,76132$$

$$V_h = 240,850083 \text{ m}^3/\text{h}$$

## 4.) ISITICIDAN ÖNCEKİ HAVA HIZININ HESABI ( vo , m/sn )

$$V_h = A \cdot v_o$$

$$240,850083 = 0,00879 \cdot v_o \cdot 3600$$

$$v_o = 7,61223647 \text{ m/sn}$$

## 5.) ISITICIDAN SONRAKİ HAVA HIZININ HESABI ( vı , m/sn )

$$v_i = v_o \cdot ( T_2 + 273 ) / 273$$

$$v_i = 7,6122365 \cdot ( 191 + 273 ) / 273$$

$$v_i = 12,938014 \text{ m/sn}$$

6.) ISI TRANSFER YÜZEYİNİN HESABI (  $A_y$  ,  $m^2$  )

$$A_y = \pi \cdot d_{iic} \cdot L$$

$$A_y = \pi \cdot 70,3 \cdot 4 / 1000$$

$$A_y = 0,883771429 \text{ m}^2$$

7.) REYNOLDS KATSAYISININ HESABI (  $Re$  , --- )

$$Re = v_1 \cdot d_{iic} / \nu$$

$$Re = 12,9380136 \cdot 70,3 / ( 3,3443E-05 \cdot 1000 )$$

$$Re = 27196,63065$$

8.) KONVEKSİYON ISI TRANSFER KATSAYISININ HESAPLANMASI (  $\alpha$  ,  $kcal/m^2h^\circ C$  )

$$Q = \alpha \cdot A_y \cdot (T_5 - T_2)$$

$$5485,333333 = \alpha \cdot 0,88377143 \cdot ( 191 - 62 )$$

$$\alpha = 48,1142097 \text{ kcal/m}^2h^\circ C$$

9.) BASINÇ FARKI (  $\Delta P$  ,  $mmSS$  )

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

$$\Delta P = 20 - 1$$

$$\Delta P = 19 \text{ mmSS}$$

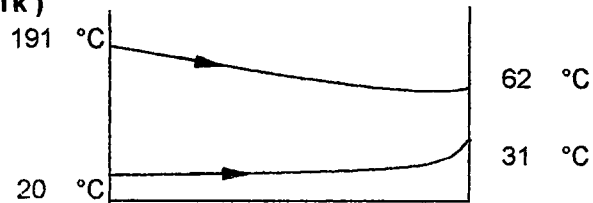
10.) ORTALAMA LOGARİTMİK SICAKLIK FARKININ HESABI (  $\Delta T_m$  ,  $^\circ C$  )

$$\Delta T_m = ( \Delta T_b - \Delta T_k ) / \ln ( \Delta T_b / \Delta T_k )$$

$$( 171 - 31 )$$

$$\Delta T_m = \frac{\quad}{\ln ( 171 / 31 )}$$

$$\Delta T_m = 28,3307 \text{ }^\circ C$$



**11.) ISI TRANSFER KATSAYISININ HESABI ( K , kcal/m<sup>2</sup>h°C )**

$$Q = K \cdot A_y \cdot (\Delta T_m)$$

$$5485,33 = K \cdot 0,88377 \cdot 28,33066$$

$$K = 219,081824 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

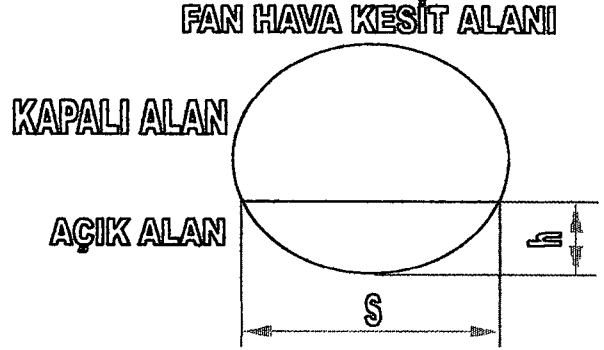
**TEST NO** 5  
**TARİH** 17-Eki-2000  
**TEST KONUSU** Türbülatorsüz akışta ısının incelenmesi

### Okunan Sıcaklık Bilgileri

1. Ortam Sıcaklığı ( T1 , °C )	16
2. Türbülator Teli Öncesindeki Hava Sıcaklığı ( T2 , °C )	190
3. Su Giriş Sıcaklığı ( T3 , °C )	20
4. Su Çıkış Sıcaklığı ( T4 , °C )	32
5. Türbülator Teli Sonrasındaki Hava Sıcaklığı ( T5 , °C )	63
6. Elektrikli Hava Isıtıcısı Kapasitesi ( N1 , kW )	9,12

### Fan Bilgileri

7. Fan Hava Giriş Çapı ( d , mm )	110
8. Fan Açık Kesit Genişliği ( s , mm )	50
9. Fan Açık Kesit Yüksekliği ( h , mm )	104
10. Fan Açık Kesit Alanı ( A , m <sup>2</sup> )	0,009305



### Basınç , Süre , Debi İle İlgili Ölçümler

11. Test Süresi ( t , sn )	295
12. Türbülator Telinden Önceki Hava Basıncı ( P1 , mmSS )	18
13. Türbülator Telinden Sonraki Hava Basıncı ( P2 , mmSS )	1
14. Isıtılan su miktarı ( msk , kg )	37,4
15. Isıtılan su debisi ( ms , kg/h )	456,4067797

### Sabitler

16. Pi sayısı ( $\pi$ )	3,142857	
17. İç Cidardaki Boru Çapı [ diic( mm ) 70,3 ddiic( mm ) 76,1 ]		
18. Dış Cidardaki Boru Çapı [ didıs( mm ) 107,1 dddıs( mm ) 114,3 ]		
19. Suyun Özgül Isısı ( Cps , kcal/kg.°C )	1	
20. Suyun Yoğunluğu ( $\rho$ , kg/m <sup>3</sup> )	1000	
21. Havanın Özgül Isısı ( Cph , kcal/kg.°C )	0,244383182	190 °C için ;
22. Havanın Yoğunluğu ( $\rho$ , kg/m <sup>3</sup> )	0,76289	190 °C için ;
23. Çift Cidarlı Boru Boyu ( L , m )	4	
24. Havanın Kinematik Viskozitesi ( $\nu$ , m <sup>2</sup> /sn )	3,33E-05	190 °C için ;

### Deney Sonuçları

25. Suya aktarılan ısı miktarı {alınan ısı} ( Q , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	5476,881356
26. Elektrikli Isıtıcı kapasitesi {verilen ısı} ( N1 , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	7843,287148
27. Verim ( $\eta$ )	69,8%
28. Havanın Kütsel debisi ( mh , kg/h )	184,4495294
29. Havanın hacimsel debisi ( Vh , m <sup>3</sup> /h )	241,777359
30. Isıtıcıdan önceki hava hızı ( vo , m/s )	7,217678799
31. Isıtıcıdan sonraki hava hızı ( vi , m/s )	12,24097174
32. Isıtma yüzeyi ( Ay , m <sup>2</sup> )	0,883771429
33. Reynolds sayısı ( Re , — )	25827,00508
34. Konveksiyon ısı transfer katsayısı ( $\alpha$ , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	48,79661036
35. Basınç farkı ( $\Delta P$ , mmSS )	17
36. Ortalama logaritmik sıcaklık farkı ( $\Delta Tm$ , °C )	28,16916289
37. Isı Transfer katsayısı ( K , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	219,9983556

## 1.) ISI KAPASİTESİ ( Q , kcal/h )

Suya aktarılan ısı miktarını verir.

$$Q = m_s \cdot C_p \cdot ( T_4 - T_3 )$$

$$Q = 456,40678 \cdot 1 \cdot ( 32 - 20 )$$

$$Q = 5476,881356 \quad \text{kcal/h}$$

## 2.) KÜTLESEL HAVA DEBİSİNİ HESABI ( mh , kg/h )

Elektrikli hava ısıtıcısının ısı kapasitesi;

$$N_1 = 9,12 \quad \text{kW}$$

$$N_1 = 7843,28715 \quad \text{kcal/h}$$

Aynı zamanda ;

$$N_1 = m_h \cdot C_{ph} \cdot ( T_2 - T_1 ) \text{ dir.}$$

$$7843,29 = m_h \cdot 0,24 \cdot ( 190 - 16 )$$

$$m_h = 184,449529 \quad \text{kg/h}$$

3.) HACİMSSEL HAVA DEBİSİNİN BULUNMASI ( Vh , m<sup>3</sup>/h )

$$V_h = m_h / \rho$$

$$V_h = 184,45 / 0,76289$$

$$V_h = 241,777359 \quad \text{m}^3/\text{h}$$

## 4.) ISITICIDAN ÖNCEKİ HAVA HIZININ HESABI ( vo , m/sn )

$$V_h = A \cdot v_o$$

$$241,777359 = 0,0093 \cdot v_o \cdot 3600$$

$$v_o = 7,2176788 \quad \text{m/sn}$$

## 5.) ISITICIDAN SONRAKİ HAVA HIZININ HESABI ( vi , m/sn )

$$v_i = v_o \cdot ( T_2 + 273 ) / 273$$

$$v_i = 7,2176788 \cdot ( 190 + 273 ) / 273$$

$$v_i = 12,240972 \quad \text{m/sn}$$

6.) ISI TRANSFER YÜZEYİNİN HESABI (  $A_y$  ,  $m^2$  )

$$A_y = \pi \cdot d_{iic} \cdot L$$

$$A_y = \pi \cdot 70,3 \cdot 4 / 1000$$

$$A_y = 0,883771429 \text{ m}^2$$

7.) REYNOLDS KATSAYISININ HESABI (  $Re$  , --- )

$$Re = v_i \cdot d_{iic} / \nu$$

$$Re = 12,2409717 \cdot 70,3 / ( 3,3319E-05 \cdot 1000 )$$

$$Re = 25827,00508$$

8.) KONVEKSİYON ISI TRANSFER KATSAYISININ HESAPLANMASI (  $\alpha$  ,  $kcal/m^2h^\circ C$  )

$$Q = \alpha \cdot A_y \cdot ( T_5 - T_2 )$$

$$5476,881356 = \alpha \cdot 0,88377143 \cdot ( 190 - 63 )$$

$$\alpha = 48,7966104 \text{ kcal/m}^2h^\circ C$$

9.) BASINÇ FARKI (  $\Delta P$  , mmSS )

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

$$\Delta P = 18 - 1$$

$$\Delta P = 17 \text{ mmSS}$$

10.) ORTALAMA LOGARİTMİK SICAKLIK FARKININ HESABI (  $\Delta T_m$  ,  $^\circ C$  )

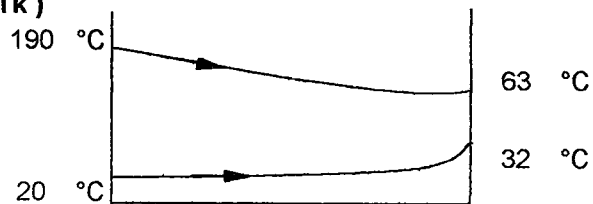
$$\Delta T_m = ( \Delta T_b - \Delta T_k ) / \ln ( \Delta T_b / \Delta T_k )$$

$$( 170 - 31 )$$

$$\Delta T_m = \frac{\quad}{\ln ( 170 / 31 )}$$

$$\ln ( 170 / 31 )$$

$$\Delta T_m = 28,1692 \text{ }^\circ C$$



11.) ISI TRANSFER KATSAYISININ HESABI ( K , kcal/m<sup>2</sup>h°C )

$$Q = K \cdot A_y \cdot (\Delta T_m)$$

$$5476,88 = K \cdot 0,88377 \cdot 28,16916$$

$$K = 219,998356 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

**TEST NO** 6  
**TARİH** 17-Eki-2000  
**TEST KONUSU** Türbülatorsüz akışta ısının incelenmesi

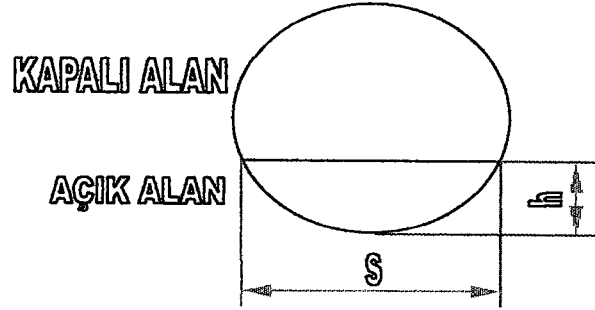
### Okunan Sıcaklık Bilgileri

1. Ortam Sıcaklığı ( T1 , °C )	17
2. Türbülator Teli Öncesindeki Hava Sıcaklığı ( T2 , °C )	190
3. Su Giriş Sıcaklığı ( T3 , °C )	20
4. Su Çıkış Sıcaklığı ( T4 , °C )	37
5. Türbülator Teli Sonrasındaki Hava Sıcaklığı ( T5 , °C )	62
6. Elektrikli Hava Isıtıcısı Kapasitesi ( N1 , kW )	9,12

### Fan Bilgileri

7. Fan Hava Giriş Çapı ( d , mm )	110
8. Fan Açık Kesit Genişliği ( s , mm )	50
9. Fan Açık Kesit Yüksekliği ( h , mm )	104
10. Fan Açık Kesit Alanı ( A , m <sup>2</sup> )	0,009305

### FAN HAVA KESİT ALANI



### Basınç , Süre , Debi İle İlgili Ölçümler

11. Test Süresi ( t , sn )	407
12. Türbülator Telinden Önceki Hava Basıncı ( P1 , mmSS )	18
13. Türbülator Telinden Sonraki Hava Basıncı ( P2 , mmSS )	1
14. Isıtılan su miktarı ( msk , kg )	37,4
15. Isıtılan su debisi ( ms , kg/h )	330,8108108

### Sabitler

16. Pi sayısı ( $\pi$ )	3,142857	
17. İç Cidardaki Boru Çapı [ diic( mm ) 70,3 ddiic( mm ) 76,1 ]		
18. Dış Cidardaki Boru Çapı [ didis( mm ) 107,1 dddis( mm ) 114,3 ]		
19. Suyun Özgül Isısı ( Cps , kcal/kg.°C )	1	
20. Suyun Yoğunluğu ( $\rho$ , kg/m <sup>3</sup> )	1000	
21. Havanın Özgül Isısı ( Cph , kcal/kg.°C )	0,244383182	190 °C için ;
22. Havanın Yoğunluğu ( $\rho$ , kg/m <sup>3</sup> )	0,76289	190 °C için ;
23. Çift Cidarlı Boru Boyu ( L , m )	4	
24. Havanın Kinematik Viskozitesi ( $\nu$ , m <sup>2</sup> /sn )	3,33E-05	190 °C için ;

### Deney Sonuçları

25. Suya aktarılan ısı miktarı {alınan ısı} ( Q , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	5623,783784
26. Elektrikli ısıtıcı kapasitesi {verilen ısı} ( N1 , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	7843,287148
27. Verim ( $\eta$ )	71,7%
28. Havanın Kütleli debisi ( mh , kg/h )	185,5157116
29. Havanın hacimsel debisi ( Vh , m <sup>3</sup> /h )	243,174916
30. Isıtıcıdan önceki hava hızı ( vo , m/s )	7,259399486
31. Isıtıcıdan sonraki hava hızı ( vi , m/s )	12,3117288
32. Isıtma yüzeyi ( Ay , m <sup>2</sup> )	0,883771429
33. Reynolds sayısı ( Re , — )	25976,29413
34. Konveksiyon ısı transfer katsayısı ( $\alpha$ , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	49,71399775
35. Basınç farkı ( $\Delta P$ , mmSS )	17
36. Ortalama logaritmik sıcaklık farkı ( $\Delta Tm$ , °C )	29,13557516
37. Isı Transfer katsayısı ( K , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	218,40625

**1.) ISI KAPASİTESİ ( Q , kcal/h )**

Suya aktarılan ısı miktarını verir.

$$Q = m_s \cdot C_p \cdot ( T_4 - T_3 )$$

$$Q = 330,81081 \cdot 1 \cdot ( 37 - 20 )$$

$$Q = 5623,783784 \quad \text{kcal/h}$$

**2.) KÜTLESEL HAVA DEBİSİNİ HESABI ( mh , kg/h )**

Elektrikli hava ısıtıcısının ısı kapasitesi;

$$N_1 = 9,12 \quad \text{kW}$$

$$N_1 = 7843,28715 \quad \text{kcal/h}$$

Aynı zamanda ;

$$N_1 = m_h \cdot C_{ph} \cdot ( T_2 - T_1 ) \text{ dir.}$$

$$7843,29 = m_h \cdot 0,24 \cdot ( 190 - 17 )$$

$$m_h = 185,515712 \quad \text{kg/h}$$

**3.) HACİMSSEL HAVA DEBİSİNİN BULUNMASI ( Vh , m³/h )**

$$V_h = m_h / \rho$$

$$V_h = 185,516 / 0,76289$$

$$V_h = 243,174916 \quad \text{m}^3/\text{h}$$

**4.) ISITICIDAN ÖNCEKİ HAVA HIZININ HESABI ( vo , m/sn )**

$$V_h = A \cdot v_o$$

$$243,174916 = 0,0093 \cdot v_o \cdot 3600$$

$$v_o = 7,25939949 \quad \text{m/sn}$$

**5.) ISITICIDAN SONRAKİ HAVA HIZININ HESABI ( vi , m/sn )**

$$v_i = v_o \cdot ( T_2 + 273 ) / 273$$

$$v_i = 7,2593995 \cdot ( 190 + 273 ) / 273$$

$$v_i = 12,311729 \quad \text{m/sn}$$

6.) ISI TRANSFER YÜZEYİNİN HESABI (  $A_y$  ,  $m^2$  )

$$A_y = \pi \cdot d_{iic} \cdot L$$

$$A_y = \pi \cdot 70,3 \cdot 4 / 1000$$

$$A_y = 0,883771429 \text{ m}^2$$

7.) REYNOLDS KATSAYISININ HESABI (  $Re$  , --- )

$$Re = v_i \cdot d_{iic} / \nu$$

$$Re = 12,3117288 \cdot 70,3 / ( 3,3319E-05 \cdot 1000 )$$

$$Re = 25976,29413$$

8.) KONVEKSİYON ISI TRANSFER KATSAYISININ HESAPLANMASI (  $\alpha$  ,  $kcal/m^2h^\circ C$  )

$$Q = \alpha \cdot A_y \cdot ( T_5 - T_2 )$$

$$5623,783784 = \alpha \cdot 0,88377143 \cdot ( 190 - 62 )$$

$$\alpha = 49,7139977 \text{ kcal/m}^2h^\circ C$$

9.) BASINÇ FARKI (  $\Delta P$  , mmSS )

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

$$\Delta P = 18 - 1$$

$$\Delta P = 17 \text{ mmSS}$$

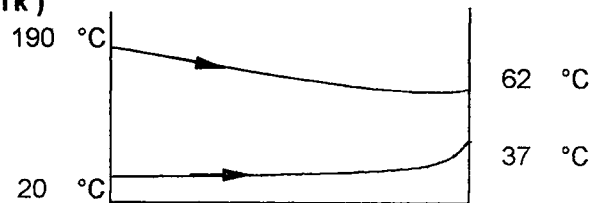
10.) ORTALAMA LOGARİTMİK SICAKLIK FARKININ HESABI (  $\Delta T_m$  ,  $^\circ C$  )

$$\Delta T_m = ( \Delta T_b - \Delta T_k ) / \ln ( \Delta T_b / \Delta T_k )$$

$$( 170 - 25 )$$

$$\Delta T_m = \frac{( 170 - 25 )}{\ln ( 170 / 25 )}$$

$$\Delta T_m = 29,1356 \text{ }^\circ C$$



**11.) ISI TRANSFER KATSAYISININ HESABI ( K , kcal/m<sup>2</sup>h°C )**

$$Q = K \cdot A_y \cdot (\Delta T_m)$$

$$5623,78 = K \cdot 0,88377 \cdot 29,13558$$

$$K = 218,40625 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$



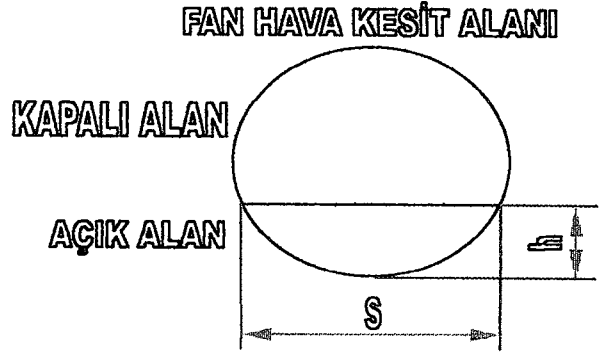
**TEST NO** 7  
**TARİH** 18-Eki-2000  
**TEST KONUSU** Türbülatorsüz akışta ısının incelenmesi

### Okunan Sıcaklık Bilgileri

1. Ortam Sıcaklığı ( T1 , °C )	17
2. Türbülator Teli Öncesindeki Hava Sıcaklığı ( T2 , °C )	187
3. Su Giriş Sıcaklığı ( T3 , °C )	20
4. Su Çıkış Sıcaklığı ( T4 , °C )	25
5. Türbülator Teli Sonrasındaki Hava Sıcaklığı ( T5 , °C )	59
6. Elektrikli Hava Isıtıcısı Kapasitesi ( N1 , kW )	9,12

### Fan Bilgileri

7. Fan Hava Giriş Çapı ( d , mm )	110
8. Fan Açık Kesit Genişliği ( s , mm )	50
9. Fan Açık Kesit Yüksekliği ( h , mm )	104
10. Fan Açık Kesit Alanı ( A , m <sup>2</sup> )	0,009305



### Basınç , Süre , Debi İle İlgili Ölçümler

11. Test Süresi ( t , sn )	122
12. Türbülator Telinden Önceki Hava Basıncı ( P1 , mmSS )	18
13. Türbülator Telinden Sonraki Hava Basıncı ( P2 , mmSS )	1
14. Isıtılan su miktarı ( msk , kg )	37,4
15. Isıtılan su debisi ( ms , kg/h )	1103,606557

### Sabitler

16. Pi sayısı ( π )		3,142857	
17. İç Cidardaki Boru Çapı [ diic( mm )	70,3	ddic( mm )	76,1 ]
18. Dış Cidardaki Boru Çapı [ didis( mm )	107,1	dddis( mm )	114,3 ]
19. Suyun Özgül Isısı ( Cps , kcal/kg.°C )			1
20. Suyun Yoğunluğu ( ρ , kg/m <sup>3</sup> )			1000
21. Havanın Özgül Isısı ( Cph , kcal/kg.°C )			0,244257047
22. Havanın Yoğunluğu ( ρ , kg/m <sup>3</sup> )			0,7676
23. Çift Cidarlı Boru Boyu ( L , m )			4
24. Havanın Kinematik Viskozitesi ( ν , m <sup>2</sup> /sn )			3,29E-05
			187 °C için ;
			187 °C için ;
			187 °C için ;

### Deney Sonuçları

25. Suya aktarılan ısı miktarı {alınan ısı} ( Q , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	5518,032787
26. Elektrikli ısıtıcı kapasitesi {verilen ısı} ( N1 , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	7843,287148
27. Verim ( η )	70,4%
28. Havanın Kütleli debisi ( mh , kg/h )	188,8870095
29. Havanın hacimsel debisi ( Vh , m <sup>3</sup> /h )	246,0747909
30. Isıtıcıdan önceki hava hızı ( vo , m/s )	7,345968246
31. Isıtıcıdan sonraki hava hızı ( vi , m/s )	12,37782195
32. Isıtma yüzeyi ( Ay , m <sup>2</sup> )	0,883771429
33. Reynolds sayısı ( Re , — )	26410,12757
34. Konveksiyon ısı transfer katsayısı ( α , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	48,77916365
35. Basınç farkı ( Δ P , mmSS )	17
36. Ortalama logaritmik sıcaklık farkı ( Δ Tm , °C )	27,19642228
37. Isı Transfer katsayısı ( K , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	229,5792028

**1.) ISI KAPASİTESİ ( Q , kcal/h )**

Suya aktarılan ısı miktarını verir.

$$Q = m_s \cdot C_p \cdot ( T_4 - T_3 )$$

$$Q = 1103,6066 \cdot 1 \cdot ( 25 - 20 )$$

$$Q = 5518,032787 \quad \text{kcal/h}$$

**2.) KÜTLESEL HAVA DEBİSİNİ HESABI ( mh , kg/h )**

Elektrikli hava ısıtıcısının ısı kapasitesi;

$$N_1 = 9,12 \quad \text{kW}$$

$$N_1 = 7843,28715 \quad \text{kcal/h}$$

Aynı zamanda ;

$$N_1 = mh \cdot C_{ph} \cdot ( T_2 - T_1 ) \text{ dir.}$$

$$7843,29 = mh \cdot 0,24 \cdot ( 187 - 17 )$$

$$mh = 188,88701 \quad \text{kg/h}$$

**3.) HACİMSSEL HAVA DEBİSİNİN BULUNMASI ( Vh , m³/h )**

$$V_h = mh / \rho$$

$$V_h = 188,887 / 0,7676$$

$$V_h = 246,0747909 \quad \text{m}^3/\text{h}$$

**4.) ISITICIDAN ÖNCEKİ HAVA HIZININ HESABI ( vo , m/sn )**

$$V_h = A \cdot v_o$$

$$246,0747909 = 0,0093 \cdot v_o \cdot 3600$$

$$v_o = 7,34596825 \quad \text{m/sn}$$

**5.) ISITICIDAN SONRAKİ HAVA HIZININ HESABI ( vi , m/sn )**

$$v_i = v_o \cdot ( T_2 + 273 ) / 273$$

$$v_i = 7,3459682 \cdot ( 187 + 273 ) / 273$$

$$v_i = 12,377822 \quad \text{m/sn}$$

6.) ISI TRANSFER YÜZEYİNİN HESABI (  $A_y$  ,  $m^2$  )

$$A_y = \pi \cdot d_{iic} \cdot L$$

$$A_y = \pi \cdot 70,3 \cdot 4 / 1000$$

$$A_y = 0,883771429 \text{ m}^2$$

7.) REYNOLDS KATSAYISININ HESABI (  $Re$  , --- )

$$Re = v_i \cdot d_{iic} / \nu$$

$$Re = 12,377822 \cdot 70,3 / ( 3,2948E-05 \cdot 1000 )$$

$$Re = 26410,12757$$

8.) KONVEKSİYON ISI TRANSFER KATSAYISININ HESAPLANMASI (  $\alpha$  ,  $kcal/m^2h^\circ C$  )

$$Q = \alpha \cdot A_y \cdot ( T_5 - T_2 )$$

$$5518,032787 = \alpha \cdot 0,88377143 \cdot ( 187 - 59 )$$

$$\alpha = 48,7791637 \text{ kcal/m}^2h^\circ C$$

9.) BASINÇ FARKI (  $\Delta P$  , mmSS )

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

$$\Delta P = 18 - 1$$

$$\Delta P = 17 \text{ mmSS}$$

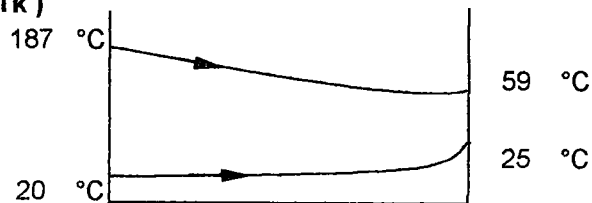
10.) ORTALAMA LOGARİTMİK SICAKLIK FARKININ HESABI (  $\Delta T_m$  ,  $^\circ C$  )

$$\Delta T_m = ( \Delta T_b - \Delta T_k ) / \ln ( \Delta T_b / \Delta T_k )$$

$$( 167 - 34 )$$

$$\Delta T_m = \frac{\quad}{\ln ( 167 / 34 )}$$

$$\Delta T_m = 27,1964 \text{ }^\circ C$$



**11.) ISI TRANSFER KATSAYISININ HESABI ( K , kcal/m<sup>2</sup>h°C )**

$$Q = K \cdot A_y \cdot (\Delta T_m)$$

$$5518,03 = K \cdot 0,88377 \cdot 27,19642$$

$$K = 229,579203 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$



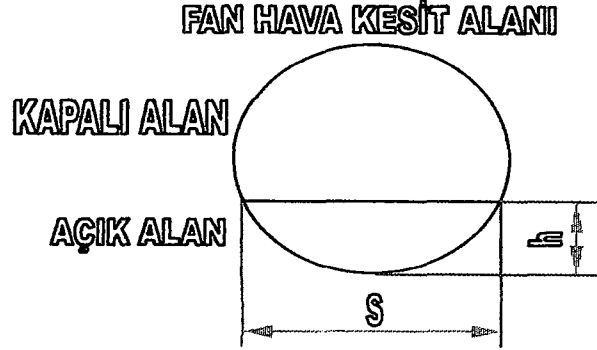
**TEST NO** 8  
**TARİH** 18-Eki-2000  
**TEST KONUSU** Türbülatorsüz akışta ısının incelenmesi

### Okunan Sıcaklık Bilgileri

1. Ortam Sıcaklığı ( T1 , °C )	17
2. Türbülator Teli Öncesindeki Hava Sıcaklığı ( T2 , °C )	185
3. Su Giriş Sıcaklığı ( T3 , °C )	20
4. Su Çıkış Sıcaklığı ( T4 , °C )	25
5. Türbülator Teli Sonrasındaki Hava Sıcaklığı ( T5 , °C )	59
6. Elektrikli Hava Isıtıcısı Kapasitesi ( N1 , kW )	9,12

### Fan Bilgileri

7. Fan Hava Giriş Çapı ( d , mm )	110
8. Fan Açık Kesit Genişliği ( s , mm )	0,01
9. Fan Açık Kesit Yüksekliği ( h , mm )	110
10. Fan Açık Kesit Alanı ( A , m <sup>2</sup> )	0,0095071



### Basınç , Süre , Debi ile İlgili Ölçümler

11. Test Süresi ( t , sn )	118
12. Türbülator Telinden Önceki Hava Basıncı ( P1 , mmSS )	21
13. Türbülator Telinden Sonraki Hava Basıncı ( P2 , mmSS )	1
14. Isıtılan su miktarı ( msk , kg )	37,4
15. Isıtılan su debisi ( ms , kg/h )	1141,016949

### Sabitler

16. Pi sayısı ( π )	3,142857	
17. İç Cidardaki Boru Çapı [ diic( mm )	70,3	ddic( mm ) 76,1 ]
18. Dış Cidardaki Boru Çapı [ didis( mm )	107,1	dddis( mm ) 114,3 ]
19. Suyun Özgül Isısı ( Cps , kcal/kg.°C )	1	
20. Suyun Yoğunluğu ( ρ , kg/m <sup>3</sup> )	1000	
21. Havanın Özgül Isısı ( Cph , kcal/kg.°C )	0,244172957	185 °C için ;
22. Havanın Yoğunluğu ( ρ , kg/m <sup>3</sup> )	0,77074	185 °C için ;
23. Çift Cidarlı Boru Boyu ( L , m )	4	
24. Havanın Kinematik Viskozitesi ( ν , m <sup>2</sup> /sn )	3,27E-05	185 °C için ;

### Deney Sonuçları

25. Suya aktarılan ısı miktarı {alınan ısı} ( Q , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	5705,084746
26. Elektrikli Isıtıcı kapasitesi {verilen ısı} ( N1 , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	7843,287148
27. Verim ( η )	72,7%
28. Havanın Kütleli debisi ( mh , kg/h )	191,2014889
29. Havanın hacimsel debisi ( Vh , m <sup>3</sup> /h )	248,075212
30. Isıtıcıdan önceki hava hızı ( vo , m/s )	7,248211387
31. Isıtıcıdan sonraki hava hızı ( vi , m/s )	12,16000299
32. Isıtma yüzeyi ( Ay , m <sup>2</sup> )	0,883771429
33. Reynolds sayısı ( Re , --- )	26141,82732
34. Konveksiyon ısı transfer katsayısı ( α , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	51,23321359
35. Basınç farkı ( Δ P , mmSS )	20
36. Ortalama logaritmik sıcaklık farkı ( Δ Tm , °C )	26,87070724
37. Isı Transfer katsayısı ( K , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	240,2387423

**1.) ISI KAPASİTESİ ( Q , kcal/h )**

Suya aktarılan ısı miktarını verir.

$$Q = m_s \cdot C_p \cdot ( T_4 - T_3 )$$

$$Q = 1141,0169 \cdot 1 \cdot ( 25 - 20 )$$

$$Q = 5705,084746 \quad \text{kcal/h}$$

**2.) KÜTLESEL HAVA DEBİSİNİ HESABI ( mh , kg/h )**

Elektrikli hava ısıtıcısının ısı kapasitesi;

$$N_1 = 9,12 \quad \text{kW}$$

$$N_1 = 7843,28715 \quad \text{kcal/h}$$

Aynı zamanda ;

$$N_1 = m_h \cdot C_{ph} \cdot ( T_2 - T_1 ) \quad \text{dir.}$$

$$7843,29 = m_h \cdot 0,24 \cdot ( 185 - 17 )$$

$$m_h = 191,201489 \quad \text{kg/h}$$

**3.) HACİMSSEL HAVA DEBİSİNİN BULUNMASI ( Vh , m³/h )**

$$V_h = m_h / \rho$$

$$V_h = 191,201 / 0,77074$$

$$V_h = 248,075212 \quad \text{m}^3/\text{h}$$

**4.) ISITICIDAN ÖNCEKİ HAVA HIZININ HESABI ( vo , m/sn )**

$$V_h = A \cdot v_o$$

$$248,075212 = 0,00951 \cdot v_o \cdot 3600$$

$$v_o = 7,24821139 \quad \text{m/sn}$$

**5.) ISITICIDAN SONRAKİ HAVA HIZININ HESABI ( vı , m/sn )**

$$v_i = v_o \cdot ( T_2 + 273 ) / 273$$

$$v_i = 7,2482114 \cdot ( 185 + 273 ) / 273$$

$$v_i = 12,160003 \quad \text{m/sn}$$

**DENEY SONUÇLARININ HESABI****SAYFA NO : 2****6.) ISI TRANSFER YÜZEYİNİN HESABI (  $A_y$  ,  $m^2$  )**

$$A_y = \pi \cdot d_{iic} \cdot L$$

$$A_y = \pi \cdot 70,3 \cdot 4 / 1000$$

$$A_y = 0,883771429 \text{ m}^2$$

**7.) REYNOLDS KATSAYISININ HESABI (  $Re$  , --- )**

$$Re = v_i \cdot d_{iic} / \nu$$

$$Re = 12,160003 \cdot 70,3 / ( 3,27E-05 \cdot 1000 )$$

$$Re = 26141,82732$$

**8.) KONVEKSİYON ISI TRANSFER KATSAYISININ HESAPLANMASI (  $\alpha$  ,  $kcal/m^2h^\circ C$  )**

$$Q = \alpha \cdot A_y \cdot ( T_5 - T_2 )$$

$$5705,084746 = \alpha \cdot 0,88377143 \cdot ( 185 - 59 )$$

$$\alpha = 51,2332136 \text{ kcal/m}^2h^\circ C$$

**9.) BASINÇ FARKI (  $\Delta P$  ,  $mmSS$  )**

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

$$\Delta P = 21 - 1$$

$$\Delta P = 20 \text{ mmSS}$$

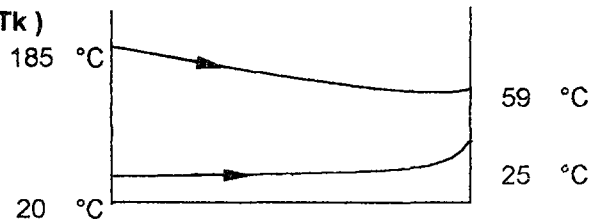
**10.) ORTALAMA LOGARİTMİK SICAKLIK FARKININ HESABI (  $\Delta T_m$  ,  $^\circ C$  )**

$$\Delta T_m = ( \Delta T_b - \Delta T_k ) / \ln ( \Delta T_b / \Delta T_k )$$

$$( 165 - 34 )$$

$$\Delta T_m = \frac{\quad}{\ln ( 165 / 34 )}$$

$$\Delta T_m = 26,8707 \text{ }^\circ C$$



11.) ISI TRANSFER KATSAYISININ HESABI ( K , kcal/m<sup>2</sup>h°C )

$$Q = K \cdot A_y \cdot (\Delta T_m)$$

$$5705,08 = K \cdot 0,88377 \cdot 26,87071$$

$$K = 240,238742 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

**TEST NO** 9  
**TARİH** 18-Eki-2000  
**TEST KONUSU** Türbülatorsüz akışta ısının incelenmesi

### Okunan Sıcaklık Bilgileri

1. Ortam Sıcaklığı ( T1 , °C )	17
2. Türbülator Teli Öncesindeki Hava Sıcaklığı ( T2 , °C )	184
3. Su Giriş Sıcaklığı ( T3 , °C )	20
4. Su Çıkış Sıcaklığı ( T4 , °C )	38
5. Türbülator Teli Sonrasındaki Hava Sıcaklığı ( T5 , °C )	58
6. Elektrikli Hava Isıtıcısı Kapasitesi ( N1 , kW )	9,12

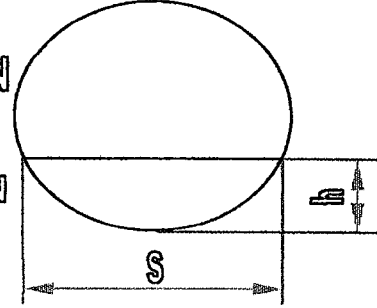
### Fan Bilgileri

7. Fan Hava Giriş Çapı ( d , mm )	110
8. Fan Açık Kesit Genişliği ( s , mm )	0,01
9. Fan Açık Kesit Yüksekliği ( h , mm )	110
10. Fan Açık Kesit Alanı ( A , m <sup>2</sup> )	0,0095071

### FAN HAVA KESİT ALANI

KAPALI ALAN

AÇIK ALAN



### Basınç , Süre , Debi ile İlgili Ölçümler

11. Test Süresi ( t , sn )	432
12. Türbülator Telinden Önceki Hava Basıncı ( P1 , mmSS )	21
13. Türbülator Telinden Sonraki Hava Basıncı ( P2 , mmSS )	1
14. Isıtılan su miktarı ( msk , kg )	37,4
15. Isıtılan su debisi ( ms , kg/h )	311,6666667

### Sabitler

16. Pi sayısı ( $\pi$ )		3,142857		
17. İç Cidardaki Boru Çapı [ diic( mm )	70,3	ddic( mm )	76,1 ]	
18. Dış Cidardaki Boru Çapı [ didıs( mm )	107,1	dddıs( mm )	114,3 ]	
19. Suyun Özgül Isısı ( Cps , kcal/kg.°C )			1	
20. Suyun Yoğunluğu ( $\rho$ , kg/m <sup>3</sup> )			1000	
21. Havanın Özgül Isısı ( Cph , kcal/kg.°C )			0,244130913	184 °C için ;
22. Havanın Yoğunluğu ( $\rho$ , kg/m <sup>3</sup> )			0,77231	184 °C için ;
23. Çift Cidarlı Boru Boyu ( L , m )			4	
24. Havanın Kinematik Viskozitesi ( $\nu$ , m <sup>2</sup> /sn )			3,26E-05	184 °C için ;

### Deney Sonuçları

25. Suya aktarılan ısı miktarı {alınan ısı} ( Q , kcal/m <sup>2</sup> h°C )		5610
26. Elektrikli Isıtıcı kapasitesi {verilen ısı} ( N1 , kcal/m <sup>2</sup> h°C )		7843,287148
27. Verim ( $\eta$ )		71,5%
28. Havanın Kütleli debisi ( mh , kg/h )		192,3795344
29. Havanın hacimsel debisi ( Vh , m <sup>3</sup> /h )		249,0962624
30. Isıtıcıdan önceki hava hızı ( vo , m/s )		7,278044232
31. Isıtıcıdan sonraki hava hızı ( vi , m/s )		12,18339273
32. Isıtma yüzeyi ( Ay , m <sup>2</sup> )		0,883771429
33. Reynolds sayısı ( Re , — )		26291,64826
34. Konveksiyon ısı transfer katsayısı ( $\alpha$ , kcal/m <sup>2</sup> h°C )		50,3793267
35. Basınç farkı ( $\Delta P$ , mmSS )		20
36. Ortalama logaritmik sıcaklık farkı ( $\Delta Tm$ , °C )		28,97493152
37. Isı Transfer katsayısı ( K , kcal/m <sup>2</sup> h°C )		219,0788669

## 1.) ISI KAPASİTESİ ( Q , kcal/h )

Suya aktarılan ısı miktarını verir.

$$Q = m_s \cdot C_p \cdot ( T_4 - T_3 )$$

$$Q = 311,66667 \cdot 1 \cdot ( 38 - 20 )$$

$$Q = 5610 \text{ kcal/h}$$

## 2.) KÜTLESEL HAVA DEBİSİNİ HESABI ( mh , kg/h )

Elektrikli hava ısıtıcısının ısı kapasitesi;

$$N_1 = 9,12 \text{ kW}$$

$$N_1 = 7843,28715 \text{ kcal/h}$$

Aynı zamanda ;

$$N_1 = m_h \cdot C_{ph} \cdot ( T_2 - T_1 ) \text{ dir.}$$

$$7843,29 = m_h \cdot 0,24 \cdot ( 184 - 17 )$$

$$m_h = 192,379534 \text{ kg/h}$$

## 3.) HACİMSEL HAVA DEBİSİNİN BULUNMASI ( Vh , m³/h )

$$V_h = m_h / \rho$$

$$V_h = 192,38 / 0,77231$$

$$V_h = 249,0962624 \text{ m}^3/\text{h}$$

## 4.) ISITICIDAN ÖNCEKİ HAVA HIZININ HESABI ( vo , m/sn )

$$V_h = A \cdot v_o$$

$$249,0962624 = 0,00951 \cdot v_o \cdot 3600$$

$$v_o = 7,27804423 \text{ m/sn}$$

## 5.) ISITICIDAN SONRAKİ HAVA HIZININ HESABI ( vi , m/sn )

$$v_i = v_o \cdot ( T_2 + 273 ) / 273$$

$$v_i = 7,2780442 \cdot ( 184 + 273 ) / 273$$

$$v_i = 12,183393 \text{ m/sn}$$

6.) ISI TRANSFER YÜZEYİNİN HESABI (  $A_y$  ,  $m^2$  )

$$A_y = \pi \cdot d_{iic} \cdot L$$

$$A_y = \pi \cdot 70,3 \cdot 4 / 1000$$

$$A_y = 0,883771429 \text{ m}^2$$

7.) REYNOLDS KATSAYISININ HESABI (  $Re$  , --- )

$$Re = v_1 \cdot d_{iic} / \nu$$

$$Re = 12,1833927 \cdot 70,3 / ( 3,2577E-05 \cdot 1000 )$$

$$Re = 26291,64826$$

8.) KONVEKSİYON ISI TRANSFER KATSAYISININ HESAPLANMASI (  $\alpha$  ,  $kcal/m^2h^\circ C$  )

$$Q = \alpha \cdot A_y \cdot ( T_5 - T_2 )$$

$$5610 = \alpha \cdot 0,88377143 \cdot ( 184 - 58 )$$

$$\alpha = 50,3793267 \text{ kcal/m}^2h^\circ C$$

9.) BASINÇ FARKI (  $\Delta P$  , mmSS )

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

$$\Delta P = 21 - 1$$

$$\Delta P = 20 \text{ mmSS}$$

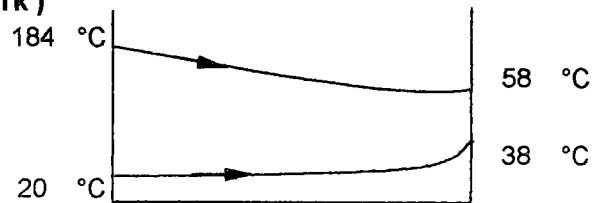
10.) ORTALAMA LOGARİTMİK SICAKLIK FARKININ HESABI (  $\Delta T_m$  ,  $^\circ C$  )

$$\Delta T_m = ( \Delta T_b - \Delta T_k ) / \ln ( \Delta T_b / \Delta T_k )$$

$$( 164 - 20 )$$

$$\Delta T_m = \frac{( 164 - 20 )}{\ln ( 164 / 20 )}$$

$$\Delta T_m = 28,9749 \text{ }^\circ C$$



11.) ISI TRANSFER KATSAYISININ HESABI ( K , kcal/m<sup>2</sup>h°C )

$$Q = K \cdot A_y \cdot (\Delta T_m)$$

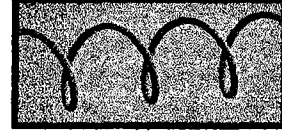
$$5610 = K \cdot 0,88377 \cdot 28,97493$$

$$K = 219,078867 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

**Ek 1.2 : Spiral Tip Türbülatorün İncelenmesi ( Deney no :10-15 )**



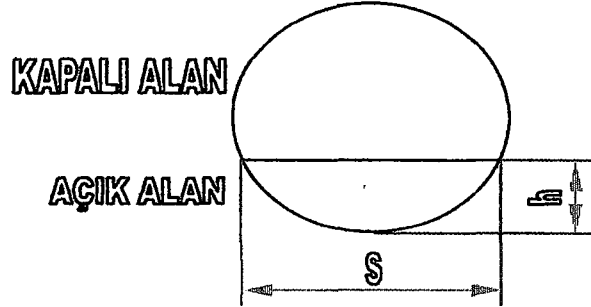
TEST NO 10  
TARİH 18-Eki-2000  
TEST KONUSU Spiral tip türbülötör teli



### Okunan Sıcaklık Bilgileri

1. Ortam Sıcaklığı ( T1 , °C )	17
2. Türbülötör Teli Öncesindeki Hava Sıcaklığı ( T2 , °C )	201
3. Su Giriş Sıcaklığı ( T3 , °C )	20
4. Su Çıkış Sıcaklığı ( T4 , °C )	40
5. Türbülötör Teli Sonrasındaki Hava Sıcaklığı ( T5 , °C )	45
6. Elektrikli Hava Isıtıcısı Kapasitesi ( N1 , kW )	9,12

### FAN HAVA KESİT ALANI



### Fan Bilgileri

7. Fan Hava Giriş Çapı ( d , mm )	110
8. Fan Açık Kesit Genişliği ( s , mm )	0,01
9. Fan Açık Kesit Yüksekliği ( h , mm )	110
10. Fan Açık Kesit Alanı ( A , m <sup>2</sup> )	0,0095071

### Basınç , Süre , Debi ile İlgili Ölçümler

11. Test Süresi ( t , sn )	425
12. Türbülötör Telinden Önceki Hava Basıncı ( P1 , mmSS )	33
13. Türbülötör Telinden Sonraki Hava Basıncı ( P2 , mmSS )	1
14. Isıtılan su miktarı ( msk , kg )	37,4
15. Isıtılan su debisi ( ms , kg/h )	316,8

### Sabitler

16. Pi sayısı ( $\pi$ )		3,142857	
17. İç Cidardaki Boru Çapı [ diic( mm )	70,3	ddic( mm )	76,1 ]
18. Dış Cidardaki Boru Çapı [ didis( mm )	107,1	dddis( mm )	114,3 ]
19. Suyun Özgül Isısı ( Cps , kcal/kg.°C )			1
20. Suyun Yoğunluğu ( $\rho$ , kg/m <sup>3</sup> )			1000
21. Havanın Özgül Isısı ( Cph , kcal/kg.°C )		0,244845676	201 °C için ;
22. Havanın Yoğunluğu ( $\rho$ , kg/m <sup>3</sup> )		0,74562	201 °C için ;
23. Çift Cidarlı Boru Boyu ( L , m )		4	
24. Havanın Kinematik Viskozitesi ( $\nu$ , m <sup>2</sup> /sn )		3,47E-05	201 °C için ;

### Deney Sonuçları

25. Suya aktarılan ısı miktarı {alınan ısı} ( Q , kcal/m <sup>2</sup> h°C )		6336
26. Elektrikli Isıtıcı kapasitesi {verilen ısı} ( N1 , kcal/m <sup>2</sup> h°C )		7843,287148
27. Verim ( $\eta$ )		80,8%
28. Havanın Kütleli debisi ( mh , kg/h )		174,0956233
29. Havanın hacimsel debisi ( Vh , m <sup>3</sup> /h )		233,4910857
30. Isıtıcıdan önceki hava hızı ( vo , m/s )		6,822095332
31. Isıtıcıdan sonraki hava hızı ( vı , m/s )		11,84495673
32. Isıtma yüzeyi ( Ay , m <sup>2</sup> )		0,883771429
33. Reynolds sayısı ( Re , — )		24010,13973
34. Konveksiyon ısı transfer katsayısı ( $\alpha$ , kcal/m <sup>2</sup> h°C )		45,95688806
35. Basınç farkı ( $\Delta P$ , mmSS )		32
36. Ortalama logaritmik sıcaklık farkı ( $\Delta Tm$ , °C )		34,03936656
37. Isı Transfer katsayısı ( K , kcal/m <sup>2</sup> h°C )		210,6171548

## 1.) ISI KAPASİTESİ ( Q , kcal/h )

Suya aktarılan ısı miktarını verir.

$$Q = m_s \cdot C_p \cdot ( T_4 - T_3 )$$

$$Q = 316,8 \cdot 1 \cdot ( 40 - 20 )$$

$$Q = 6336 \text{ kcal/h}$$

## 2.) KÜTLESEL HAVA DEBİSİNİ HESABI ( mh , kg/h )

Elektrikli hava ısıtıcısının ısı kapasitesi;

$$N_1 = 9,12 \text{ kW}$$

$$N_1 = 7843,28715 \text{ kcal/h}$$

Aynı zamanda ;

$$N_1 = m_h \cdot C_{ph} \cdot ( T_2 - T_1 ) \text{ dir.}$$

$$7843,29 = m_h \cdot 0,24 \cdot ( 201 - 17 )$$

$$m_h = 174,095623 \text{ kg/h}$$

## 3.) HACİMSEL HAVA DEBİSİNİN BULUNMASI ( Vh , m³/h )

$$V_h = m_h / \rho$$

$$V_h = 174,096 / 0,74562$$

$$V_h = 233,4910857 \text{ m}^3/\text{h}$$

## 4.) ISITICIDAN ÖNCEKİ HAVA HIZININ HESABI ( vo , m/sn )

$$V_h = A \cdot v_o$$

$$233,4910857 = 0,00951 \cdot v_o \cdot 3600$$

$$v_o = 6,82209533 \text{ m/sn}$$

## 5.) ISITICIDAN SONRAKİ HAVA HIZININ HESABI ( vi , m/sn )

$$v_i = v_o \cdot ( T_2 + 273 ) / 273$$

$$v_i = 6,8220953 \cdot ( 201 + 273 ) / 273$$

$$v_i = 11,844957 \text{ m/sn}$$

6.) ISI TRANSFER YÜZEYİNİN HESABI (  $A_y$  ,  $m^2$  )

$$A_y = \pi \cdot d_{iic} \cdot L$$

$$A_y = \pi \cdot 70,3 \cdot 4 / 1000$$

$$A_y = 0,883771429 \text{ m}^2$$

7.) REYNOLDS KATSAYISININ HESABI (  $Re$  , --- )

$$Re = v_i \cdot d_{iic} / \nu$$

$$Re = 11,8449567 \cdot 70,3 / ( 3,4681E-05 \cdot 1000 )$$

$$Re = 24010,13973$$

8.) KONVEKSİYON ISI TRANSFER KATSAYISININ HESAPLANMASI (  $\alpha$  ,  $kcal/m^2h^\circ C$  )

$$Q = \alpha \cdot A_y \cdot ( T_5 - T_2 )$$

$$6336 = \alpha \cdot 0,88377143 \cdot ( 201 - 45 )$$

$$\alpha = 45,9568881 \text{ kcal/m}^2h^\circ C$$

9.) BASINÇ FARKI (  $\Delta P$  , mmSS )

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

$$\Delta P = 33 - 1$$

$$\Delta P = 32 \text{ mmSS}$$

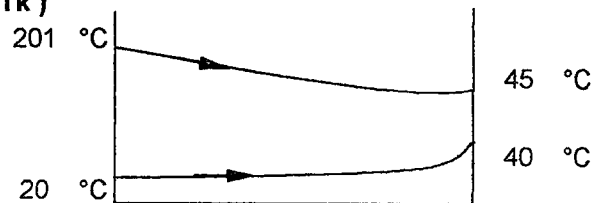
10.) ORTALAMA LOGARİTMİK SICAKLIK FARKININ HESABI (  $\Delta T_m$  ,  $^\circ C$  )

$$\Delta T_m = ( \Delta T_b - \Delta T_k ) / \ln ( \Delta T_b / \Delta T_k )$$

$$( 181 - 5 )$$

$$\Delta T_m = \frac{( 181 - 5 )}{\ln ( 181 / 5 )}$$

$$\Delta T_m = 34,0394 \text{ }^\circ C$$



11.) ISI TRANSFER KATSAYISININ HESABI ( K , kcal/m<sup>2</sup>h°C )

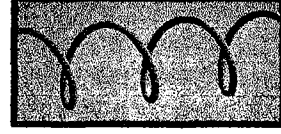
$$Q = K \cdot A_y \cdot (\Delta T_m)$$

$$6336 = K \cdot 0,88377 \cdot 34,03937$$

$$K = 210,617155 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

TEST NO 11  
TARİH 21-Eki-2000  
TEST KONUSU

Spiral tip türbülator teli



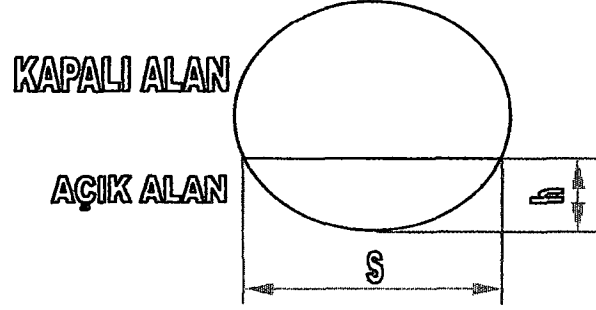
### Okunan Sıcaklık Bilgileri

1. Ortam Sıcaklığı ( T1 , °C )	14
2. Türbülator Teli Öncesindeki Hava Sıcaklığı ( T2 , °C )	199
3. Su Giriş Sıcaklığı ( T3 , °C )	20
4. Su Çıkış Sıcaklığı ( T4 , °C )	32
5. Türbülator Teli Sonrasındaki Hava Sıcaklığı ( T5 , °C )	46
6. Elektrikli Hava Isıtıcısı Kapasitesi ( N1 , kW )	9,12

### Fan Bilgileri

7. Fan Hava Giriş Çapı ( d , mm )	110
8. Fan Açık Kesit Genişliği ( s , mm )	0,01
9. Fan Açık Kesit Yüksekliği ( h , mm )	110
10. Fan Açık Kesit Alanı ( A , m <sup>2</sup> )	0,0095071

### FAN HAVA KESİT ALANI



### Basınç , Süre , Debi İle İlgili Ölçümler

11. Test Süresi ( t , sn )	250
12. Türbülator Telinden Önceki Hava Basıncı ( P1 , mmSS )	32
13. Türbülator Telinden Sonraki Hava Basıncı ( P2 , mmSS )	1
14. Isıtılan su miktarı ( msk , kg )	37,4
15. Isıtılan su debisi ( ms , kg/h )	538,56

### Sabitler

16. Pi sayısı ( $\pi$ )	3,142857	
17. İç Cidardaki Boru Çapı [ diic( mm ) 70,3 ddiic( mm ) 76,1 ]		
18. Dış Cidardaki Boru Çapı [ didis( mm ) 107,1 dddis( mm ) 114,3 ]		
19. Suyun Özgül Isısı ( Cps , kcal/kg.°C )	1	
20. Suyun Yoğunluğu ( $\rho$ , kg/m <sup>3</sup> )	1000	
21. Havanın Özgül Isısı ( Cph , kcal/kg.°C )	0,244761586	199 °C için ;
22. Havanın Yoğunluğu ( $\rho$ , kg/m <sup>3</sup> )	0,74876	199 °C için ;
23. Çift Cidarlı Boru Boyu ( L , m )	4	
24. Havanın Kinematik Viskozitesi ( $\nu$ , m <sup>2</sup> /sn )	3,44E-05	199 °C için ;

### Deney Sonuçları

25. Suya aktarılan ısı miktarı {alınan ısı} ( Q , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	6462,72
26. Elektrikli ısıtıcı kapasitesi {verilen ısı} ( N1 , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	7843,287148
27. Verim ( $\eta$ )	82,4%
28. Havanın Kütleli debisi ( mh , kg/h )	173,2140545
29. Havanın hacimsel debisi ( Vh , m <sup>3</sup> /h )	231,3345458
30. Isıtıcıdan önceki hava hızı ( vo , m/s )	6,759085987
31. Isıtıcıdan sonraki hava hızı ( vi , m/s )	11,68603878
32. Isıtma yüzeyi ( Ay , m <sup>2</sup> )	0,883771429
33. Reynolds sayısı ( Re , — )	23858,3397
34. Konveksiyon ısı transfer katsayısı ( $\alpha$ , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	47,79516358
35. Basınç farkı ( $\Delta P$ , mmSS )	31
36. Ortalama logaritmik sıcaklık farkı ( $\Delta Tm$ , °C )	32,31526871
37. Isı Transfer katsayısı ( K , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	226,291172

## 1.) ISI KAPASİTESİ ( Q , kcal/h )

Suya aktarılan ısı miktarını verir.

$$Q = m_s \cdot C_p \cdot ( T_4 - T_3 )$$

$$Q = 538,56 \cdot 1 \cdot ( 32 - 20 )$$

$$Q = 6462,72 \text{ kcal/h}$$

## 2.) KÜTLESEL HAVA DEBİSİNİ HESABI ( mh , kg/h )

Elektrikli hava ısıtıcısının ısı kapasitesi;

$$N_1 = 9,12 \text{ kW}$$

$$N_1 = 7843,28715 \text{ kcal/h}$$

Aynı zamanda ;

$$N_1 = m_h \cdot C_{ph} \cdot ( T_2 - T_1 ) \text{ dir.}$$

$$7843,29 = m_h \cdot 0,24 \cdot ( 199 - 14 )$$

$$m_h = 173,214055 \text{ kg/h}$$

## 3.) HACİMSSEL HAVA DEBİSİNİN BULUNMASI ( Vh , m³/h )

$$V_h = m_h / \rho$$

$$V_h = 173,214 / 0,74876$$

$$V_h = 231,3345458 \text{ m}^3/\text{h}$$

## 4.) ISITICIDAN ÖNCEKİ HAVA HIZININ HESABI ( vo , m/sn )

$$V_h = A \cdot v_o$$

$$231,3345458 = 0,00951 \cdot v_o \cdot 3600$$

$$v_o = 6,75908599 \text{ m/sn}$$

## 5.) ISITICIDAN SONRAKİ HAVA HIZININ HESABI ( vi , m/sn )

$$v_i = v_o \cdot ( T_2 + 273 ) / 273$$

$$v_i = 6,759086 \cdot ( 199 + 273 ) / 273$$

$$v_i = 11,686039 \text{ m/sn}$$

6.) ISI TRANSFER YÜZEYİNİN HESABI (  $A_y$  ,  $m^2$  )

$$A_y = \pi \cdot d_{iic} \cdot L$$

$$A_y = \pi \cdot 70,3 \cdot 4 / 1000$$

$$A_y = 0,883771429 \text{ m}^2$$

7.) REYNOLDS KATSAYISININ HESABI (  $Re$  , --- )

$$Re = v_i \cdot d_{iic} / \nu$$

$$Re = 11,6860388 \cdot 70,3 / ( 3,4434E-05 \cdot 1000 )$$

$$Re = 23858,3397$$

8.) KONVEKSİYON ISI TRANSFER KATSAYISININ HESAPLANMASI (  $\alpha$  ,  $kcal/m^2h^\circ C$  )

$$Q = \alpha \cdot A_y \cdot ( T_5 - T_2 )$$

$$6462,72 = \alpha \cdot 0,88377143 \cdot ( 199 - 46 )$$

$$\alpha = 47,7951636 \text{ kcal/m}^2h^\circ C$$

9.) BASINÇ FARKI (  $\Delta P$  ,  $mmSS$  )

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

$$\Delta P = 32 - 1$$

$$\Delta P = 31 \text{ mmSS}$$

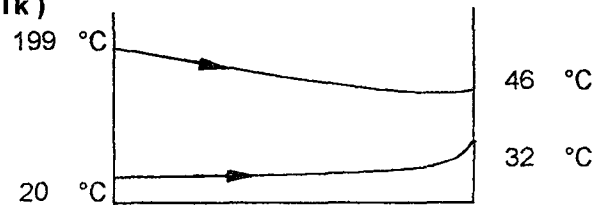
10.) ORTALAMA LOGARİTMİK SICAKLIK FARKININ HESABI (  $\Delta T_m$  ,  $^\circ C$  )

$$\Delta T_m = ( \Delta T_b - \Delta T_k ) / \ln ( \Delta T_b / \Delta T_k )$$

$$( 179 - 14 )$$

$$\Delta T_m = \frac{\quad}{\ln ( 179 / 14 )}$$

$$\Delta T_m = 32,3153 \text{ }^\circ C$$



**11.) ISI TRANSFER KATSAYISININ HESABI ( K , kcal/m<sup>2</sup>h°C )**

$$Q = K \cdot A_y \cdot (\Delta T_m)$$

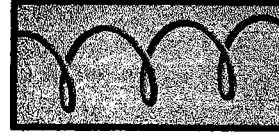
$$6462,72 = K \cdot 0,88377 \cdot 32,31527$$

$$K = 226,291172 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$



TEST NO 12  
TARİH 21-Eki-2000  
TEST KONUSU

Spiral tip türbülator teli



### Okunan Sıcaklık Bilgileri

1. Ortam Sıcaklığı ( T1 , °C )	14
2. Türbülator Teli Öncesindeki Hava Sıcaklığı ( T2 , °C )	190
3. Su Giriş Sıcaklığı ( T3 , °C )	20
4. Su Çıkış Sıcaklığı ( T4 , °C )	27
5. Türbülator Teli Sonrasındaki Hava Sıcaklığı ( T5 , °C )	30
6. Elektrikli Hava Isıtıcısı Kapasitesi ( N1 , kW )	9,12

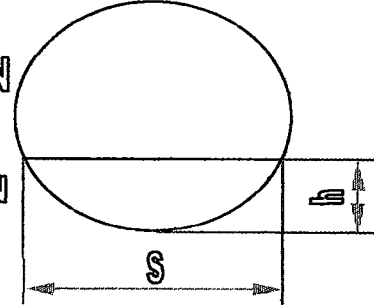
### Fan Bilgileri

7. Fan Hava Giriş Çapı ( d , mm )	110
8. Fan Açık Kesit Geniliği ( s , mm )	0,01
9. Fan Açık Kesit Yüksekliği ( h , mm )	110
10. Fan Açık Kesit Alanı ( A , m <sup>2</sup> )	0,0095071

### FAN HAVA KESİT ALANI

KAPALI ALAN

AÇIK ALAN



### Basınç , Süre , Debi ile İlgili Ölçümler

11. Test Süresi ( t , sn )	150
12. Türbülator Telinden Önceki Hava Basıncı ( P1 , mmSS )	32
13. Türbülator Telinden Sonraki Hava Basıncı ( P2 , mmSS )	1
14. Isıtılan su miktarı ( msk , kg )	37,4
15. Isıtılan su debisi ( ms , kg/h )	897,6

### Sabitler

16. Pi sayısı ( $\pi$ )		3,142857	
17. İç Cidardaki Boru Çapı [ diic( mm )	70,3	ddic( mm )	76,1 ]
18. Dış Cidardaki Boru Çapı [ didis( mm )	107,1	dddis( mm )	114,3 ]
19. Suyun Özgül Isısı ( Cps , kcal/kg.°C )			1
20. Suyun Yoğunluğu ( $\rho$ , kg/m <sup>3</sup> )			1000
21. Havanın Özgül Isısı ( Cph , kcal/kg.°C )			0,244383182
22. Havanın Yoğunluğu ( $\rho$ , kg/m <sup>3</sup> )			0,76289
23. Çift Cidarlı Boru Boyu ( L , m )			4
24. Havanın Kinematik Viskozitesi ( $\nu$ , m <sup>2</sup> /sn )			3,33E-05
			190 °C için ;
			190 °C için ;
			190 °C için ;

### Deney Sonuçları

25. Suya aktarılan ısı miktarı {alınan ısı} ( Q , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	6283,2
26. Elektrikli Isıtıcı kapasitesi {verilen ısı} ( N1 , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	7843,287148
27. Verim ( $\eta$ )	80,1%
28. Havanın Kütleli debisi ( mh , kg/h )	182,353512
29. Havanın hacimsel debisi ( Vh , m <sup>3</sup> /h )	239,029889
30. Isıtıcıdan önceki hava hızı ( vo , m/s )	6,983926968
31. Isıtıcıdan sonraki hava hızı ( vi , m/s )	11,84453548
32. Isıtma yüzeyi ( Ay , m <sup>2</sup> )	0,883771429
33. Reynolds sayısı ( Re , — )	24990,57139
34. Konveksiyon ısı transfer katsayısı ( $\alpha$ , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	44,43456615
35. Basınç farkı ( $\Delta P$ , mmSS )	31
36. Ortalama logaritmik sıcaklık farkı ( $\Delta Tm$ , °C )	32,62997302
37. Isı Transfer katsayısı ( K , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	217,8834343

## 1.) ISI KAPASİTESİ ( Q , kcal/h )

Suya aktarılan ısı miktarını verir.

$$Q = m_s \cdot C_p \cdot ( T_4 - T_3 )$$

$$Q = 897,6 \cdot 1 \cdot ( 27 - 20 )$$

$$Q = 6283,2 \text{ kcal/h}$$

## 2.) KÜTLESEL HAVA DEBİSİNİ HESABI ( mh , kg/h )

Elektrikli hava ısıtıcısının ısı kapasitesi;

$$N_1 = 9,12 \text{ kW}$$

$$N_1 = 7843,28715 \text{ kcal/h}$$

Aynı zamanda ;

$$N_1 = m_h \cdot C_{ph} \cdot ( T_2 - T_1 ) \text{ dir.}$$

$$7843,29 = m_h \cdot 0,24 \cdot ( 190 - 14 )$$

$$m_h = 182,353512 \text{ kg/h}$$

## 3.) HACİMSEL HAVA DEBİSİNİN BULUNMASI ( Vh , m³/h )

$$V_h = m_h / \rho$$

$$V_h = 182,354 / 0,76289$$

$$V_h = 239,029889 \text{ m}^3/\text{h}$$

## 4.) ISITICIDAN ÖNCEKİ HAVA HIZININ HESABI ( vo , m/sn )

$$V_h = A \cdot v_o$$

$$239,029889 = 0,00951 \cdot v_o \cdot 3600$$

$$v_o = 6,98392697 \text{ m/sn}$$

## 5.) ISITICIDAN SONRAKİ HAVA HIZININ HESABI ( vi , m/sn )

$$v_i = v_o \cdot ( T_2 + 273 ) / 273$$

$$v_i = 6,983927 \cdot ( 190 + 273 ) / 273$$

$$v_i = 11,844535 \text{ m/sn}$$

6.) ISI TRANSFER YÜZEYİNİN HESABI (  $A_y$  ,  $m^2$  )

$$A_y = \pi \cdot d_{iic} \cdot L$$

$$A_y = \pi \cdot 70,3 \cdot 4 / 1000$$

$$A_y = 0,883771429 \text{ m}^2$$

7.) REYNOLDS KATSAYISININ HESABI (  $Re$  , --- )

$$Re = v_i \cdot d_{iic} / \nu$$

$$Re = 11,8445355 \cdot 70,3 / ( 3,3319E-05 \cdot 1000 )$$

$$Re = 24990,57139$$

8.) KONVEKSİYON ISI TRANSFER KATSAYISININ HESAPLANMASI (  $\alpha$  ,  $kcal/m^2h^\circ C$  )

$$Q = \alpha \cdot A_y \cdot ( T_5 - T_2 )$$

$$6283,2 = \alpha \cdot 0,88377143 \cdot ( 190 - 30 )$$

$$\alpha = 44,4345661 \text{ kcal}/m^2h^\circ C$$

9.) BASINÇ FARKI (  $\Delta P$  , mmSS )

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

$$\Delta P = 32 - 1$$

$$\Delta P = 31 \text{ mmSS}$$

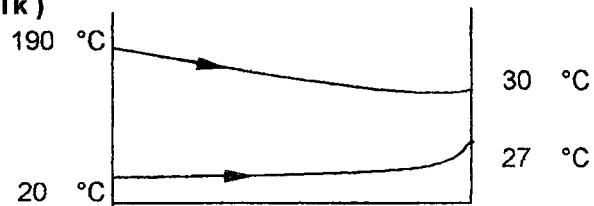
10.) ORTALAMA LOGARİTMİK SICAKLIK FARKININ HESABI (  $\Delta T_m$  ,  $^\circ C$  )

$$\Delta T_m = ( \Delta T_b - \Delta T_k ) / \ln ( \Delta T_b / \Delta T_k )$$

$$( 170 - 3 )$$

$$\Delta T_m = \frac{( 170 - 3 )}{\ln ( 170 / 3 )}$$

$$\Delta T_m = 32,63 \text{ }^\circ C$$



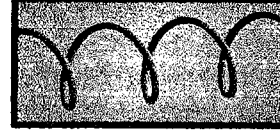
11.) ISI TRANSFER KATSAYISININ HESABI ( K , kcal/m<sup>2</sup>h°C )

$$Q = K \cdot A_y \cdot (\Delta T_m)$$

$$6283,2 = K \cdot 0,88377 \cdot 32,62997$$

$$K = 217,883434 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

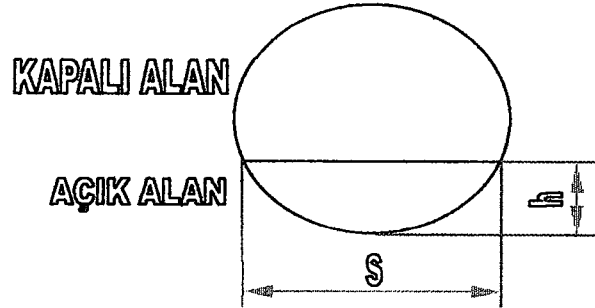
**TEST NO** 13  
**TARİH** 21-Eki-2000  
**TEST KONUSU** Spiral tip türbülator teli



### Okunan Sıcaklık Bilgileri

1. Ortam Sıcaklığı ( T1 , °C )	15
2. Türbülator Teli Öncesindeki Hava Sıcaklığı ( T2 , °C )	200
3. Su Giriş Sıcaklığı ( T3 , °C )	20
4. Su Çıkış Sıcaklığı ( T4 , °C )	29
5. Türbülator Teli Sonrasındaki Hava Sıcaklığı ( T5 , °C )	35
6. Elektrikli Hava Isıtıcısı Kapasitesi ( N1 , kW )	9,12

### FAN HAVA KESİT ALANI



### Fan Bilgileri

7. Fan Hava Giriş Çapı ( d , mm )	110
8. Fan Açık Kesit Genişliği ( s , mm )	50
9. Fan Açık Kesit Yüksekliği ( h , mm )	104
10. Fan Açık Kesit Alanı ( A , m² )	0,009305

### Basınç , Süre , Debi İle İlgili Ölçümler

11. Test Süresi ( t , sn )	185
12. Türbülator Telinden Önceki Hava Basıncı ( P1 , mmSS )	28
13. Türbülator Telinden Sonraki Hava Basıncı ( P2 , mmSS )	1
14. Isıtılan su miktarı ( msk , kg )	37,4
15. Isıtılan su debisi ( ms , kg/h )	727,7837838

### Sabitler

16. Pi sayısı ( $\pi$ )		3,142857	
17. İç Cidardaki Boru Çapı [ diic( mm )	70,3	ddic( mm )	76,1 ]
18. Dış Cidardaki Boru Çapı [ didis( mm )	107,1	dddıs( mm )	114,3 ]
19. Suyun Özgül Isısı ( Cps , kcal/kg.°C )			1
20. Suyun Yoğunluğu ( $\rho$ , kg/m³ )			1000
21. Havanın Özgül Isısı ( Cph , kcal/kg.°C )		0,244803631	200 °C için ;
22. Havanın Yoğunluğu ( $\rho$ , kg/m³ )		0,74719	200 °C için ;
23. Çift Cidarlı Boru Boyu ( L , m )		4	
24. Havanın Kinematik Viskozitesi ( $\nu$ , m²/sn )		3,46E-05	200 °C için ;

### Deney Sonuçları

25. Suya aktarılan ısı miktarı {alınan ısı} ( Q , kcal/m²h°C )	6550,054054
26. Elektrikli Isıtıcı kapasitesi {verilen ısı} ( N1 , kcal/m²h°C )	7843,287148
27. Verim ( $\eta$ )	83,5%
28. Havanın Kütleli debisi ( mh , kg/h )	173,1843051
29. Havanın hacimsel debisi ( Vh , m³/h )	231,7808122
30. Isıtıcıdan önceki hava hızı ( vo , m/s )	6,919256052
31. Isıtıcıdan sonraki hava hızı ( vı , m/s )	11,98830811
32. Isıtma yüzeyi ( Ay , m² )	0,883771429
33. Reynolds sayısı ( Re , — )	24387,77396
34. Konveksiyon ısı transfer katsayısı ( $\alpha$ , kcal/m²h°C )	44,91805914
35. Basınç farkı ( $\Delta P$ , mmSS )	27
36. Ortalama logaritmik sıcaklık farkı ( $\Delta Tm$ , °C )	33,72710504
37. Isı Transfer katsayısı ( K , kcal/m²h°C )	219,7484708

## 1.) ISI KAPASİTESİ ( Q , kcal/h )

Suya aktarılan ısı miktarını verir.

$$Q = m_s \cdot C_p \cdot ( T_4 - T_3 )$$

$$Q = 727,78378 \cdot 1 \cdot ( 29 - 20 )$$

$$Q = 6550,054054 \text{ kcal/h}$$

## 2.) KÜTLESEL HAVA DEBİSİNİ HESABI ( mh , kg/h )

Elektrikli hava ısıtıcısının ısı kapasitesi;

$$N_1 = 9,12 \text{ kW}$$

$$N_1 = 7843,28715 \text{ kcal/h}$$

Aynı zamanda ;

$$N_1 = m_h \cdot C_{ph} \cdot ( T_2 - T_1 ) \text{ dir.}$$

$$7843,29 = m_h \cdot 0,24 \cdot ( 200 - 15 )$$

$$m_h = 173,184305 \text{ kg/h}$$

## 3.) HACİMSEL HAVA DEBİSİNİN BULUNMASI ( Vh , m³/h )

$$V_h = m_h / \rho$$

$$V_h = 173,184 / 0,74719$$

$$V_h = 231,7808122 \text{ m}^3/\text{h}$$

## 4.) ISITICIDAN ÖNCEKİ HAVA HIZININ HESABI ( vo , m/sn )

$$V_h = A \cdot v_o$$

$$231,7808122 = 0,0093 \cdot v_o \cdot 3600$$

$$v_o = 6,91925605 \text{ m/sn}$$

## 5.) ISITICIDAN SONRAKİ HAVA HIZININ HESABI ( vi , m/sn )

$$v_i = v_o \cdot ( T_2 + 273 ) / 273$$

$$v_i = 6,9192561 \cdot ( 200 + 273 ) / 273$$

$$v_i = 11,988308 \text{ m/sn}$$

6.) ISI TRANSFER YÜZEYİNİN HESABI (  $A_y$  ,  $m^2$  )

$$A_y = \pi \cdot d_{iic} \cdot L$$

$$A_y = \pi \cdot 70,3 \cdot 4 / 1000$$

$$A_y = 0,883771429 \text{ m}^2$$

7.) REYNOLDS KATSAYISININ HESABI (  $Re$  , --- )

$$Re = v_i \cdot d_{iic} / \nu$$

$$Re = 11,9883081 \cdot 70,3 / ( 3,4557E-05 \cdot 1000 )$$

$$Re = 24387,77396$$

8.) KONVEKSİYON ISI TRANSFER KATSAYISININ HESAPLANMASI (  $\alpha$  ,  $kcal/m^2h^\circ C$  )

$$Q = \alpha \cdot A_y \cdot ( T_5 - T_2 )$$

$$6550,054054 = \alpha \cdot 0,88377143 \cdot ( 200 - 35 )$$

$$\alpha = 44,9180591 \text{ kcal/m}^2h^\circ C$$

9.) BASINÇ FARKI (  $\Delta P$  , mmSS )

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

$$\Delta P = 28 - 1$$

$$\Delta P = 27 \text{ mmSS}$$

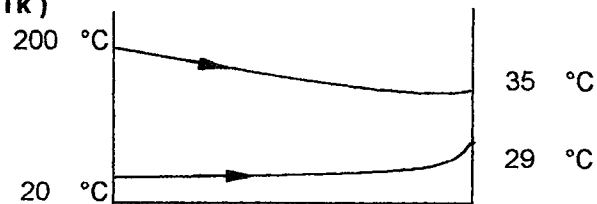
10.) ORTALAMA LOGARİTMİK SICAKLIK FARKININ HESABI (  $\Delta T_m$  ,  $^\circ C$  )

$$\Delta T_m = ( \Delta T_b - \Delta T_k ) / \ln ( \Delta T_b / \Delta T_k )$$

$$( 180 - 6 )$$

$$\Delta T_m = \frac{( 180 - 6 )}{\ln ( 180 / 6 )}$$

$$\Delta T_m = 33,7271 \text{ }^\circ C$$



**11.) ISI TRANSFER KATSAYISININ HESABI ( K , kcal/m<sup>2</sup>h°C )**

$$Q = K \cdot A_y \cdot (\Delta T_m)$$

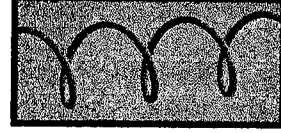
$$6550,05 = K \cdot 0,88377 \cdot 33,72711$$

$$K = 219,748471 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$



TEST NO 14  
TARİH 21-Eki-2000  
TEST KONUSU

Spiral tip türbülator teli



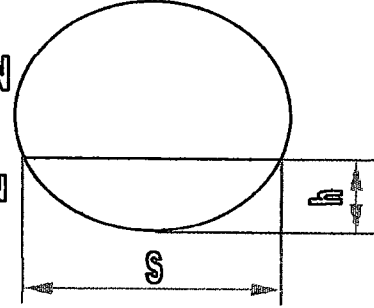
### Okunan Sıcaklık Bilgileri

1. Ortam Sıcaklığı ( T1 , °C )	15
2. Türbülator Teli Öncesindeki Hava Sıcaklığı ( T2 , °C )	205
3. Su Giriş Sıcaklığı ( T3 , °C )	20
4. Su Çıkış Sıcaklığı ( T4 , °C )	25
5. Türbülator Teli Sonrasındaki Hava Sıcaklığı ( T5 , °C )	30
6. Elektrikli Hava Isıtıcısı Kapasitesi ( N1 , kW )	9,12

### FAN HAVA KESİT ALANI

KAPALI ALAN

AÇIK ALAN



7. Fan Hava Giriş Çapı ( d , mm )	110
8. Fan Açık Kesit Genişliği ( s , mm )	95
9. Fan Açık Kesit Yüksekliği ( h , mm )	83
10. Fan Açık Kesit Alanı ( A , m² )	0,0076935

### Basınç , Süre , Debi ile İlgili Ölçümler

11. Test Süresi ( t , sn )	105
12. Türbülator Telinden Önceki Hava Basıncı ( P1 , mmSS )	31
13. Türbülator Telinden Sonraki Hava Basıncı ( P2 , mmSS )	1
14. Isıtılan su miktarı ( msk , kg )	37,4
15. Isıtılan su debisi ( ms , kg/h )	1282,285714

### Sabitler

16. Pi sayısı ( $\pi$ )	3,142857			
17. İç Cidardaki Boru Çapı [ diic( mm )	70,3	ddic( mm )	76,1	]
18. Dış Cidardaki Boru Çapı [ didis( mm )	107,1	dddıs( mm )	114,3	]
19. Suyun Özgül Isısı ( Cps , kcal/kg.°C )	1			
20. Suyun Yoğunluğu ( $\rho$ , kg/m³ )	1000			
21. Havanın Özgül Isısı ( Cph , kcal/kg.°C )	0,245013856	205 °C için ;		
22. Havanın Yoğunluğu ( $\rho$ , kg/m³ )	0,73934	205 °C için ;		
23. Çift Cidarlı Boru Boyu ( L , m )	4			
24. Havanın Kinematik Viskozitesi ( $\nu$ , m²/sn )	3,52E-05	205 °C için ;		

### Deney Sonuçları

25. Suya aktarılan ısı miktarı {alınan ısı} ( Q , kcal/m²h°C )	6411,428571
26. Elektrikli Isıtıcı kapasitesi {verilen ısı} ( N1 , kcal/m²h°C )	7843,287148
27. Verim ( $\eta$ )	81,7%
28. Havanın Kütleli debisi ( mh , kg/h )	168,4821397
29. Havanın hacimsel debisi ( Vh , m³/h )	227,8818131
30. Isıtıcıdan önceki hava hızı ( vo , m/s )	8,227738705
31. Isıtıcıdan sonraki hava hızı ( vi , m/s )	14,40607729
32. Isıtma yüzeyi ( Ay , m² )	0,883771429
33. Reynolds sayısı ( Re , — )	28790,53097
34. Konveksiyon ısı transfer katsayısı ( $\alpha$ , kcal/m²h°C )	41,45498882
35. Basınç farkı ( $\Delta P$ , mmSS )	30
36. Ortalama logaritmik sıcaklık farkı ( $\Delta Tm$ , °C )	34,66233307
37. Isı Transfer katsayısı ( K , kcal/m²h°C )	209,2941358

## 1.) ISI KAPASİTESİ ( Q , kcal/h )

Suya aktarılan ısı miktarını verir.

$$Q = m_s \cdot C_p \cdot ( T_4 - T_3 )$$

$$Q = 1282,2857 \cdot 1 \cdot ( 25 - 20 )$$

$$Q = 6411,428571 \text{ kcal/h}$$

## 2.) KÜTLESEL HAVA DEBİSİNİ HESABI ( mh , kg/h )

Elektrikli hava ısıtıcısının ısı kapasitesi;

$$N1 = 9,12 \text{ kW}$$

$$N1 = 7843,28715 \text{ kcal/h}$$

Aynı zamanda ;

$$N1 = mh \cdot C_{ph} \cdot ( T_2 - T_1 ) \text{ dir.}$$

$$7843,29 = mh \cdot 0,25 \cdot ( 205 - 15 )$$

$$mh = 168,48214 \text{ kg/h}$$

3.) HACİMSSEL HAVA DEBİSİNİN BULUNMASI ( Vh , m<sup>3</sup>/h )

$$Vh = mh / \rho$$

$$Vh = 168,482 / 0,73934$$

$$Vh = 227,8818131 \text{ m}^3/\text{h}$$

## 4.) ISITICIDAN ÖNCEKİ HAVA HIZININ HESABI ( vo , m/sn )

$$Vh = A \cdot vo$$

$$227,8818131 = 0,00769 \cdot vo \cdot 3600$$

$$vo = 8,22773871 \text{ m/sn}$$

## 5.) ISITICIDAN SONRAKİ HAVA HIZININ HESABI ( vi , m/sn )

$$vi = vo \cdot ( T_2 + 273 ) / 273$$

$$vi = 8,2277387 \cdot ( 205 + 273 ) / 273$$

$$vi = 14,406077 \text{ m/sn}$$

6.) ISI TRANSFER YÜZEYİNİN HESABI (  $A_y$  ,  $m^2$  )

$$A_y = \pi \cdot d_{iic} \cdot L$$

$$A_y = \pi \cdot 70,3 \cdot 4 / 1000$$

$$A_y = 0,883771429 \text{ m}^2$$

7.) REYNOLDS KATSAYISININ HESABI (  $Re$  , --- )

$$Re = v_1 \cdot d_{iic} / \nu$$

$$Re = 14,4060773 \cdot 70,3 / ( 3,5176E-05 \cdot 1000 )$$

$$Re = 28790,53097$$

8.) KONVEKSİYON ISI TRANSFER KATSAYISININ HESAPLANMASI (  $\alpha$  ,  $kcal/m^2h^\circ C$  )

$$Q = \alpha \cdot A_y \cdot ( T_5 - T_2 )$$

$$6411,428571 = \alpha \cdot 0,88377143 \cdot ( 205 - 30 )$$

$$\alpha = 41,4549888 \text{ kcal/m}^2h^\circ C$$

9.) BASINÇ FARKI (  $\Delta P$  , mmSS )

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

$$\Delta P = 31 - 1$$

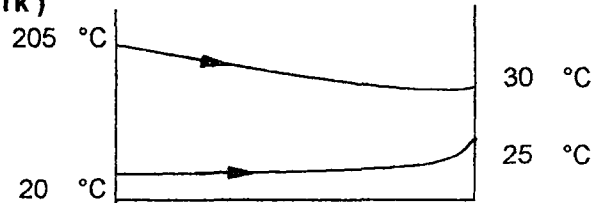
$$\Delta P = 30 \text{ mmSS}$$

10.) ORTALAMA LOGARİTMİK SICAKLIK FARKININ HESABI (  $\Delta T_m$  ,  $^\circ C$  )

$$\Delta T_m = ( \Delta T_b - \Delta T_k ) / \ln ( \Delta T_b / \Delta T_k )$$

$$\Delta T_m = \frac{( 185 - 5 )}{\ln ( 185 / 5 )}$$

$$\Delta T_m = 34,6623 \text{ }^\circ C$$



11.) ISI TRANSFER KATSAYISININ HESABI ( K , kcal/m<sup>2</sup>h°C )

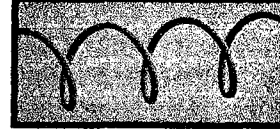
$$Q = K \cdot A_y \cdot (\Delta T_m)$$

$$6411,43 = K \cdot 0,88377 \cdot 34,66233$$

$$K = 209,294136 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

TEST NO 15  
TARİH 23-Eki-2000  
TEST KONUSU

Spiral tip türbülator teli



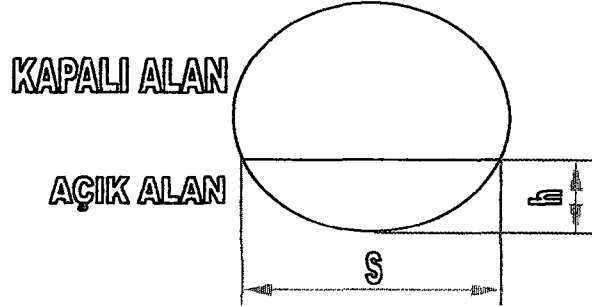
### Okunan Sıcaklık Bilgileri

1. Ortam Sıcaklığı ( T1 , °C )	15
2. Türbülator Teli Öncesindeki Hava Sıcaklığı ( T2 , °C )	208
3. Su Giriş Sıcaklığı ( T3 , °C )	20
4. Su Çıkış Sıcaklığı ( T4 , °C )	30
5. Türbülator Teli Sonrasındaki Hava Sıcaklığı ( T5 , °C )	33
6. Elektrikli Hava Isıtıcısı Kapasitesi ( N1 , kW )	9,12

### Fan Bilgileri

7. Fan Hava Giriş Çapı ( d , mm )	110
8. Fan Açık Kesit Geniliği ( s , mm )	95
9. Fan Açık Kesit Yüksekliği ( h , mm )	83
10. Fan Açık Kesit Alanı ( A , m <sup>2</sup> )	0,0076935

### FAN HAVA KESİT ALANI



### Basınç , Süre , Debi ile İlgili Ölçümler

11. Test Süresi ( t , sn )	205
12. Türbülator Telinden Önceki Hava Basıncı ( P1 , mmSS )	31
13. Türbülator Telinden Sonraki Hava Basıncı ( P2 , mmSS )	1
14. Isıtılan su miktarı ( msk , kg )	37,4
15. Isıtılan su debisi ( ms , kg/h )	656,7804878

### Sabitler

16. Pi sayısı ( $\pi$ )	3,142857	
17. İç Cidardaki Boru Çapı [ diic( mm )	70,3	ddic( mm ) 76,1 ]
18. Dış Cidardaki Boru Çapı [ didis( mm )	107,1	dddıs( mm ) 114,3 ]
19. Suyun Özgül Isısı ( Cps , kcal/kg.°C )	1	
20. Suyun Yoğunluğu ( $\rho$ , kg/m <sup>3</sup> )	1000	
21. Havanın Özgül Isısı ( Cph , kcal/kg.°C )	0,24513999	208 °C için ;
22. Havanın Yoğunluğu ( $\rho$ , kg/m <sup>3</sup> )	0,73463	208 °C için ;
23. Çift Cidarlı Boru Boyu ( L , m )	4	
24. Havanın Kinematik Viskozitesi ( $\nu$ , m <sup>2</sup> /sn )	3,55E-05	208 °C için ;

### Deney Sonuçları

25. Suya aktarılan ısı miktarı {alınan ısı} ( Q , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	6567,804878
26. Elektrikli Isıtıcı kapasitesi {verilen ısı} ( N1 , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	7843,287148
27. Verim ( $\eta$ )	83,7%
28. Havanın Kütleli debisi ( mh , kg/h )	165,7779028
29. Havanın hacimsel debisi ( Vh , m <sup>3</sup> /h )	225,6617655
30. Isıtıcıdan önceki hava hızı ( vo , m/s )	8,147583245
31. Isıtıcıdan sonraki hava hızı ( vı , m/s )	14,35526572
32. Isıtma yüzeyi ( Ay , m <sup>2</sup> )	0,883771429
33. Reynolds sayısı ( Re , — )	28389,24434
34. Konveksiyon ısı transfer katsayısı ( $\alpha$ , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	42,46608611
35. Basınç farkı ( $\Delta P$ , mmSS )	30
36. Ortalama logaritmik sıcaklık farkı ( $\Delta Tm$ , °C )	35,43819736
37. Isı Transfer katsayısı ( K , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	209,7049405

## 1.) ISI KAPASİTESİ ( Q , kcal/h )

Suya aktarılan ısı miktarını verir.

$$Q = m_s \cdot C_p \cdot ( T_4 - T_3 )$$

$$Q = 656,78049 \cdot 1 \cdot ( 30 - 20 )$$

$$Q = 6567,804878 \text{ kcal/h}$$

## 2.) KÜTLESEL HAVA DEBİSİNİ HESABI ( mh , kg/h )

Elektrikli hava ısıtıcısının ısı kapasitesi;

$$N1 = 9,12 \text{ kW}$$

$$N1 = 7843,28715 \text{ kcal/h}$$

Aynı zamanda ;

$$N1 = mh \cdot C_{ph} \cdot ( T_2 - T_1 ) \text{ dir.}$$

$$7843,29 = mh \cdot 0,25 \cdot ( 208 - 15 )$$

$$mh = 165,777903 \text{ kg/h}$$

## 3.) HACİMESEL HAVA DEBİSİNİN BULUNMASI ( Vh , m³/h )

$$Vh = mh / \rho$$

$$Vh = 165,778 / 0,73463$$

$$Vh = 225,6617655 \text{ m}^3/\text{h}$$

## 4.) ISITICIDAN ÖNCEKİ HAVA HIZININ HESABI ( vo , m/sn )

$$Vh = A \cdot vo$$

$$225,6617655 = 0,00769 \cdot vo \cdot 3600$$

$$vo = 8,14758324 \text{ m/sn}$$

## 5.) ISITICIDAN SONRAKİ HAVA HIZININ HESABI ( vi , m/sn )

$$vi = vo \cdot ( T_2 + 273 ) / 273$$

$$vi = 8,1475832 \cdot ( 208 + 273 ) / 273$$

$$vi = 14,355266 \text{ m/sn}$$

6.) ISI TRANSFER YÜZEYİNİN HESABI (  $A_y$  ,  $m^2$  )

$$A_y = \pi \cdot d_{iic} \cdot L$$

$$A_y = \pi \cdot 70,3 \cdot 4 / 1000$$

$$A_y = 0,883771429 \text{ m}^2$$

7.) REYNOLDS KATSAYISININ HESABI (  $Re$  , --- )

$$Re = v_1 \cdot d_{iic} / \nu$$

$$Re = 14,3552657 \cdot 70,3 / ( 3,5548E-05 \cdot 1000 )$$

$$Re = 28389,24434$$

8.) KONVEKSİYON ISI TRANSFER KATSAYISININ HESAPLANMASI (  $\alpha$  ,  $kcal/m^2h^\circ C$  )

$$Q = \alpha \cdot A_y \cdot ( T_5 - T_2 )$$

$$6567,804878 = \alpha \cdot 0,88377143 \cdot ( 208 - 33 )$$

$$\alpha = 42,4660861 \text{ kcal/m}^2h^\circ C$$

9.) BASINÇ FARKI (  $\Delta P$  , mmSS )

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

$$\Delta P = 31 - 1$$

$$\Delta P = 30 \text{ mmSS}$$

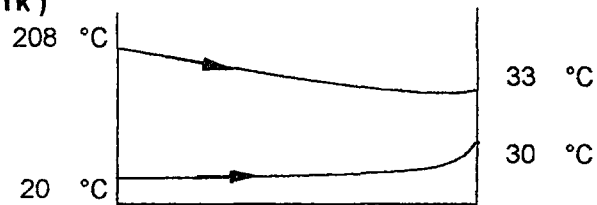
10.) ORTALAMA LOGARİTMİK SICAKLIK FARKININ HESABI (  $\Delta T_m$  ,  $^\circ C$  )

$$\Delta T_m = ( \Delta T_b - \Delta T_k ) / \ln ( \Delta T_b / \Delta T_k )$$

$$( 188 - 3 )$$

$$\Delta T_m = \frac{( 188 - 3 )}{\ln ( 188 / 3 )}$$

$$\Delta T_m = 35,4382 \text{ }^\circ C$$



11.) ISI TRANSFER KATSAYISININ HESABI ( K , kcal/m<sup>2</sup>h°C )

$$Q = K \cdot A_y \cdot (\Delta T_m)$$

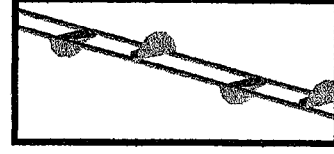
$$6567,8 = K \cdot 0,88377 \cdot 35,4382$$

$$K = 209,704941 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

**Ek 1.3 : Özel Tip Türbülâtörün İncelenmesi ( Deney no :16-18 )**



**TEST NO** 16  
**TARİH** 23-Eki-2000  
**TEST KONUSU** Özel tip türbülötör teli



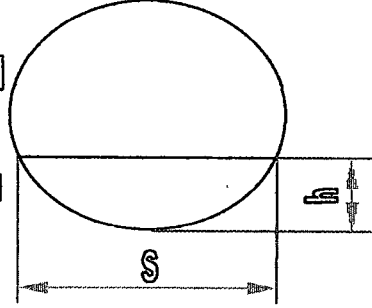
### Okunan Sıcaklık Bilgileri

1. Ortam Sıcaklığı ( T1 , °C )	14
2. Türbülötör Teli Öncesindeki Hava Sıcaklığı ( T2 , °C )	210
3. Su Giriş Sıcaklığı ( T3 , °C )	20
4. Su Çıkış Sıcaklığı ( T4 , °C )	33
5. Türbülötör Teli Sonrasındaki Hava Sıcaklığı ( T5 , °C )	50
6. Elektrikli Hava Isıtıcısı Kapasitesi ( N1 , kW )	9,12

### FAN HAVA KESİT ALANI

KAPALI ALAN

AÇIK ALAN



7. Fan Hava Giriş Çapı ( d , mm )	110
8. Fan Açık Kesit Genişliği ( s , mm )	0,01
9. Fan Açık Kesit Yüksekliği ( h , mm )	110
10. Fan Açık Kesit Alanı ( A , m <sup>2</sup> )	0,0095071

### Basınç , Süre , Debi ile İlgili Ölçümler

11. Test Süresi ( t , sn )	280
12. Türbülötör Telinden Önceki Hava Basıncı ( P1 , mmSS )	42
13. Türbülötör Telinden Sonraki Hava Basıncı ( P2 , mmSS )	1
14. Isıtılan su miktarı ( msk , kg )	37,4
15. Isıtılan su debisi ( ms , kg/h )	480,8571429

### Sabitler

16. Pi sayısı ( $\pi$ )		3,142857	
17. İç Cidardaki Boru Çapı [ diic( mm )	70,3	ddic( mm )	76,1 ]
18. Dış Cidardaki Boru Çapı [ didis( mm )	107,1	dddıs( mm )	114,3 ]
19. Suyun Özgül Isısı ( Cps , kcal/kg.°C )			1
20. Suyun Yoğunluğu ( $\rho$ , kg/m <sup>3</sup> )			1000
21. Havanın Özgül Isısı ( Cph , kcal/kg.°C )			0,24522408
22. Havanın Yoğunluğu ( $\rho$ , kg/m <sup>3</sup> )			0,73149
23. Çift Cidarlı Boru Boyu ( L , m )			4
24. Havanın Kinematik Viskozitesi ( $\nu$ , m <sup>2</sup> /sn )			3,58E-05
			210 °C için ;
			210 °C için ;
			210 °C için ;

### Deney Sonuçları

25. Suya aktarılan ısı miktarı {alınan ısı} ( Q , kcal/m <sup>2</sup> h°C )		6251,142857
26. Elektrikli Isıtıcı kapasitesi {verilen ısı} ( N1 , kcal/m <sup>2</sup> h°C )		7843,287148
27. Verim ( $\eta$ )		79,7%
28. Havanın Kütleli debisi ( mh , kg/h )		163,1845091
29. Havanın hacimsel debisi ( Vh , m <sup>3</sup> /h )		223,0850854
30. Isıtıcıdan önceki hava hızı ( vo , m/s )		6,51805492
31. Isıtıcıdan sonraki hava hızı ( vi , m/s )		11,53194332
32. Isıtma yüzeyi ( Ay , m <sup>2</sup> )		0,883771429
33. Reynolds sayısı ( Re , — )		22648,03901
34. Konveksiyon ısı transfer katsayısı ( $\alpha$ , kcal/m <sup>2</sup> h°C )		44,20785917
35. Basınç farkı ( $\Delta P$ , mmSS )		41
36. Ortalama logaritmik sıcaklık farkı ( $\Delta Tm$ , °C )		33,57077643
37. Isı Transfer katsayısı ( K , kcal/m <sup>2</sup> h°C )		210,6968685

## 1.) ISI KAPASİTESİ ( Q , kcal/h )

Suya aktarılan ısı miktarını verir.

$$Q = m_s \cdot C_p \cdot ( T_4 - T_3 )$$

$$Q = 480,85714 \cdot 1 \cdot ( 33 - 20 )$$

$$Q = 6251,142857 \text{ kcal/h}$$

## 2.) KÜTLESEL HAVA DEBİSİNİ HESABI ( mh , kg/h )

Elektrikli hava ısıtıcısının ısı kapasitesi;

$$N_1 = 9,12 \text{ kW}$$

$$N_1 = 7843,28715 \text{ kcal/h}$$

Aynı zamanda ;

$$N_1 = m_h \cdot C_{ph} \cdot ( T_2 - T_1 ) \text{ dir.}$$

$$7843,29 = m_h \cdot 0,25 \cdot ( 210 - 14 )$$

$$m_h = 163,184509 \text{ kg/h}$$

## 3.) HACİMSSEL HAVA DEBİSİNİN BULUNMASI ( Vh , m³/h )

$$V_h = m_h / \rho$$

$$V_h = 163,185 / 0,73149$$

$$V_h = 223,0850854 \text{ m}^3/\text{h}$$

## 4.) ISITICIDAN ÖNCEKİ HAVA HIZININ HESABI ( vo , m/sn )

$$V_h = A \cdot v_o$$

$$223,0850854 = 0,00951 \cdot v_o \cdot 3600$$

$$v_o = 6,51805492 \text{ m/sn}$$

## 5.) ISITICIDAN SONRAKİ HAVA HIZININ HESABI ( vi , m/sn )

$$v_i = v_o \cdot ( T_2 + 273 ) / 273$$

$$v_i = 6,5180549 \cdot ( 210 + 273 ) / 273$$

$$v_i = 11,531943 \text{ m/sn}$$

6.) ISI TRANSFER YÜZEYİNİN HESABI (  $A_y$  ,  $m^2$  )

$$A_y = \pi \cdot d_{iic} \cdot L$$

$$A_y = \pi \cdot 70,3 \cdot 4 / 1000$$

$$A_y = 0,883771429 \text{ m}^2$$

7.) REYNOLDS KATSAYISININ HESABI (  $Re$  , --- )

$$Re = v_i \cdot d_{iic} / \nu$$

$$Re = 11,5319433 \cdot 70,3 / ( 3,5795E-05 \cdot 1000 )$$

$$Re = 22648,03901$$

8.) KONVEKSİYON ISI TRANSFER KATSAYISININ HESAPLANMASI (  $\alpha$  ,  $kcal/m^2h^\circ C$  )

$$Q = \alpha \cdot A_y \cdot ( T_5 - T_2 )$$

$$6251,142857 = \alpha \cdot 0,88377143 \cdot ( 210 - 50 )$$

$$\alpha = 44,2078592 \text{ kcal/m}^2h^\circ C$$

9.) BASINÇ FARKI (  $\Delta P$  , mmSS )

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

$$\Delta P = 42 - 1$$

$$\Delta P = 41 \text{ mmSS}$$

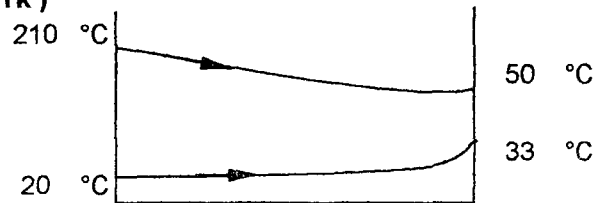
10.) ORTALAMA LOGARİTMİK SICAKLIK FARKININ HESABI (  $\Delta T_m$  ,  $^\circ C$  )

$$\Delta T_m = ( \Delta T_b - \Delta T_k ) / \ln ( \Delta T_b / \Delta T_k )$$

$$( 190 - 17 )$$

$$\Delta T_m = \frac{( 190 - 17 )}{\ln ( 190 / 17 )}$$

$$\Delta T_m = 33,5708 \text{ }^\circ C$$



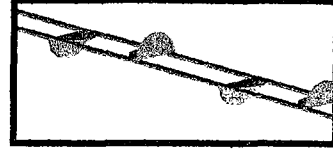
**11.) ISI TRANSFER KATSAYISININ HESABI ( K , kcal/m<sup>2</sup>h°C )**

$$Q = K \cdot A_y \cdot (\Delta T_m)$$

$$6251,14 = K \cdot 0,88377 \cdot 33,57078$$

$$K = 210,696869 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

**TEST NO** 17  
**TARİH** 23-Eki-2000  
**TEST KONUSU** Özel tip türbülötör teli



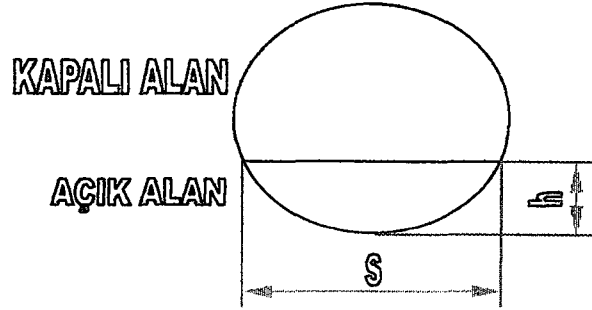
### Okunan Sıcaklık Bilgileri

1. Ortam Sıcaklığı ( T1 , °C )	14
2. Türbülötör Teli Öncesindeki Hava Sıcaklığı ( T2 , °C )	217
3. Su Giriş Sıcaklığı ( T3 , °C )	21
4. Su Çıkış Sıcaklığı ( T4 , °C )	45
5. Türbülötör Teli Sonrasındaki Hava Sıcaklığı ( T5 , °C )	49
6. Elektrikli Hava Isıtıcısı Kapasitesi ( N1 , kW )	9,12

### Fan Bilgileri

7. Fan Hava Giriş Çapı ( d , mm )	110
8. Fan Açık Kesit Genişliği ( s , mm )	0,01
9. Fan Açık Kesit Yüksekliği ( h , mm )	110
10. Fan Açık Kesit Alanı ( A , m <sup>2</sup> )	0,0095071

### FAN HAVA KESİT ALANI



### Basınç , Süre , Debi ile İlgili Ölçümler

11. Test Süresi ( t , sn )	502
12. Türbülötör Telinden Önceki Hava Basıncı ( P1 , mmSS )	44
13. Türbülötör Telinden Sonraki Hava Basıncı ( P2 , mmSS )	1
14. Isıtılan su miktarı ( msk , kg )	37,4
15. Isıtılan su debisi ( ms , kg/h )	268,2071713

### Sabitler

16. Pi sayısı ( $\pi$ )		3,142857	
17. İç Cidardaki Boru Çapı [ diic( mm )	70,3	ddic( mm )	76,1 ]
18. Dış Cidardaki Boru Çapı [ didis( mm )	107,1	dddis( mm )	114,3 ]
19. Suyun Özgül Isısı ( Cps , kcal/kg.°C )			1
20. Suyun Yoğunluğu ( $\rho$ , kg/m <sup>3</sup> )			1000
21. Havanın Özgül Isısı ( Cph , kcal/kg.°C )		0,245518395	217 °C için ;
22. Havanın Yoğunluğu ( $\rho$ , kg/m <sup>3</sup> )		0,7205	217 °C için ;
23. Çift Cidarlı Boru Boyu ( L , m )		4	
24. Havanın Kinematik Viskozitesi ( $\nu$ , m <sup>2</sup> /sn )		3,67E-05	217 °C için ;

### Deney Sonuçları

25. Suya aktarılan ısı miktarı {alınan ısı} ( Q , kcal/m <sup>2</sup> h°C )		6436,972112
26. Elektrikli Isıtıcı kapasitesi {verilen ısı} ( N1 , kcal/m <sup>2</sup> h°C )		7843,287148
27. Verim ( $\eta$ )		82,1%
28. Havanın Kütleselel debisi ( mh , kg/h )		157,3685856
29. Havanın hacimsel debisi ( Vh , m <sup>3</sup> /h )		218,4158023
30. Isıtıcıdan önceki hava hızı ( vo , m/s )		6,381628752
31. Isıtıcıdan sonraki hava hızı ( vı , m/s )		11,45420545
32. Isıtma yüzeyi ( Ay , m <sup>2</sup> )		0,883771429
33. Reynolds sayısı ( Re , — )		21963,6311
34. Konveksiyon ısı transfer katsayısı ( $\alpha$ , kcal/m <sup>2</sup> h°C )		43,35432098
35. Basınç farkı ( $\Delta P$ , mmSS )		43
36. Ortalama logaritmik sıcaklık farkı ( $\Delta Tm$ , °C )		36,51929035
37. Isı Transfer katsayısı ( K , kcal/m <sup>2</sup> h°C )		199,4432492

## 1.) ISI KAPASİTESİ ( Q , kcal/h )

Suya aktarılan ısı miktarını verir.

$$Q = m_s \cdot C_p \cdot ( T_4 - T_3 )$$

$$Q = 268,20717 \cdot 1 \cdot ( 45 - 21 )$$

$$Q = 6436,972112 \quad \text{kcal/h}$$

## 2.) KÜTLESEL HAVA DEBİSİNİ HESABI ( mh , kg/h )

Elektrikli hava ısıtıcısının ısı kapasitesi;

$$N_1 = 9,12 \quad \text{kW}$$

$$N_1 = 7843,28715 \quad \text{kcal/h}$$

Aynı zamanda ;

$$N_1 = m_h \cdot C_{ph} \cdot ( T_2 - T_1 ) \quad \text{dir.}$$

$$7843,29 = m_h \cdot 0,25 \cdot ( 217 - 14 )$$

$$m_h = 157,368586 \quad \text{kg/h}$$

## 3.) HACİMSEL HAVA DEBİSİNİN BULUNMASI ( Vh , m³/h )

$$V_h = m_h / \rho$$

$$V_h = 157,369 / 0,7205$$

$$V_h = 218,4158023 \quad \text{m}^3/\text{h}$$

## 4.) ISITICIDAN ÖNCEKİ HAVA HIZININ HESABI ( vo , m/sn )

$$V_h = A \cdot v_o$$

$$218,4158023 = 0,00951 \cdot v_o \cdot 3600$$

$$v_o = 6,38162875 \quad \text{m/sn}$$

## 5.) ISITICIDAN SONRAKİ HAVA HIZININ HESABI ( vi , m/sn )

$$v_i = v_o \cdot ( T_2 + 273 ) / 273$$

$$v_i = 6,3816288 \cdot ( 217 + 273 ) / 273$$

$$v_i = 11,454205 \quad \text{m/sn}$$

6.) ISI TRANSFER YÜZEYİNİN HESABI (  $A_y$  ,  $m^2$  )

$$A_y = \pi \cdot d_{iic} \cdot L$$

$$A_y = \pi \cdot 70,3 \cdot 4 / 1000$$

$$A_y = 0,883771429 \text{ m}^2$$

7.) REYNOLDS KATSAYISININ HESABI (  $Re$  , --- )

$$Re = v_i \cdot d_{iic} / \nu$$

$$Re = 11,4542055 \cdot 70,3 / ( 3,6662E-05 \cdot 1000 )$$

$$Re = 21963,6311$$

8.) KONVEKSİYON ISI TRANSFER KATSAYISININ HESAPLANMASI (  $\alpha$  ,  $kcal/m^2h^\circ C$  )

$$Q = \alpha \cdot A_y \cdot ( T_5 - T_2 )$$

$$6436,972112 = \alpha \cdot 0,88377143 \cdot ( 217 - 49 )$$

$$\alpha = 43,354321 \text{ kcal/m}^2h^\circ C$$

9.) BASINÇ FARKI (  $\Delta P$  , mmSS )

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

$$\Delta P = 44 - 1$$

$$\Delta P = 43 \text{ mmSS}$$

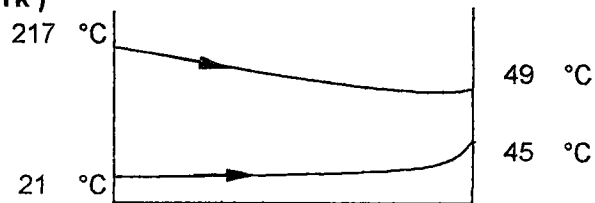
10.) ORTALAMA LOGARİTMİK SICAKLIK FARKININ HESABI (  $\Delta T_m$  ,  $^\circ C$  )

$$\Delta T_m = ( \Delta T_b - \Delta T_k ) / \ln ( \Delta T_b / \Delta T_k )$$

$$( 196 - 4 )$$

$$\Delta T_m = \frac{( 196 - 4 )}{\ln ( 196 / 4 )}$$

$$\Delta T_m = 36,5193 \text{ }^\circ C$$



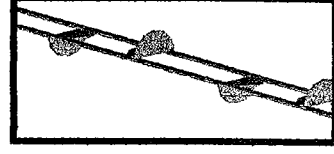
11.) ISI TRANSFER KATSAYISININ HESABI ( K , kcal/m<sup>2</sup>h°C )

$$Q = K \cdot A_y \cdot (\Delta T_m)$$

$$6436,97 = K \cdot 0,88377 \cdot 36,51929$$

$$K = 199,443249 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

**TEST NO** 18  
**TARİH** 23-Eki-2000  
**TEST KONUSU** Özel tip türbülator teli



### Okunan Sıcaklık Bilgileri

1. Ortam Sıcaklığı ( T1 , °C )	14
2. Türbülator Teli Öncesindeki Hava Sıcaklığı ( T2 , °C )	220
3. Su Giriş Sıcaklığı ( T3 , °C )	21
4. Su Çıkış Sıcaklığı ( T4 , °C )	35
5. Türbülator Teli Sonrasındaki Hava Sıcaklığı ( T5 , °C )	45
6. Elektrikli Hava Isıtıcısı Kapasitesi ( N1 , kW )	9,12

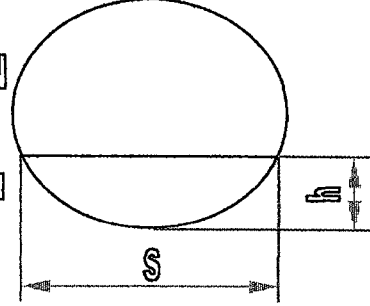
### Fan Bilgileri

7. Fan Hava Giriş Çapı ( d , mm )	110
8. Fan Açık Kesit Genişliği ( s , mm )	50
9. Fan Açık Kesit Yüksekliği ( h , mm )	104
10. Fan Açık Kesit Alanı ( A , m <sup>2</sup> )	0,009305

### FAN HAVA KESİT ALANI

KAPALI ALAN

AÇIK ALAN



### Basınç , Süre , Debi ile İlgili Ölçümler

11. Test Süresi ( t , sn )	289
12. Türbülator Telinden Önceki Hava Basıncı ( P1 , mmSS )	31
13. Türbülator Telinden Sonraki Hava Basıncı ( P2 , mmSS )	1
14. Isıtılan su miktarı ( msk , kg )	37,4
15. Isıtılan su debisi ( ms , kg/h )	465,8823529

### Sabitler

16. Pi sayısı ( $\pi$ )		3,142857	
17. İç Cidardaki Boru Çapı [ diic( mm )	70,3	ddic( mm )	76,1 ]
18. Dış Cidardaki Boru Çapı [ didis( mm )	107,1	dddıs( mm )	114,3 ]
19. Suyun Özgül Isısı ( Cps , kcal/kg.°C )			1
20. Suyun Yoğunluğu ( $\rho$ , kg/m <sup>3</sup> )			1000
21. Havanın Özgül Isısı ( Cph , kcal/kg.°C )		0,245644529	220 °C için ;
22. Havanın Yoğunluğu ( $\rho$ , kg/m <sup>3</sup> )		0,71579	220 °C için ;
23. Çift Cidarlı Boru Boyu ( L , m )		4	
24. Havanın Kinematik Viskozitesi ( $\nu$ , m <sup>2</sup> /sn )		3,70E-05	220 °C için ;

### Deney Sonuçları

25. Suya aktarılan ısı miktarı {alınan ısı} ( Q , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	6522,352941
26. Elektrikli Isıtıcı kapasitesi {verilen ısı} ( N1 , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	7843,287148
27. Verim ( $\eta$ )	83,2%
28. Havanın Kütleli debisi ( mh , kg/h )	154,9971805
29. Havanın hacimsel debisi ( Vh , m <sup>3</sup> /h )	216,5400194
30. Isıtıcıdan önceki hava hızı ( vo , m/s )	6,464279012
31. Isıtıcıdan sonraki hava hızı ( vi , m/s )	11,67358811
32. Isıtma yüzeyi ( Ay , m <sup>2</sup> )	0,883771429
33. Reynolds sayısı ( Re , — )	22159,81368
34. Konveksiyon ısı transfer katsayısı ( $\alpha$ , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	42,17220316
35. Basınç farkı ( $\Delta P$ , mmSS )	30
36. Ortalama logaritmik sıcaklık farkı ( $\Delta Tm$ , °C )	36,056681
37. Isı Transfer katsayısı ( K , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	204,6815

## 1.) ISI KAPASİTESİ ( Q , kcal/h )

Suya aktarılan ısı miktarını verir.

$$Q = m_s \cdot C_p \cdot ( T_4 - T_3 )$$

$$Q = 465,88235 \cdot 1 \cdot ( 35 - 21 )$$

$$Q = 6522,352941 \quad \text{kcal/h}$$

## 2.) KÜTLESEL HAVA DEBİSİNİ HESABI ( mh , kg/h )

Elektrikli hava ısıtıcısının ısı kapasitesi;

$$N_1 = 9,12 \quad \text{kW}$$

$$N_1 = 7843,28715 \quad \text{kcal/h}$$

Aynı zamanda ;

$$N_1 = m_h \cdot C_{ph} \cdot ( T_2 - T_1 ) \quad \text{dir.}$$

$$7843,29 = m_h \cdot 0,25 \cdot ( 220 - 14 )$$

$$m_h = 154,99718 \quad \text{kg/h}$$

## 3.) HACİMSEL HAVA DEBİSİNİN BULUNMASI ( Vh , m³/h )

$$V_h = m_h / \rho$$

$$V_h = 154,997 / 0,71579$$

$$V_h = 216,5400194 \quad \text{m}^3/\text{h}$$

## 4.) ISITICIDAN ÖNCEKİ HAVA HIZININ HESABI ( vo , m/sn )

$$V_h = A \cdot v_o$$

$$216,5400194 = 0,0093 \cdot v_o \cdot 3600$$

$$v_o = 6,46427901 \quad \text{m/sn}$$

## 5.) ISITICIDAN SONRAKİ HAVA HIZININ HESABI ( vı , m/sn )

$$v_i = v_o \cdot ( T_2 + 273 ) / 273$$

$$v_i = 6,464279 \cdot ( 220 + 273 ) / 273$$

$$v_i = 11,673588 \quad \text{m/sn}$$

6.) ISI TRANSFER YÜZEYİNİN HESABI (  $A_y$  ,  $m^2$  )

$$A_y = \pi \cdot d_{iic} \cdot L$$

$$A_y = \pi \cdot 70,3 \cdot 4 / 1000$$

$$A_y = 0,883771429 \text{ m}^2$$

7.) REYNOLDS KATSAYISININ HESABI (  $Re$  , --- )

$$Re = v_i \cdot d_{iic} / \nu$$

$$Re = 11,6735881 \cdot 70,3 / ( 3,7033E-05 \cdot 1000 )$$

$$Re = 22159,81368$$

8.) KONVEKSİYON ISI TRANSFER KATSAYISININ HESAPLANMASI (  $\alpha$  ,  $kcal/m^2h^\circ C$  )

$$Q = \alpha \cdot A_y \cdot ( T_5 - T_2 )$$

$$6522,352941 = \alpha \cdot 0,88377143 \cdot ( 220 - 45 )$$

$$\alpha = 42,1722032 \text{ kcal}/m^2h^\circ C$$

9.) BASINÇ FARKI (  $\Delta P$  , mmSS )

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

$$\Delta P = 31 - 1$$

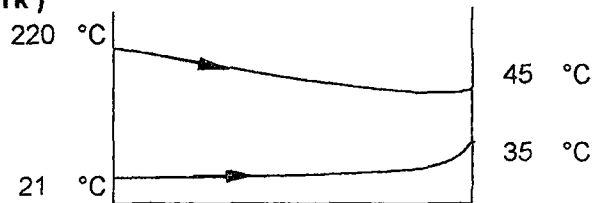
$$\Delta P = 30 \text{ mmSS}$$

10.) ORTALAMA LOGARİTMİK SICAKLIK FARKININ HESABI (  $\Delta T_m$  ,  $^\circ C$  )

$$\Delta T_m = ( \Delta T_b - \Delta T_k ) / \ln ( \Delta T_b / \Delta T_k )$$

$$\Delta T_m = \frac{( 199 - 10 )}{\ln ( 199 / 10 )}$$

$$\Delta T_m = 36,0567 \text{ }^\circ C$$



**11.) ISI TRANSFER KATSAYISININ HESABI ( K , kcal/m<sup>2</sup>h°C )**

$$Q = K \cdot A_y \cdot (\Delta T_m)$$

$$6522,35 = K \cdot 0,88377 \cdot 36,05668$$

$$K = 204,6815 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$



**Ek 1.4 : Akordiyon Tipi Türbülâtörün İncelenmesi ( Deney no :19-21 )**



TEST NO 19  
TARİH 23-Eki-2000  
TEST KONUSU

Akordiyon tipi türbülator teli

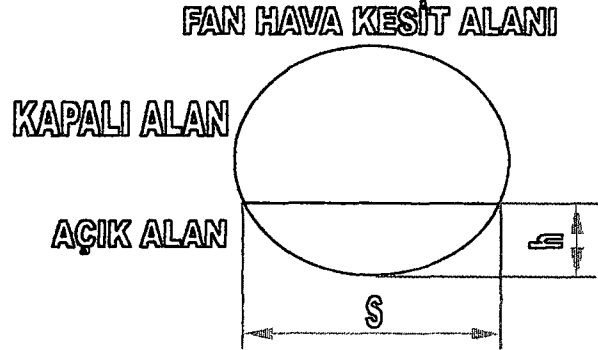


### Okunan Sıcaklık Bilgileri

1. Ortam Sıcaklığı ( T1 , °C )	14
2. Türbülator Teli Öncesindeki Hava Sıcaklığı ( T2 , °C )	225
3. Su Giriş Sıcaklığı ( T3 , °C )	21
4. Su Çıkış Sıcaklığı ( T4 , °C )	40
5. Türbülator Teli Sonrasındaki Hava Sıcaklığı ( T5 , °C )	42
6. Elektrikli Hava Isıtıcısı Kapasitesi ( N1 , kW )	9,12

### Fan Bilgileri

7. Fan Hava Giriş Çapı ( d , mm )	110
8. Fan Açık Kesit Genişliği ( s , mm )	0,01
9. Fan Açık Kesit Yüksekliği ( h , mm )	110
10. Fan Açık Kesit Alanı ( A , m <sup>2</sup> )	0,0095071



### Basınç , Süre , Debi İle İlgili Ölçümler

11. Test Süresi ( t , sn )	392
12. Türbülator Telinden Önceki Hava Basıncı ( P1 , mmSS )	44
13. Türbülator Telinden Sonraki Hava Basıncı ( P2 , mmSS )	1
14. Isıtılan su miktarı ( msk , kg )	37,4
15. Isıtılan su debisi ( ms , kg/h )	343,4693878

### Sabitler

16. Pi sayısı ( $\pi$ )	3,142857			
17. İç Cidardaki Boru Çapı [ diic( mm )	70,3	ddic( mm )	76,1	]
18. Dış Cidardaki Boru Çapı [ didis( mm )	107,1	dddıs( mm )	114,3	]
19. Suyun Özgül Isısı ( Cps , kcal/kg.°C )	1			
20. Suyun Yoğunluğu ( $\rho$ , kg/m <sup>3</sup> )	1000			
21. Havanın Özgül Isısı ( Cph , kcal/kg.°C )	0,245854754	225 °C için ;		
22. Havanın Yoğunluğu ( $\rho$ , kg/m <sup>3</sup> )	0,70794	225 °C için ;		
23. Çift Cidarlı Boru Boyu ( L , m )	4			
24. Havanın Kinematik Viskozitesi ( $\nu$ , m <sup>2</sup> /sn )	3,77E-05	225 °C için ;		

### Deney Sonuçları

25. Suya aktarılan ısı miktarı {alınan ısı} ( Q , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	6525,918367
26. Elektrikli Isıtıcı kapasitesi {verilen ısı} ( N1 , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	7843,287148
27. Verim ( $\eta$ )	83,2%
28. Havanın Kütleli debisi ( mh , kg/h )	151,1948677
29. Havanın hacimsel debisi ( Vh , m <sup>3</sup> /h )	213,5701722
30. Isıtıcıdan önceki hava hızı ( vo , m/s )	6,240050111
31. Isıtıcıdan sonraki hava hızı ( vi , m/s )	11,38294855
32. Isıtma yüzeyi ( Ay , m <sup>2</sup> )	0,883771429
33. Reynolds sayısı ( Re , --- )	21252,86259
34. Konveksiyon ısı transfer katsayısı ( $\alpha$ , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	40,3506551
35. Basınç farkı ( $\Delta P$ , mmSS )	43
36. Ortalama logaritmik sıcaklık farkı ( $\Delta Tm$ , °C )	38,05384572
37. Isı Transfer katsayısı ( K , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	194,0452993

## 1.) ISI KAPASİTESİ ( Q , kcal/h )

Suya aktarılan ısı miktarını verir.

$$Q = m_s \cdot C_p \cdot ( T_4 - T_3 )$$

$$Q = 343,46939 \cdot 1 \cdot ( 40 - 21 )$$

$$Q = 6525,918367 \text{ kcal/h}$$

## 2.) KÜTLESEL HAVA DEBİSİNİ HESABI ( mh , kg/h )

Elektrikli hava ısıtıcısının ısı kapasitesi;

$$N_1 = 9,12 \text{ kW}$$

$$N_1 = 7843,28715 \text{ kcal/h}$$

Aynı zamanda ;

$$N_1 = m_h \cdot C_{ph} \cdot ( T_2 - T_1 ) \text{ dir.}$$

$$7843,29 = m_h \cdot 0,25 \cdot ( 225 - 14 )$$

$$m_h = 151,194868 \text{ kg/h}$$

## 3.) HACİMSSEL HAVA DEBİSİNİN BULUNMASI ( Vh , m³/h )

$$V_h = m_h / \rho$$

$$V_h = 151,195 / 0,70794$$

$$V_h = 213,5701722 \text{ m}^3/\text{h}$$

## 4.) ISITICIDAN ÖNCEKİ HAVA HIZININ HESABI ( vo , m/sn )

$$V_h = A \cdot v_o$$

$$213,5701722 = 0,00951 \cdot v_o \cdot 3600$$

$$v_o = 6,24005011 \text{ m/sn}$$

## 5.) ISITICIDAN SONRAKİ HAVA HIZININ HESABI ( vi , m/sn )

$$v_i = v_o \cdot ( T_2 + 273 ) / 273$$

$$v_i = 6,2400501 \cdot ( 225 + 273 ) / 273$$

$$v_i = 11,382949 \text{ m/sn}$$

6.) ISI TRANSFER YÜZEYİNİN HESABI (  $A_y$  ,  $m^2$  )

$$A_y = \pi \cdot d_{iic} \cdot L$$

$$A_y = \pi \cdot 70,3 \cdot 4 / 1000$$

$$A_y = 0,883771429 \text{ m}^2$$

7.) REYNOLDS KATSAYISININ HESABI (  $Re$  , --- )

$$Re = v_i \cdot d_{iic} / \nu$$

$$Re = 11,3829486 \cdot 70,3 / ( 3,7652E-05 \cdot 1000 )$$

$$Re = 21252,86259$$

8.) KONVEKSİYON ISI TRANSFER KATSAYISININ HESAPLANMASI (  $\alpha$  ,  $kcal/m^2h^\circ C$  )

$$Q = \alpha \cdot A_y \cdot ( T_5 - T_2 )$$

$$6525,918367 = \alpha \cdot 0,88377143 \cdot ( 225 - 42 )$$

$$\alpha = 40,3506551 \text{ kcal/m}^2h^\circ C$$

9.) BASINÇ FARKI (  $\Delta P$  , mmSS )

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

$$\Delta P = 44 - 1$$

$$\Delta P = 43 \text{ mmSS}$$

10.) ORTALAMA LOGARİTMİK SICAKLIK FARKININ HESABI (  $\Delta T_m$  ,  $^\circ C$  )

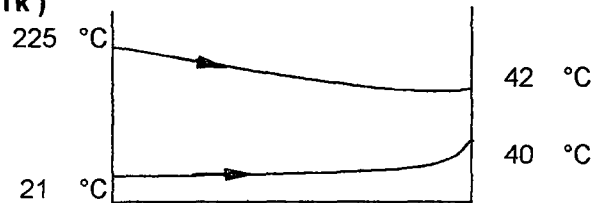
$$\Delta T_m = ( \Delta T_b - \Delta T_k ) / \ln ( \Delta T_b / \Delta T_k )$$

$$( 204 - 2 )$$

$$\Delta T_m = \frac{\quad}{\ln ( 204 / 2 )}$$

$$\ln ( 204 / 2 )$$

$$\Delta T_m = 38,0538 \text{ }^\circ C$$



11.) ISI TRANSFER KATSAYISININ HESABI ( K , kcal/m<sup>2</sup>h°C )

$$Q = K \cdot A_y \cdot (\Delta T_m)$$

$$6525,92 = K \cdot 0,88377 \cdot 38,05385$$

$$K = 194,045299 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$



TEST NO 20  
TARİH 23-Eki-2000  
TEST KONUSU

Akordiyon tipi türbülator teli



### Okunan Sıcaklık Bilgileri

1. Ortam Sıcaklığı ( T1 , °C )	15
2. Türbülator Teli Öncesindeki Hava Sıcaklığı ( T2 , °C )	227
3. Su Giriş Sıcaklığı ( T3 , °C )	21
4. Su Çıkış Sıcaklığı ( T4 , °C )	40
5. Türbülator Teli Sonrasındaki Hava Sıcaklığı ( T5 , °C )	41
6. Elektrikli Hava Isıtıcısı Kapasitesi ( N1 , kW )	9,12

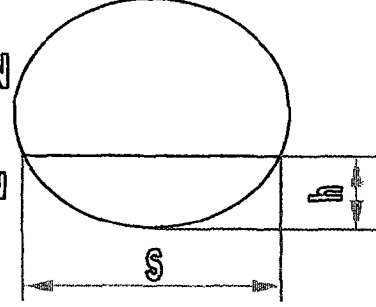
### FAN HAVA KESİT ALANI

#### Fan Bilgileri

7. Fan Hava Giriş Çapı ( d , mm )	110
8. Fan Açık Kesit Genişliği ( s , mm )	95
9. Fan Açık Kesit Yüksekliği ( h , mm )	83
10. Fan Açık Kesit Alanı ( A , m <sup>2</sup> )	0,0076935

KAPALI ALAN

AÇIK ALAN



### Basınç , Süre , Debi ile İlgili Ölçümler

11. Test Süresi ( t , sn )	390
12. Türbülator Telinden Önceki Hava Basıncı ( P1 , mmSS )	42
13. Türbülator Telinden Sonraki Hava Basıncı ( P2 , mmSS )	1
14. Isıtılan su miktarı ( msk , kg )	37,4
15. Isıtılan su debisi ( ms , kg/h )	345,2307692

### Sabitler

16. Pi sayısı ( $\pi$ )	3,142857	
17. İç Cidardaki Boru Çapı [ diic( mm )	70,3	ddic( mm ) 76,1 ]
18. Dış Cidardaki Boru Çapı [ didis( mm )	107,1	dddis( mm ) 114,3 ]
19. Suyun Özgül Isısı ( Cps , kcal/kg.°C )	1	
20. Suyun Yoğunluğu ( $\rho$ , kg/m <sup>3</sup> )	1000	
21. Havanın Özgül Isısı ( Cph , kcal/kg.°C )	0,245938844	227 °C için ;
22. Havanın Yoğunluğu ( $\rho$ , kg/m <sup>3</sup> )	0,7048	227 °C için ;
23. Çift Cidarlı Boru Boyu ( L , m )	4	
24. Havanın Kinematik Viskozitesi ( $\nu$ , m <sup>2</sup> /sn )	3,79E-05	227 °C için ;

### Deney Sonuçları

25. Suya aktarılan ısı miktarı {alınan ısı} ( Q , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	6559,384615
26. Elektrikli Isıtıcı kapasitesi {verilen ısı} ( N1 , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	7843,287148
27. Verim ( $\eta$ )	83,6%
28. Havanın Kütleli debisi ( mh , kg/h )	150,4302327
29. Havanın hacimsel debisi ( Vh , m <sup>3</sup> /h )	213,436766
30. Isıtıcıdan önceki hava hızı ( vo , m/s )	7,706196104
31. Isıtıcıdan sonraki hava hızı ( vi , m/s )	14,11391228
32. Isıtma yüzeyi ( Ay , m <sup>2</sup> )	0,883771429
33. Reynolds sayısı ( Re , — )	26179,63148
34. Konveksiyon ısı transfer katsayısı ( $\alpha$ , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	39,903427
35. Basınç farkı ( $\Delta P$ , mmSS )	41
36. Ortalama logaritmik sıcaklık farkı ( $\Delta Tm$ , °C )	38,51204503
37. Isı Transfer katsayısı ( K , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	192,7198988

## 1.) ISI KAPASİTESİ ( Q , kcal/h )

Suya aktarılan ısı miktarını verir.

$$Q = m_s \cdot C_p \cdot ( T_4 - T_3 )$$

$$Q = 345,23077 \cdot 1 \cdot ( 40 - 21 )$$

$$Q = 6559,384615 \quad \text{kcal/h}$$

## 2.) KÜTLESEL HAVA DEBİSİNİ HESABI ( mh , kg/h )

Elektrikli hava ısıtıcısının ısı kapasitesi;

$$N_1 = 9,12 \quad \text{kW}$$

$$N_1 = 7843,28715 \quad \text{kcal/h}$$

Aynı zamanda ;

$$N_1 = m_h \cdot C_{ph} \cdot ( T_2 - T_1 ) \text{ dir.}$$

$$7843,29 = m_h \cdot 0,25 \cdot ( 227 - 15 )$$

$$m_h = 150,430233 \quad \text{kg/h}$$

## 3.) HACİMSEL HAVA DEBİSİNİN BULUNMASI ( Vh , m³/h )

$$V_h = m_h / \rho$$

$$V_h = 150,43 / 0,7048$$

$$V_h = 213,436766 \quad \text{m}^3/\text{h}$$

## 4.) ISITICIDAN ÖNCEKİ HAVA HIZININ HESABI ( vo , m/sn )

$$V_h = A \cdot v_o$$

$$213,436766 = 0,00769 \cdot v_o \cdot 3600$$

$$v_o = 7,7061961 \quad \text{m/sn}$$

## 5.) ISITICIDAN SONRAKİ HAVA HIZININ HESABI ( vi , m/sn )

$$v_i = v_o \cdot ( T_2 + 273 ) / 273$$

$$v_i = 7,7061961 \cdot ( 227 + 273 ) / 273$$

$$v_i = 14,113912 \quad \text{m/sn}$$

6.) ISI TRANSFER YÜZEYİNİN HESABI (  $A_y$  ,  $m^2$  )

$$A_y = \pi \cdot d_{iic} \cdot L$$

$$A_y = \pi \cdot 70,3 \cdot 4 / 1000$$

$$A_y = 0,883771429 \text{ m}^2$$

7.) REYNOLDS KATSAYISININ HESABI (  $Re$  , --- )

$$Re = v_1 \cdot d_{iic} / \nu$$

$$Re = 14,1139123 \cdot 70,3 / ( 0,0000379 \cdot 1000 )$$

$$Re = 26179,63148$$

8.) KONVEKSİYON ISI TRANSFER KATSAYISININ HESAPLANMASI (  $\alpha$  ,  $kcal/m^2h^\circ C$  )

$$Q = \alpha \cdot A_y \cdot ( T_5 - T_2 )$$

$$6559,384615 = \alpha \cdot 0,88377143 \cdot ( 227 - 41 )$$

$$\alpha = 39,903427 \text{ kcal/m}^2h^\circ C$$

9.) BASINÇ FARKI (  $\Delta P$  , mmSS )

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

$$\Delta P = 42 - 1$$

$$\Delta P = 41 \text{ mmSS}$$

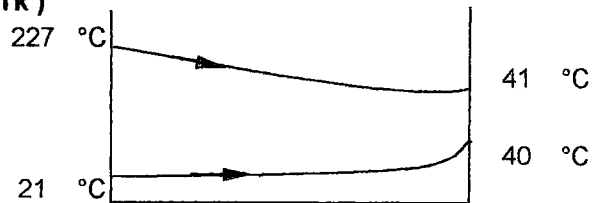
10.) ORTALAMA LOGARİTMİK SICAKLIK FARKININ HESABI (  $\Delta T_m$  ,  $^\circ C$  )

$$\Delta T_m = ( \Delta T_b - \Delta T_k ) / \ln ( \Delta T_b / \Delta T_k )$$

$$( 206 - 1 )$$

$$\Delta T_m = \frac{( 206 - 1 )}{\ln ( 206 / 1 )}$$

$$\Delta T_m = 38,512 \text{ }^\circ C$$



11.) ISI TRANSFER KATSAYISININ HESABI ( K , kcal/m<sup>2</sup>h°C )

$$Q = K \cdot A_y \cdot (\Delta T_m)$$

$$6559,38 = K \cdot 0,88377 \cdot 38,51205$$

$$K = 192,719899 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

TEST NO 21  
TARİH 23-Eki-2000  
TEST KONUSU

Akordiyon tipi türbülator teli



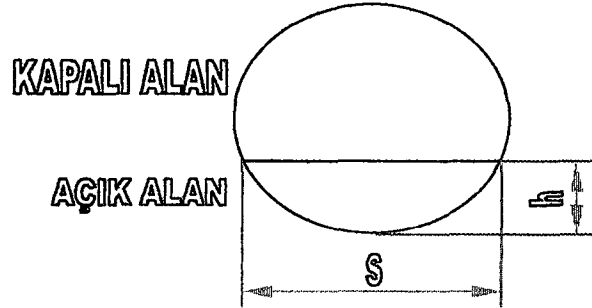
### Okunan Sıcaklık Bilgileri

1. Ortam Sıcaklığı ( T1 , °C )	15
2. Türbülator Teli Öncesindeki Hava Sıcaklığı ( T2 , °C )	229
3. Su Giriş Sıcaklığı ( T3 , °C )	21
4. Su Çıkış Sıcaklığı ( T4 , °C )	26
5. Türbülator Teli Sonrasındaki Hava Sıcaklığı ( T5 , °C )	40
6. Elektrikli Hava Isıtıcısı Kapasitesi ( N1 , kW )	9,12

### Fan Bilgileri

7. Fan Hava Giriş Çapı ( d , mm )	110
8. Fan Açık Kesit Genişliği ( s , mm )	95
9. Fan Açık Kesit Yüksekliği ( h , mm )	83
10. Fan Açık Kesit Alanı ( A , m <sup>2</sup> )	0,0076935

### FAN HAVA KESİT ALANI



### Basınç , Süre , Debi ile İlgili Ölçümler

11. Test Süresi ( t , sn )	110
12. Türbülator Telinden Önceki Hava Basıncı ( P1 , mmSS )	42
13. Türbülator Telinden Sonraki Hava Basıncı ( P2 , mmSS )	1
14. Isıtılan su miktarı ( msk , kg )	37,4
15. Isıtılan su debisi ( ms , kg/h )	1224

### Sabitler

16. Pi sayısı ( $\pi$ )		3,142857	
17. İç Cidardaki Boru Çapı [ diic( mm )	70,3	ddic( mm )	76,1 ]
18. Dış Cidardaki Boru Çapı [ didis( mm )	107,1	dddis( mm )	114,3 ]
19. Suyun Özgül Isısı ( Cps , kcal/kg.°C )			1
20. Suyun Yoğunluğu ( $\rho$ , kg/m <sup>3</sup> )			1000
21. Havanın Özgül Isısı ( Cph , kcal/kg.°C )		0,246031534	229 °C için ;
22. Havanın Yoğunluğu ( $\rho$ , kg/m <sup>3</sup> )		0,7023	229 °C için ;
23. Çift Cidarlı Boru Boyu ( L , m )		4	
24. Havanın Kinematik Viskozitesi ( $\nu$ , m <sup>2</sup> /sn )		3,82E-05	229 °C için ;

### Deney Sonuçları

25. Suya aktarılan ısı miktarı {alınan ısı} ( Q , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	6120
26. Elektrikli Isıtıcı kapasitesi {verilen ısı} ( N1 , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	7843,287148
27. Verim ( $\eta$ )	78,0%
28. Havanın Kütleli debisi ( mh , kg/h )	148,9681992
29. Havanın hacimsel debisi ( Vh , m <sup>3</sup> /h )	212,1147646
30. Isıtıcıdan önceki hava hızı ( vo , m/s )	7,658464864
31. Isıtıcıdan sonraki hava hızı ( v1 , m/s )	14,08259839
32. Isıtma yüzeyi ( Ay , m <sup>2</sup> )	0,883771429
33. Reynolds sayısı ( Re , — )	25945,20271
34. Konveksiyon ısı transfer katsayısı ( $\alpha$ , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	36,63951032
35. Basınç farkı ( $\Delta P$ , mmSS )	41
36. Ortalama logaritmik sıcaklık farkı ( $\Delta Tm$ , °C )	36,82711154
37. Isı Transfer katsayısı ( K , kcal/m <sup>2</sup> h°C )	188,0372139

## 1.) ISI KAPASİTESİ ( Q , kcal/h )

Suya aktarılan ısı miktarını verir.

$$Q=ms \cdot Cp \cdot ( T4-T3 )$$

$$Q= 1224 \cdot 1 \cdot ( 26 - 21 )$$

$$Q= 6120 \quad \text{kcal/h}$$

## 2.) KÜTLESEL HAVA DEBİSİNİ HESABI ( mh , kg/h )

Elektrikli hava ısıtıcısının ısı kapasitesi;

$$N1= 9,12 \quad \text{kW}$$

$$N1= 7843,28715 \quad \text{kcal/h}$$

Aynı zamanda ;

$$N1=mh \cdot Cph \cdot ( T2 - T1 ) \text{ dir.}$$

$$7843,29 = mh \cdot 0,25 \cdot ( 229 - 15 )$$

$$mh= 148,968199 \quad \text{kg/h}$$

## 3.) HACİMSSEL HAVA DEBİSİNİN BULUNMASI ( Vh , m³/h )

$$Vh= mh / \rho$$

$$Vh= 148,968 / 0,7023$$

$$Vh= 212,1147646 \quad \text{m}^3/\text{h}$$

## 4.) ISITICIDAN ÖNCEKİ HAVA HIZININ HESABI ( vo , m/sn )

$$Vh= A \cdot vo$$

$$212,1147646 = 0,00769 \cdot vo \cdot 3600$$

$$vo= 7,65846486 \quad \text{m/sn}$$

## 5.) ISITICIDAN SONRAKİ HAVA HIZININ HESABI ( vi , m/sn )

$$vi= vo \cdot ( T2 + 273 ) / 273$$

$$vi= 7,6584649 \cdot ( 229 + 273 ) / 273$$

$$vi= 14,082598 \quad \text{m/sn}$$

6.) ISI TRANSFER YÜZEYİNİN HESABI (  $A_y$  ,  $m^2$  )

$$A_y = \pi \cdot d_{iic} \cdot L$$

$$A_y = \pi \cdot 70,3 \cdot 4 / 1000$$

$$A_y = 0,883771429 \text{ m}^2$$

7.) REYNOLDS KATSAYISININ HESABI (  $Re$  , --- )

$$Re = v_i \cdot d_{iic} / \nu$$

$$Re = 14,0825984 \cdot 70,3 / ( 3,8158E-05 \cdot 1000 )$$

$$Re = 25945,20271$$

8.) KONVEKSİYON ISI TRANSFER KATSAYISININ HESAPLANMASI (  $\alpha$  ,  $kcal/m^2h^\circ C$  )

$$Q = \alpha \cdot A_y \cdot ( T_5 - T_2 )$$

$$6120 = \alpha \cdot 0,88377143 \cdot ( 229 - 40 )$$

$$\alpha = 36,6395103 \text{ kcal/m}^2h^\circ C$$

9.) BASINÇ FARKI (  $\Delta P$  , mmSS )

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

$$\Delta P = 42 - 1$$

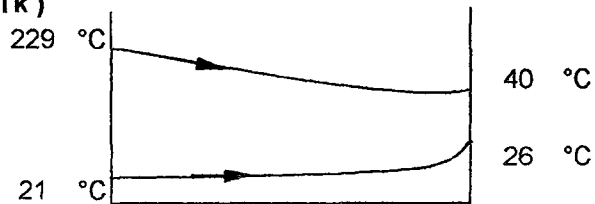
$$\Delta P = 41 \text{ mmSS}$$

10.) ORTALAMA LOGARİTMİK SICAKLIK FARKININ HESABI (  $\Delta T_m$  ,  $^\circ C$  )

$$\Delta T_m = ( \Delta T_b - \Delta T_k ) / \ln ( \Delta T_b / \Delta T_k )$$

$$\Delta T_m = \frac{( 208 - 14 )}{\ln ( 208 / 14 )}$$

$$\Delta T_m = 36,8271 \text{ }^\circ C$$



11.) ISI TRANSFER KATSAYISININ HESABI ( K , kcal/m<sup>2</sup>h°C )

$$Q = K \cdot A_y \cdot (\Delta T_m)$$

$$6120 = K \cdot 0,88377 \cdot 36,82711$$

$$K = 188,037214 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

**Ek 2 : Atmosferik Basınçta Havanın Özellikleri**



### ATMOSFERİK BASINÇTA HAVANIN FİZİKSEL ÖZELİKLERİ

T, K	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$c_p$ , kJ/kg · °C	$\mu$ , kg/m · s 10 <sup>-5</sup>	$\nu$ , m <sup>2</sup> /s 10 <sup>-6</sup>	$k$ , W/m · °C	$\alpha$ , m <sup>2</sup> /s 10 <sup>-4</sup>	Pr
100	3.6010	1.0266	0.6924	1.923	0.009246	0.02501	0.770
150	2.3675	1.0099	1.0283	4.343	0.013735	0.05745	0.753
200	1.7684	1.0061	1.3289	7.490	0.01809	0.10165	0.739
250	1.4128	1.0053	1.5990	11.31	0.02227	0.15675	0.722
300	1.1774	1.0057	1.8462	15.69	0.02624	0.22160	0.708
350	0.9980	1.0090	2.075	20.76	0.03003	0.2983	0.697
400	0.8826	1.0140	2.286	25.90	0.03365	0.3760	0.689
450	0.7833	1.0207	2.484	31.71	0.03707	0.4222	0.683
500	0.7048	1.0295	2.671	37.90	0.04038	0.5564	0.680
550	0.6423	1.0392	2.848	44.34	0.04360	0.6532	0.680
600	0.5879	1.0551	3.018	51.34	0.04659	0.7512	0.680
650	0.5430	1.0635	3.177	58.51	0.04953	0.8578	0.682
700	0.5030	1.0752	3.332	66.25	0.05230	0.9672	0.684
750	0.4709	1.0856	3.481	73.91	0.05509	1.0774	0.686
800	0.4405	1.0978	3.625	82.29	0.05779	1.1951	0.689
850	0.4149	1.1095	3.765	90.75	0.06028	1.3097	0.692
900	0.3925	1.1212	3.899	99.3	0.06279	1.4271	0.696
950	0.3716	1.1321	4.023	108.2	0.06525	1.5510	0.699
1000	0.3524	1.1417	4.152	117.8	0.06752	1.6779	0.702
1100	0.3204	1.160	4.44	138.6	0.0732	1.969	0.704
1200	0.2947	1.179	4.69	159.1	0.0782	2.251	0.707
1300	0.2707	1.197	4.93	182.1	0.0837	2.583	0.708
1400	0.2515	1.214	5.17	205.5	0.0891	2.920	0.708
1500	0.2355	1.230	5.40	229.1	0.0946	3.262	0.708
1600	0.2211	1.248	5.63	254.5	0.100	3.609	0.708
1700	0.2082	1.267	5.85	280.5	0.105	3.977	0.708
1800	0.1970	1.287	6.07	308.1	0.111	4.379	0.704
1900	0.1858	1.309	6.29	338.5	0.117	4.811	0.704
2000	0.1762	1.338	6.50	369.0	0.124	5.260	0.702
2100	0.1682	1.372	6.72	399.6	0.131	5.715	0.700
2200	0.1602	1.419	6.93	432.6	0.139	6.120	0.707
2300	0.1538	1.482	7.14	464.0	0.149	6.540	0.710
2400	0.1458	1.574	7.35	504.0	0.161	7.020	0.718
2500	0.1394	1.688	7.57	543.5	0.175	7.441	0.730

Not:  $\mu$ ,  $k$ ,  $c_p$  ve Pr basınçla fazla değişmediğinden, basıncın oldukça geniş bir aralığında bu değerler sabit varsayılabilir.

**Ek 3 : Doymuş Su Buhar Tablosu**

## SICAKLIĞA GÖRE DOYMUŞ SUBUHARI TABLOSU

T: Sıcaklık (C,K)

 $i_{sb}$ : Gizli buharlaşma ısısı

p : Basınç (bar)

s : Özgül entropi (kJ/kgK)

v: Özgül hacim (m<sup>3</sup>/kg)

v': Su için değer

q: Yoğunluk (kg/m<sup>3</sup>)

v'': Doymuş buhar için değer

i: Özgül entalpi (kJ/kg)

T	T	p	v'	v''	q''	i'	i''	$i_{sb}$	s'	s''
C	K	bar	m <sup>3</sup> /kg	m <sup>3</sup> /kg	kg/m <sup>3</sup>	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg K	kJ/kg K
0,00	273,15	0,006108	0,0010002	206,3	0,004847	-0,04	2501,6	2501,6	-0,0002	9,1577
0,01	273,16	0,006112	0,0010002	206,2	0,004851	0,00	2501,6	2501,6	0,0000	9,1575
1	274,15	0,006566	0,0010001	192,6	0,005192	4,17	2503,4	2499,2	0,0152	9,1311
2	275,15	0,007055	0,0010001	179,9	0,005558	8,39	2505,2	2496,8	0,0306	9,1047
3	276,15	0,007575	0,0010001	168,2	0,005946	12,60	2507,1	2494,5	0,0459	9,0785
4	277,15	0,008129	0,0010000	157,3	0,006358	16,80	2508,9	2492,1	0,0611	9,0526
5	278,15	0,008718	0,0010000	147,2	0,006795	21,01	2510,7	2489,7	0,0762	9,0269
6	279,15	0,009345	0,0010000	137,8	0,007258	25,21	2512,6	2487,4	0,0913	9,0015
7	280,15	0,010012	0,0010001	129,1	0,007748	29,41	2514,4	2485,0	0,1063	8,9762
8	281,15	0,010720	0,0010001	121,0	0,008267	33,60	2516,2	2482,6	0,1213	8,9513
9	282,15	0,011472	0,0010002	113,4	0,008816	37,80	2518,1	2480,3	0,1361	8,9265
10	283,15	0,012270	0,0010003	106,4	0,009396	41,99	2519,9	2477,9	0,1510	8,9020
11	284,15	0,013116	0,0010003	99,91	0,01001	46,19	2521,7	2475,5	0,1658	8,8776
12	285,15	0,014014	0,0010004	93,84	0,01066	50,38	2523,6	2473,2	0,1805	8,8536
13	286,15	0,014965	0,0010006	88,18	0,01134	54,57	2525,4	2470,8	0,1952	8,8297
14	287,15	0,015973	0,0010007	82,90	0,01206	58,75	2527,2	2468,5	0,2098	8,8060
15	288,15	0,017039	0,0010008	77,98	0,01282	62,94	2529,1	2466,1	0,2243	8,7826
16	289,15	0,018168	0,0010010	73,38	0,01363	67,13	2530,9	2463,8	0,2388	8,7593
17	290,15	0,019362	0,0010012	69,09	0,01447	71,31	2532,7	2461,4	0,2533	8,7363
18	291,15	0,02062	0,0010013	65,09	0,01536	75,50	2534,5	2459,0	0,2677	8,7135
19	292,15	0,02196	0,0010015	61,34	0,01630	79,68	2536,4	2456,7	0,2820	8,6908
20	293,15	0,02337	0,0010017	57,84	0,01729	83,86	2538,2	2454,3	0,2963	8,6684
21	294,15	0,02485	0,0010019	54,56	0,01833	88,04	2540,0	2452,0	0,3105	8,6462
22	295,15	0,02642	0,0010022	51,49	0,01942	92,23	2541,8	2449,6	0,3247	8,6241
23	296,15	0,02808	0,0010024	48,62	0,02057	96,41	2543,6	2447,2	0,3389	8,6023
24	297,15	0,02982	0,0010026	45,93	0,02177	100,59	2545,5	2444,9	0,3530	8,5806
25	298,15	0,03166	0,0010029	43,40	0,02304	104,77	2547,3	2442,5	0,3670	8,5592
26	299,15	0,03360	0,0010032	41,03	0,02437	108,95	2549,1	2440,2	0,3810	8,5379
27	300,15	0,03564	0,0010034	38,81	0,02576	113,13	2550,9	2437,8	0,3949	8,5168
28	301,15	0,03778	0,0010037	36,73	0,02723	117,31	2552,7	2435,4	0,4088	8,4959
29	302,15	0,04004	0,0010040	34,77	0,02876	121,48	2554,5	2433,1	0,4227	8,4751
30	303,15	0,04241	0,0010043	32,93	0,03037	125,66	2556,4	2430,7	0,4365	8,4546
31	304,15	0,04491	0,0010046	31,20	0,03205	129,84	2558,2	2428,3	0,4503	8,4342
32	305,15	0,04753	0,0010049	29,57	0,03382	134,02	2560,0	2425,9	0,4640	8,4140
33	306,15	0,05029	0,0010053	28,04	0,03566	138,20	2561,8	2423,6	0,4777	8,3939
34	307,15	0,05318	0,0010056	26,60	0,03759	142,38	2563,6	2421,2	0,4913	8,3740
35	308,15	0,05622	0,0010060	25,24	0,03961	146,56	2565,4	2418,8	0,5049	8,3543
36	309,15	0,05940	0,0010063	23,97	0,04172	150,74	2567,2	2416,4	0,5184	8,3348
37	310,15	0,06274	0,0010067	22,76	0,04393	154,91	2569,0	2414,1	0,5319	8,3154
38	311,15	0,06624	0,0010070	21,63	0,04624	159,09	2570,8	2411,7	0,5453	8,2962
39	312,15	0,06991	0,0010074	20,56	0,04865	163,27	2572,6	2409,3	0,5588	8,2772
40	313,15	0,07375	0,0010078	19,55	0,05116	167,45	2574,4	2406,9	0,5721	8,2583
41	314,15	0,07777	0,0010082	18,59	0,05379	171,63	2576,2	2404,5	0,5854	8,2395
42	315,15	0,08198	0,0010086	17,69	0,05652	175,81	2577,9	2402,1	0,5987	8,2209
43	316,15	0,08639	0,0010090	16,84	0,05938	179,99	2579,7	2399,7	0,6120	8,2025
44	317,15	0,09100	0,0010094	16,04	0,06236	184,17	2581,5	2397,3	0,6252	8,1842
45	318,15	0,09582	0,0010099	15,28	0,06546	188,35	2583,3	2394,9	0,6383	8,1661

## SICAKLIĞA GÖRE DOYMUŞ SUBUHARI TABLOSU (Devam)

T (C)	T (K)	p	v'	v''	g''	l'	l''	l <sub>sb</sub>	s'	s''
45	318,15	0,09582	0,0010099	15,28	0,06546	188,35	2583,3	2394,9	0,6383	8,1661
46	319,15	0,10086	0,0010103	14,56	0,06869	192,53	2585,1	2392,5	0,6514	8,1481
47	320,15	0,10612	0,0010107	13,88	0,07206	196,71	2586,9	2390,1	0,6645	8,1302
48	321,15	0,11162	0,0010112	13,23	0,07557	200,89	2588,6	2387,7	0,6776	8,1125
49	322,15	0,11736	0,0010117	12,62	0,07922	205,07	2590,4	2385,3	0,6906	8,0950
50	323,15	0,12335	0,0010121	12,05	0,08302	209,26	2592,2	2382,9	0,7035	8,0776
51	324,15	0,12961	0,0010126	11,50	0,08697	213,44	2593,9	2380,5	0,7164	8,0603
52	325,15	0,13613	0,0010131	10,98	0,09108	217,62	2595,7	2378,1	0,7293	8,0432
53	326,15	0,14293	0,0010136	10,49	0,09535	221,80	2597,5	2375,7	0,7422	8,0262
54	327,15	0,15002	0,0010140	10,02	0,09979	225,98	2599,2	2373,2	0,7550	8,0093
55	328,15	0,15741	0,0010145	9,579	0,1044	230,17	2601,0	2370,8	0,7677	7,9926
56	329,15	0,16511	0,0010150	9,159	0,1092	234,35	2602,7	2368,4	0,7804	7,9759
57	330,15	0,17313	0,0010156	8,760	0,1142	238,53	2604,5	2365,9	0,7931	7,9595
58	331,15	0,18147	0,0010161	8,381	0,1193	242,72	2606,2	2363,5	0,8058	7,9431
59	332,15	0,19016	0,0010166	8,021	0,1247	246,91	2608,0	2361,1	0,8184	7,9269
60	333,15	0,19920	0,0010171	7,679	0,1302	251,09	2609,7	2358,6	0,8310	7,9108
61	334,15	0,2086	0,0010177	7,353	0,1360	255,28	2611,4	2356,2	0,8435	7,8948
62	335,15	0,2184	0,0010182	7,044	0,1420	259,46	2613,2	2353,7	0,8560	7,8790
63	336,15	0,2286	0,0010188	6,749	0,1482	263,65	2614,9	2351,3	0,8685	7,8633
64	337,15	0,2391	0,0010193	6,469	0,1546	267,84	2616,6	2348,8	0,8809	7,8477
65	338,15	0,2501	0,0010199	6,202	0,1612	272,02	2618,4	2346,3	0,8933	7,8322
66	339,15	0,2615	0,0010205	5,948	0,1681	276,21	2620,1	2343,9	0,9057	7,8168
67	340,15	0,2733	0,0010211	5,706	0,1752	280,40	2621,8	2341,4	0,9180	7,8015
68	341,15	0,2856	0,0010217	5,476	0,1826	284,59	2623,5	2338,9	0,9303	7,7864
69	342,15	0,2984	0,0010223	5,256	0,1903	288,78	2625,2	2336,4	0,9426	7,7714
70	343,15	0,3116	0,0010228	5,046	0,1982	292,97	2626,9	2334,0	0,9548	7,7565
71	344,15	0,3253	0,0010235	4,846	0,2063	297,16	2628,6	2331,5	0,9670	7,7417
72	345,15	0,3396	0,0010241	4,656	0,2148	301,35	2630,3	2329,0	0,9792	7,7270
73	346,15	0,3543	0,0010247	4,474	0,2235	305,55	2632,0	2326,5	0,9913	7,7124
74	347,15	0,3696	0,0010253	4,300	0,2326	309,74	2633,7	2324,0	1,0034	7,6979
75	348,15	0,3855	0,0010259	4,134	0,2419	313,94	2635,4	2321,5	1,0154	7,6835
76	349,15	0,4019	0,0010266	3,976	0,2515	318,13	2637,1	2318,9	1,0275	7,6693
77	350,15	0,4189	0,0010272	3,824	0,2615	322,33	2638,7	2316,4	1,0395	7,6551
78	351,15	0,4365	0,0010279	3,680	0,2718	326,52	2640,4	2313,9	1,0514	7,6410
79	352,15	0,4547	0,0010285	3,541	0,2824	330,72	2642,1	2311,4	1,0634	7,6271
80	353,15	0,4736	0,0010292	3,409	0,2933	334,92	2643,8	2308,8	1,0753	7,6132
81	354,15	0,4931	0,0010299	3,283	0,3046	339,11	2645,4	2306,3	1,0871	7,5995
82	355,15	0,5133	0,0010305	3,162	0,3163	343,31	2647,1	2303,8	1,0990	7,5858
83	356,15	0,5342	0,0010312	3,046	0,3283	347,51	2648,7	2301,2	1,1108	7,5722
84	357,15	0,5557	0,0010319	2,935	0,3407	351,71	2650,4	2298,7	1,1225	7,5588
85	358,15	0,5780	0,0010326	2,829	0,3535	355,92	2652,0	2296,5	1,1343	7,5454
86	359,15	0,6011	0,0010333	2,727	0,3667	360,12	2653,6	2293,1	1,1460	7,5321
87	360,15	0,6249	0,0010340	2,630	0,3803	364,32	2655,3	2290,9	1,1577	7,5189
88	361,15	0,6495	0,0010347	2,536	0,3942	368,53	2656,9	2288,4	1,1693	7,5058
89	362,15	0,6749	0,0010354	2,447	0,4087	372,73	2658,5	2285,8	1,1809	7,4928
90	363,15	0,7011	0,0010361	2,361	0,4235	376,94	2660,1	2283,2	1,1925	7,4799
91	364,15	0,7281	0,0010369	2,279	0,4388	381,15	2661,7	2280,6	1,2041	7,4670
92	365,15	0,7561	0,0010376	2,200	0,4545	385,36	2663,4	2278,0	1,2156	7,4543
93	366,15	0,7849	0,0010384	2,125	0,4707	389,56	2665,0	2275,4	1,2271	7,4416
94	367,15	0,8146	0,0010391	2,052	0,4873	393,78	2666,6	2272,8	1,2386	7,4291
95	368,15	0,8453	0,0010399	1,982	0,5045	397,99	2668,1	2270,2	1,2501	7,4166
96	369,15	0,8769	0,0010406	1,915	0,5221	402,20	2669,7	2267,5	1,2615	7,4042
97	370,15	0,9094	0,0010414	1,851	0,5402	406,42	2671,3	2264,9	1,2729	7,3919
98	371,15	0,9430	0,0010421	1,789	0,5589	410,63	2672,9	2262,2	1,2842	7,3796
99	372,15	0,9776	0,0010429	1,730	0,5780	414,85	2674,4	2259,6	1,2956	7,3675
100	373,15	1,0133	0,0010437	1,673	0,5977	419,06	2676,0	2256,9	1,3069	7,3554
101	374,15	1,0500	0,0010445	1,618	0,6180	423,28	2677,6	2254,3	1,3182	7,3434
102	375,15	1,0878	0,0010453	1,566	0,6388	427,50	2679,1	2251,6	1,3294	7,3315
103	376,15	1,1267	0,0010461	1,515	0,6601	431,73	2680,7	2248,9	1,3406	7,3196
104	377,15	1,1668	0,0010469	1,466	0,6821	435,95	2682,2	2246,3	1,3518	7,3078
105	378,15	1,2080	0,0010477	1,419	0,7046	440,17	2683,7	2243,6	1,3630	7,2962



<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	
Doğum tarihi	: 03.09.1976
Doğum yeri	: Ankara
Lise	: 1990-1993
Lisans	: 1993-1997
Yüksek Lisans	: 1997-2000
Çalıştığı kurum	: 1997-2000

Ereosan Isı Sanayi  
1997-2000

Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enst.  
Makina Mühendisliği Bölümü  
Makina Müh. Ana Bilim Dalı, Isı Proses