

YÜKSEK KAPASİTELİ EŞANJÖR TASARIMI

2015

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ**

Mustafa DUTUCU

YÜKSEK KAPASİTELİ EŞANJÖR TASARIMI

Mustafa DUTUCU

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Haziran 2015**

Mustafa DUTUCU tarafından hazırlanan “YÜKSEK KAPASİTELİ EŞANJÖR TASARIMI” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Refik POLAT

Tez Danışmanı, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 17/ 06/ 2015

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. Refik POLAT (KBÜ)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ali CAN (KBÜ)

Üye : Doç. Dr. Yusuf ÇAY (SAÜ)

...../...../2015

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Mustafa BOZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Mustafa DUTUCU

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YÜKSEK KAPASİTELİ EŞANJÖR TASARIMI

Mustafa DUTUCU

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Ana bilim Dalı

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Refik POLAT

Haziran 2015, 77 Sayfa

Bu çalışmanın amacı, ısıtma sisteminde kullanılan eşanjörlerin farklı debi ve sıcaklıklardaki performanslarını inceleyerek merkezi sistemlerde kullanılmak üzere yüksek kapasiteli yerli bir eşanjör tasarımı yapmaktır. Bu amaçla mevcut ısıtma sistemleri incelenerek neredeyiz? Ne yapabiliriz? Ne gerekli? Sorularına cevaplar bulunmuştur.

Bu çalışma eldeki mevcut sistemleri incelerken farklı malzemeler, farklı tasarımlar, farklı imalat yöntemlerini seçerek kıyaslamalar yapılmıştır. Ayrıca farklı debiler ve sıcaklıklar kullanılarak yanma testleri yapıp verim değerleri alınmıştır.

Oluşturulacak tasarımın uygulanabilirlik, servis edilebilirlik ve düşük maliyetli ticari bir ürün olması da gerekmektedir. Bunun için de üç boyutlu tasarımların yanında ANSYS analizleri ile sayısal modellemeler kullanılarak prototipler oluşturulup, doğrulamalar yapılmıştır.

Tasarlanan eşanjörün deneylere tabi tutulması için mevcut yüksek kapasiteli bir ürün dış kısıt olarak seçilmiştir. Tasarımın ölçü kısıtları bu ürüne uygun olarak seçilmiştir ve tek değişken olarak eşanjör seçilerek yapılan tasarımın sağlıklı bir kıyaslaması yapılmıştır.

Anahtar Sözcükler : Eşanjörler (ısı değiştirgeçler), sarmal boru ve ısı transferi.

Bilim Kodu : 914.1.012

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

DESIGN OF EXCHANGER FOR BIG OUT PUT

Mustafa DUTUCU

Karabuk University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

Thesis Advisor:

Prof. Dr. Refik POLAT

June 2015, 77 Pages

Aim of this study, to design a heat exchanger with height efficiency for use to central heating system and to investigate the performance in different temperature and in different flow rate of heat systems. Therefore, by investigating available heat systems and found the solutions of that questions; “Where are we? What can we do? and what do we need?” etc., are tried to be found.

The comparisons of different materials, designs and manufacturing processes have been carried within this study. Moreover, different efficiency value by the test of different temperature and of different flow rate, combustion test have been done and efficiency values are gathered.

New designed have to be feasible, servable, low cost and commercial product. Before the production of the prototype, 3D designed was created by means of with pro_e and ANSYS analyses. Then, numerical values and test results are compared.

The commercial product was selected as outer in order to test because requirement of constrained requirements. The external constrained was fixed appropriate to this product and the only variable is the heat exchanger. Therefore, the healthy comparison was carried for this product.

Key Word : Heat Exchanger, Bohex, efficiency and heat transfer.

Science Code : 914.1.012

TEŞEKKÜR

Bu tez alıőmasında her aőamada bana yol gősteren değerli danıőman hocam Prof Dr. Refik POLAT' a, her zaman kıymetli tecrübelerinden faydalandığım değerli hocam Prof. Dr. Dilek KUMLUTAŐ' a, kıymetli arkadaőım Makine Yůksek Můhendisi Hasan AVCI ve değerli Demir Dėkım A.Ő. yőneticilerime yardımlarından dolayı çok teőekkőr ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xvi
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	5
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	5
2.1. MAKİNETO GENEL UYGULAMA YÖNTEMLERİ	8
2.1.1. Ayna Deliklerinin Hazırlanması.....	8
2.1.2. Boruların Hazırlanması.....	8
2.1.3. Yağlama.....	9
2.1.4. Makineto Çekme Prensipleri	9
BÖLÜM 3	11
ISITMA SİSTEMLERİ.....	11
3.1. KOMBİLER.....	12

3.1.1. Kombi Çeşitleri.....	13
3.1.1.1. Bacalı Kombiler.....	13
3.1.1.2. Hermetik Kombiler.....	14
3.2. YÜKSEK KAPASİTELİ SİSTEMLER.....	16
3.2.1. Yüksek Kapasiteli Yoğuşmalı Kombiler.....	16
3.2.2. Yüksek Kapasiteli Kazanlar.....	17
3.3. EŞANJÖRLER (ISI DEĞİŞTİRGEÇLER).....	18
3.3.1. Eşanjörlerin Sınıflandırılması.....	19
3.3.1.1. Konstrüksiyona Göre Eşanjörlerin Sınıflandırılması.....	19
3.3.1.2. Isı Transferi Prosesine Göre Eşanjörlerin Sınıflandırılması.....	25
3.3.1.3. Yüzey Yoğunluğuna Göre Eşanjörlerin Sınıflandırılması.....	25
3.3.1.4. Geçiş Çeşitliliğine Göre Eşanjörlerin Sınıflandırılması.....	26
3.3.1.5. Akışkan Sayısı Göre Eşanjörlerin Sınıflandırılması.....	28
3.3.1.6 Isı Transfer Düzenine Göre Eşanjörlerin Sınıflandırılması.....	28
BÖLÜM 4.....	29
MATERYAL VE YÖNTEM.....	29
4.1. TASARIM AŞAMASINDA İZLENECEK YÖNTEMLER.....	29
4.2. MEVCUT ÜRÜN VE BENCHMARK ÇALIŞMALARI.....	30
4.2.1. Mevcut Ürünler.....	30
4.2.2. Benchmark Çalışmaları.....	33
4.3. MALZEME SEÇİMİ.....	34
4.4. 3D TASARIM.....	35
4.5. BENCHMARK DOĞRULAMA TESTLERİ.....	36
4.5.1. Dış Yüzey Sıcaklık Ölçüm Testleri.....	36
4.5.2. Eşanjör Yüzey ve İç Hacim Sıcaklık Ölçüm Testleri.....	40

Sayfa

4.6. FLUENT İLE MODELLEME (ATIK GAZ).....	46
BÖLÜM 5	48
TASARIM.....	48
5.1. 3D MODELLEME	48
5.2. SAYISAL ANALİZ	58
BÖLÜM 6	63
SONUÇ VE ÖNERİLER	63
KAYNAKLAR	69
EK AÇIKLAMALAR A. ANSYS'DE KULLANILAN MODELLEME VE MALZEME ÖZELLİKLERİ	73
ÖZGEÇMİŞ	77

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. 2012 Türkiye birincil enerji arzı	2
Şekil 3.1. Bireysel ve merkezi ısıtma sistemleri	11
Şekil 3.2. Kombilerde su çevrimi.....	13
Şekil 3.3. Kombilerin sınıflandırılması.....	13
Şekil 3.4. Bacalı kombilerin çalışma prensibi ve baca bağlantı şekli	14
Şekil 3.5. Hermetik kombinin çalışma prensibi	14
Şekil 3.6. Yoğuşmalı kombinin çalışma prensibi	16
Şekil 3.7. Yüksek kapasiteli kombinin kaskad sistem uygulaması.....	17
Şekil 3.8. Yüksek kapasiteli kazanlar	18
Şekil 4.1. Paslanmaz boğumlu eşanjör.....	30
Şekil 4.2. Paslanmaz profil ile yapılan eşanjör	31
Şekil 4.3. Talaşlı imalat ve kaynaklı birleştirme ile yapılan eşanjörler	31
Şekil 4.4. Alüminyum malzemedan kanat (fin) teknolojisi ile yapılan eşanjörler...	32
Şekil 4.5. Alüminyum malzemedan döküm ile yapılan eşanjörler	32
Şekil 4.6. Kanatlı boruların özel dizilimi ile yapılan eşanjör.....	32
Şekil 4.7. Paslanmaz eşanjöre sahip yanma ünitesi ve sarmal eşanjör	33
Şekil 4.8. Boğumların birbiri ile teması ve yönlendirici.....	33
Şekil 4.9. Alüminyum eşanjöre sahip yanma ünitesi ve sarmal eşanjör	33
Şekil 4.10. Finlerin ve yönlendiricinin montajı	33
Şekil 4.11. Metallerin sıcaklık - ısı iletkenlik grafiği	34
Şekil 4.12. Mevcut paslanmaz eşanjörlü sistemin 3D tasarımı.....	35
Şekil 4.13. Mevcut paslanmaz eşanjör kesitinin 3D tasarımı	35
Şekil 4.14. Mevcut alüminyum malzemedan yapılan eşanjörün tasarımı.....	36
Şekil 4.15. Mevcut alüminyum eşanjörün fin detayı	36
Şekil 4.16. Demir döküm test düzeneği	37
Şekil 4.17. Boyama öncesi yüzey sıcaklık ölçümü	37
Şekil 4.18. Boyama sonrası yüzey sıcaklık ölçümü.....	38

Şekil 4.19. Termal kamera ölçüm sonuçları.....	38
Şekil 4.20. Test düzeneği sonuç ekranı.....	39
Şekil 4.21. Termal kamera dış yüzey sıcaklık değerleri	39
Şekil 4.22. Paslanmaz borunun yüzey sıcaklığını ölçmek için prop montajı.....	40
Şekil 4.23. Prop test düzeneği.....	40
Şekil 4.24. Termo couple düzeneği.....	41
Şekil 4.25. Termo couple ile sıcaklık değerlerinin temsili gösterimi	42
Şekil 4.26. Yanma odası sıcaklık dağılımı.....	42
Şekil 4.27. Prop yerleştirmek için demontaj işlemi	43
Şekil 4.28. Prop montajı.....	43
Şekil 4.29. Yanma odası sıcaklık dağılımı.....	44
Şekil 4.30. İç yüzey sıcaklıklarının temsili gösterimi	45
Şekil 4.31. 3D contasız hava hacmi	46
Şekil 4.32. Atık gaz akım çizgileri.....	46
Şekil 4.33. 3D contalı hava hacmi	47
Şekil 4.34. Atık gaz akım çizgileri.....	47
Şekil 5.1. Alüminyum eşanjör montajı	50
Şekil 5.2. Alüminyum eşanjör montajı ve kesiti	51
Şekil 5.3. Yanma odası üst kapağı	51
Şekil 5.4. Brülör	52
Şekil 5.5. Sarmal (coil) su borusu	52
Şekil 5.6. Yönlendirici (cam yünü).....	53
Şekil 5.7. Üst kollektör üst kapak	53
Şekil 5.8. Grafit conta	54
Şekil 5.9. Üst kollektör alt kapak.....	54
Şekil 5.10. Boru demeti.....	55
Şekil 5.11. Yönlendirici (yoğuşma bölgesi).....	55
Şekil 5.12. Alt kollektör üst kapak.....	56
Şekil 5.13. Alt kollektör alt kapak	56
Şekil 5.14. Dış gömlek.....	57
Şekil 5.15. Bağlantı parçaları	57
Şekil 5.16. Baca gazı ve yoğuşma suyu tahliye aparatı	57

	<u>Sayfa</u>
Şekil 5.17. Hava hacmi kesiti.....	58
Şekil 5.18. Atık gaz akım çizgileri.....	59
Şekil 5.19. ANSYS analizi için hazırlanan kollektör kesiti.....	59
Şekil 5.20. ANSYS mesh modellemesi	60
Şekil 5.21. Üst kollektörde oluşan deformasyon	60
Şekil 5.22. Alt kollektörde oluşan deformasyon.....	61
Şekil 5.23. Kollektörde oluşan deformasyonun kesit görüntüsü	61
Şekil 5.24. Kollektörde oluşan eşdeğer gerilme.....	62
Şekil 5.25. Kollektörde oluşan eşdeğer gerilmenin kesit görüntüsü.....	62
Şekil Ek.A.1. ANSYS modellemede geometrik özellikler	74
Şekil Ek.A.2. ANSYS modellemede mesh özellikleri.....	74
Şekil Ek.A.3. Alüminyum malzemenin mekanik özellikleri	75
Şekil Ek.A.4. Alüminyum malzemenin termal özellikleri.....	75
Şekil Ek.A.5. Alüminyum malzemenin değişken gerilme oranları	76

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1. Ayna hesabı.....	10
Çizelge 4.1. Alüminyum ve paslanmaz malzemenin avantaj ve dezavantajları	34

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

A	: ısı geçiş alanı (m ²)
c _p	: sabit basınçta özgül ısı (kJ/kg °C)
D	: boru çapı (m)
°D	: alman sertlik derecesi
L	: boru boyu (m)
pH	: power of hydrogen
q	: ısı geçiş miktarı (kW)
Q	: toplam ısı miktarı (kW)
Re	: Reynolds sayısı
T _w	: ortalama su sıcaklığı (°C)
U	: toplam ısı geçiş katsayısı (W/m ² °C)
V	: akışkanın hızı (m/s)
Δp	: basınç düşümü (Pa)
ΔT	: sıcaklık farkı (°C)
Ṁ	: akışkanın hacimsel debisi (m ³ /s)
ρ	: akışkan yoğunluğu (kg/m ³)
λ	: sürtünme katsayısı
μ	: akışkanın dinamik viskozitesi (Pa.s)

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Dünya nüfusundaki artışına paralel olarak enerji kaynaklarının kullanımında da farklılıklar görülmektedir. Yaygın olarak kullanılan enerji kaynaklarını ise petrol, doğalgaz, kömür gibi yenilenemeyen fosil yakıtlardır [1-3].

Fosil kökenli yakıtlar yenilenemeyen kaynaklar olduğu için hızla tükenmektedir. Bu yüzden fosil yakıtların kullanımında verimli ve tasarruflu kullanım çok büyük önem arz etmektedir [1-3].

Türkiye’de kullanılan fosil yakıtları oluşturan enerji kaynaklarının sınırlı olması, bu kaynakların kullanımında tasarrufu ve verimliliği zorunlu kılmaktadır. Bu yüzden özellikle ısı sektöründe daha az ve verimli enerji kaynağı kullanmak için enerji kaybını önleyici tedbirler alınmıştır [1-3].

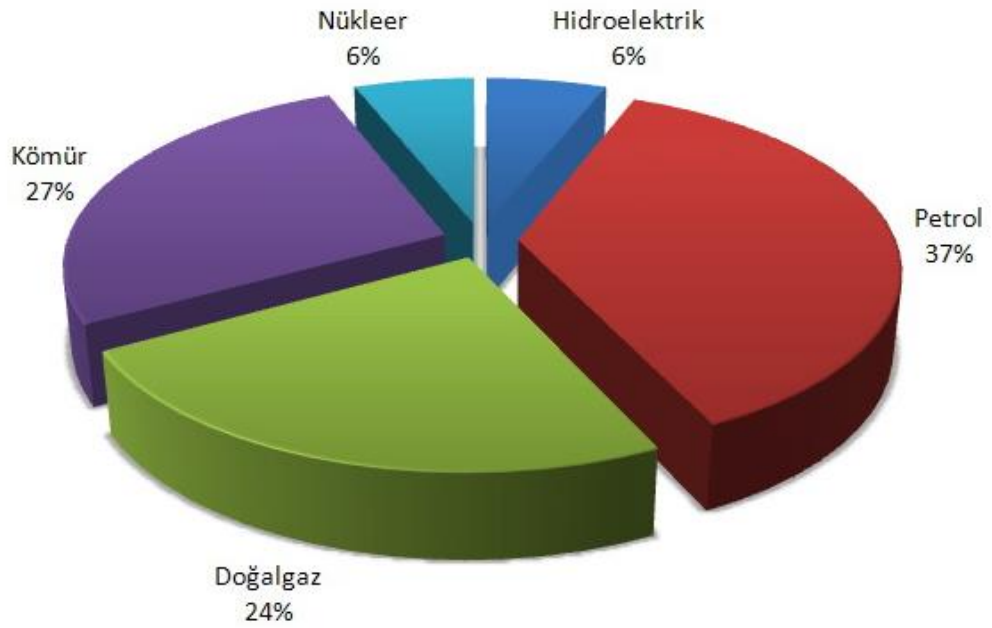
Ekonomik etkenlerin dışında fosil yakıtların yanmada kullanılması sonucu oluşan atık gazlar atmosferi kirleterek sera etkisi yaratmaktadır. Oluşan çevre problemleri insan sağlığını tehdit etmekte, ekolojik dengenin bozulması gibi kısa ve uzun vadeli etkiler yaratmaktadır [1-3].

Ekolojik dengenin bozulması üzerine çevre üzerine gösterilen hassasiyet sürekli artmaktadır. Çevre kirliliği insanlığın en önemli konulardan biri olmuş, bu kirlenmenin önlenmesi ve çevrenin korunması ulusal sınırları aşan bir boyut kazanmıştır [4].

Uluslar arası anlaşma, sözleşme ve hukuki düzenlemeler ülkeler nezdinde çeşitli hukuki düzenlemeleri, yaptırımları ve yükümlülükleri getirmektedir. Uluslar arası

sözleşmeler, ülkenin gelecekte zor şartlar altına girmemesi ve rekabet ortamının devamlılığı açısından dikkat edilmesi gereken bir diğer önemli husustur [5].

Bütün bu etkenler göz önünde bulundurulduğunda enerji sektöründe doğalgazın ön plana çıktığı görülmektedir. Çünkü doğalgaz kirletici emisyonu az olan bir gazdır. Endüstri ve ısınma alanında yaygın olarak doğalgaz kullanılmaktadır.



Şekil 1.1. 2012 Türkiye birincil enerji arzı [6].

Isınma amaçlı doğalgaz kullanımı ile birlikte, doğalgaz sobaları, kombiler, merkezi sistemler vb., geliştirilmiştir. Bu amaçla doğalgazdan daha fazla verim alabilmek ve doğalgazın daha ekonomik olması için sürekli iyileştirmeler yapıp doğalgazla ilgili yeni tasarımlar geliştirilmektedir [1].

Doğalgaz sobalarını takiben insanlar tarafından kullanılan kombiler, bireysel ısıtma sistemleridir. Daha yüksek verimler elde etmek, enerji tasarrufu sağlamak için bu sistemler geliştirilmiştir. Merkezi sistemlerde, yüksek kapasitelere ulaşmak için kaskad ve kazan tasarımları değiştirilmiş, yeni geliştirilen sistem parçaları ile verimli yanma sağlanmıştır.

Isı sistemlerinin önemi arttıkça beraberinde eşanjörlerinde (ısı değiştirgeçleri) önemi artmıştır. Isıl değiştirgeçleri, mühendisliğin temel konuları olan malzeme, mukavemet, termodinamik, akışkanlar mekaniği ve konstrüksiyon alanlarının hepsini içinde bulunduran bir uygulama alanıdır. Dolayısı ile bu konuda yeni tasarımlar ortaya çıkarılabilir.

Bu amaçla, ısıl değiştirgeçlerin, günlük hayattaki önemi ve ekonomik katkısı düşünöldüğünde tasarımı büyük titizlikle yapılmalıdır. Tasarım yapılırken teorik nümerik hesaplamaların yanında bilgisayar destekli programlar yardımıyla doğruya en yakın analizler yapılmalıdır. Bu analizler deneyler ile doğrulama yapılırken en ekonomik ve en verimli ısı değiştirgeçler tasarlanmalıdır.

Bugüne kadar yapılan çalışmalar genellikle sanayi tipi ısı değiştirgeçler, soğutma sistemleri ve bireysel ısıtma sistemleri üzerine yapılmıştır. Merkezi ısıtma sistemlerinde kullanılan sarmal ısıl değiştirgeçler hakkında diğerlerine oranlarına daha az çalışma bulunmaktadır.

Bu çalışmada tasarlanan ısıl değiştirgeç, literatür araştırmasının yanında, piyasadaki birçok ürün ve sistem benchmark çalışması yapılarak incelenmiştir. Benchmark ürünleri bilgisayar ortamında 3D olarak çizilmiştir. Bu sayede oluşturulacak tasarım için birçok veri elde edilmiştir.

Ayrıca 3D tasarımlar sayısal analizlerin yapılması için de büyük önem arz etmektedir. Deneysel çalışmaların sonucunda alınan değerler sayısal analizlerde 3d modellere girdi olarak uygulanmıştır. Sayısal analizlerin sonuçlarından elde edilen avantajlar ve dezavantajlar, yeni tasarımın oluşturulmasına ışık tutmuştur.

Benchmark çalışmalarının yanı sıra farklı sıcaklıklar ve malzemeler kullanılarak Türk Demir Döküm Fabrikaları A.ř. laboratuvarlarında testler de yapılmıştır. Bu sayede ürünler farklı değerlerde kıyaslanmıştır. İki farklı malzemenin kıyaslaması yapılarak, deneyler ile doğrulanmıştır.

Sayısal analizlerin sonucunda deneyler ile anlaşılamayan, ölçümü yapılamayan bilinmeyenlere çözüm bulunmuştur. Atık gazın izlediği yol, sistemdeki ölü noktalar, kullanılan ekipmanların ne kadar verimli olduğu ya da ne işe yaradığı görsel olarak belirlenmiştir.

Bu çalışma ile farklı bir ısı değiştirgeci tasarlanmıştır. Benchmark ürünlerinden elde edilen veriler doğrultusunda sarmal ve kanatlı yapıdan oluşan iki farklı yapı tek bir eşanjörde bir araya getirilmiştir. Malzeme, tasarım ve ısı transferi yönü ile ekonomik, verimli ve servis edilebilir bir ürün oluşturulmuştur. Bu çalışma tasarım yönüyle birçok çalışmaya kaynak oluşturacaktır.

BÖLÜM 2

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Günümüzde ısı değiştirgeçler aktif ve yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Isı değiştirgeçler ile ilgili malzeme, termodinamik, akışkanlar mekaniği, sayısal analiz, tasarım alanlarında bilimsel çalışmalar bulunmaktadır ve bu çalışmaya ışık tutup birçok konuda yardımcı ve yol gösterici olacaktır.

1996 yılında kombilerde atık gazlardaki su buharının taşıdığı ısının değerlendirilmesi üzerine Kuck çalışmalar yapmıştır ve bu çalışmalarında yoğuşma ısısından faydalanma olanaklarını hesaplayarak patent almıştır [7].

Standart $k-\epsilon$ türbülans modeli kullanarak akışkan ve akış alanını 1997 yılında simüle eden Torii, simülasyon sonucu transport denklemlerinde kullanılan sabitleri nümerik olarak bulmuştur [8].

Lamel konfigürasyonunda ki değişiminin hava soğutmalı kondenser ve sıvı soğutuculardaki ısı transfer kapasitesine etkisi araştıran Lozza ve Merlo, 2001'de aynı lamel geometrisi, boru çapı ve hatveye sahip sadece yüzey geometrisi değiştirilerek 15 adet prototip yapmışlardır. Yaptıkları prototipler de lamel yüzeyleri düz, dalgalı ve değişik konfigürasyonlarda ki patlatmalı yüzeylerdir.

Deneysel olarak yapılan çalışmalarda ısı transfer katsayısının; hava ile lamel arasındaki konveksiyon, lamel verimliliği, boru ile lamel arasındaki direnç ve bakır boru kondüksiyon direncine bağlı olduğunun üzerinde durmuşlardır. Hava ile lamel arasındaki ısı transfer katsayısının belirlenmesi hakkında kısaca bilgi vermişlerdir.

Boru iletim direnci boru-lamel arasındaki direnç ihmal edilerek literatürde yer alan basit formüllerle hesaplamışlardır. Kanat verimi de yine literatüre uygun olarak

hesaplamışlardır. Hava ile kanat arasındaki ısı transfer katsayısı boyutsuz $j=j(Re)$, $j=Nu.Pr^{-1/3}.Re^{-1}$ sürtünme katsayısı f basınç kaybı, Reynolds sayısı hidrolik çap ve sıra sayısı aynı olarak alınıp değerlendirilmişlerdir. Sabit olarak alınan özellikler; boru dizilimi 25x21,65 mm, boru çapı 9,52 mm, lamel aralığı 2 mm, lamel kalınlığı 0,11 mm şeklindedir.

Bu çalışmanın sonuçları göre, boruların genişletilerek lamel ile arasında ki temasta ya da patlamalı lamellerde patlama yüzeylerinde lamel kalınlıkları ve köşe detaylarında yeterli hassasiyet sağlanmadığı durumlarda istenilen kanat verimliliğine ulaşamadığı görmüşlerdir [9].

2004 yılında su ısıtıcılarında yanma sonucu oluşan atık gazların sıcaklığının oldukça yüksek olduğunu belirleyen Defu ve arkadaşları, atık gaz yolu ile dış ortama yüksek seviyede ısı enerjisi veren konvansiyonel su ısıtıcıları üzerine çalışmışlardır. Yoğuşmalı eşanjör kullanarak boyler veriminin % 10 kadar arttığını görmüşlerdir.

Farklı tasarımlar kullanarak boyler verimini artırmak için geri kazanılacak ısı verimini hesaplamışlardır. Sonuç olarak yoğuşmalı eşanjör kullanarak konvansiyonel sistemde doğal gazın yanması sonucu gaz sıcaklığının 40–55 °C aralığında olduğunu açıklamışlardır [10].

Kanatlı borulu ısı değiştirgecinde çapraz akışın sıcaklık ve hız üzerine etkilerini 2004’de Mon ve Gross incelemiştir. Çalışmalarda bazı kabuller yapmışlardır. Bunlar; boru sıcaklığının sabit olması ve havanın kuru olmasıdır. Geometrik özelliklerin etkisi sayısal olarak incelemişler ve en etkili boru dizimi araştırmışlardır. Yapılan sayısal çalışmalarda Reynolds sayısı aralığını geniş tutarak ısı transferi ve basınç kaybı ile ilgili birçok korelasyon çalışması yapmışlardır [11].

Eliptik, düz kanatlı borulu bir eşanjörde kanat geometrisinde ki değişimlerin ısı transferi ve basınç düşümüne etkisini 2005 yılında yaptıkları çalışmada sayısal olarak inceleyen Erek ve arkadaşları, sayısal çalışmalarını fluent programı ile yapmışlardır. Modellemede kanadın yüzde onu çizmişler ve simetri koşulu kullanmışlardır. Giriş kısıtları olarak kütleli $1,904 \times 10^{-5}$ kg/s ve sıcaklığı 1500 K olarak tanımlamışlardır.

Geometrik değişiklikleri modele yansıtarak, 10 farklı model oluşturmuşlardır. Bu değişikliklerden faydalanarak sıcaklık ve hız dağılımlarını incelemişlerdir. İncelemelere göre kanatlar arası mesafenin basınç düşümüne ciddi bir etkisi olduğu bulmuşlardır. Boruların eliptiklik oranının ısı transferi ile doğru orantılı olarak arttığını, basınç düşümünde ise ters orantılı bir şekilde azaldığını görmüşlerdir [12].

Kim vd. (2005) yaptıkları çalışmada; düz plakalı kanatlı borulardan oluşan eşanjörlerin tasarımındaki kanat eğimlerini deneysel bilgilerden sağladıkları verilerle optimize etmeye çalışmışlardır. Deneysel yirmi iki adet ısı eşanjörünü farklı kanat eğimi, boru sıra sayısı ve boru hizasını test etmişlerdir. Sonuç olarak boruları basamak şeklinde dizmenin sıralı hizaya getirmeye göre ısı transferini yüzde on daha fazla verim sağladığını bulmuşlardır [13].

2006 yılında Şahin ve arkadaşları 2 lamel arasında kanat yüksekliğinin boru çapına oranını 0,365 modelleyerek, tek borulu ısı değiştiricisinde akış yapısını Reynolds sayısını 4000-7500 aralığında tutarak deneysel olarak incelemişlerdir. Anlık türbülanslı akış karakteristiğini PIV (particle image velocimetry) tekniği kullanılarak zaman ve faz ortalamalı olarak elde etmişlerdir. Ana ve ikincil akış arasındaki etkileşimi yatay ve dikey düzlemde ayrıntılı olarak incelemişlerdir [14].

Sanayide kullanılan yüksek kapasiteli doğalgaz kazanında NOx emisyonunu inceleyen Elshafei ve arkadaşları 2006 yılında NOx emisyon haritasını ve üretim miktarını belirlemek için 3 boyutlu sıcaklık dağılımını incelemişlerdir. NOx modellerini, Fluent programı ile sonlu hacimler metodu ile çok sayıda kontrol hacmi oluşturarak, üç boyutlu türbülans, yanma ve radyasyona göre çözümlenmişlerdir [15].

2008 yılında silindir şeklinde bir hacimden oluşan yanma odasında metan hava karışımının yanması sonucu oluşan radyasyonu dikkate alarak nümerik çalışma yapan Bidi ve arkadaşları, yapılan bu çalışmada standart k-e türbülans modeli, enerji ve radyasyon denklemleri kullanarak türbülanslı yanma sonucunda radyasyon etkisinin sıcaklık ve derişikliği etkilediğini kanıtlamışlardır. Elde edilen nümerik sonuçlar ile deneysel sonuçlar kıyaslandığında radyasyon etkisi hesaba katıldığı

eğerler radyasyon etkisinin hesaba katılmadığı değerlere göre daha gerçekçi olduğu görülmüşlerdir [16].

2.1. MAKİNETO GENEL UYGULAMA YÖNTEMLERİ

Boruların bağlantı noktalarını genişleterek, boruyu içinden geçtiği plaka (ayna) deliklerinin i yüzeylerine sıvama yöntemidir. Uygulama alanı olarak, brülör kazanlarını, eşanjörleri ve tüm ısıtma soğutma sistemlerini sayılabilir. Ancak yapılan araştırmalarda yüksek kapasiteli kombilerde kullanılan sarmal yapılarda kullanılmamıştır [17].

Uygulama alanlarına bakıldığında genelde basınçlı kaplarda kullanılırlar. Aynı zamanda borular ile aynalar arasında iyi bir sızdırmalık elamanı görevi görürler. Bu sistemleri oluştururken bazı etkenlere dikkat etmek gerekmektedir [17].

2.1.1. Ayna Deliklerinin Hazırlanması

Boruların geçeceği yuvalar tam yuvarlak ve temiz işlenmelidir. Oval ve bozuk yüzey oluşma ihtimaline karşı raybalama, frezeleme ya da paso işlemleri ile delik düzeltme işlemleri yapılmalıdır. Bu yüzden matkap seçimi yaparken minimum 0.1-0.2 mm daha küçük çap seçilmelidir.

Yüksek basınç ve sızdırmazlık detaylarına göre ayna deliklerine kanal açılmalıdır. Kanal aımı sırasında oluşabilecek çapaklar için delik düzeltme işleminin yinelenmesi gerekmektedir. Açılan kanallar dışında oluşabilecek boyuna çizik, apak, tümsek ya da ezikler borunun temasını engelleyeceği için sızıntıya neden olacaktır. Bu yüzden delik yüzey kalitesi çok önemlidir [17].

2.1.2. Boruların Hazırlanması

Ayna ile temas edilecek boruların dikişsiz borudan seçilmesi gerekmektedir. Aksi durumda dikiş çapağı olan borular makineto ile birleştirilemez. Borular seçilirken

malzeme cinsine uygun Brinell sertliği seçilmelidir. Belli bir sertliğin üzerinde borularda çatlama ve pullanma oluşacağı gibi uygulama zorluğu da oluşacaktır.

Duruma göre boruların u kısımlarına yumuşatma tavı gerekebilir. Böylece boruya esnek bir yapı kazandırılarak daha kolay genişlemesi sağlanarak, çatlama ve pullanma gibi risklerin önüne geçilmiş olacaktır. Boru ağızları ve makineto çekilecek yüzeylerde apak, çizik, deformasyon gibi sorun yaratacak olumsuz koşullar giderilmelidir. Ayrıca boruların işleme tutulacak yüzeylerinde boya, vernik ya da yağ gibi unsurlar olursa işlem sonrasında sızdırmazlık sorunu çıkaracaktır. Bu yüzden makineto uygulanacak yüzeyler bu tür maddelerden arındırılmalıdır [17].

2.1.3. Yağlama

Proses başlamadan önce ayna ve borunun dış yüzeyi kesinlikle yağlanmamalıdır. Ama makineto ile temas eden borunun iç yüzeyi de kesinlikle yağlanmalıdır. Kk çaplı ve ince etli borularda SAE 10-20, büyük çaplı ve kalın etli borularda SAE 40 ya da grafitli gres yağı kullanılmalıdır. Yağ birikintisi istenmeyen durumlarda su bazlı yağlar tercih edilmelidir [17].

2.1.4. Makineto ekme Prensipleri

Ekseninde ve salgısız bir şekilde kullanılmalıdır. Makineto ayna deliklerini düzeltmek için kullanılmamalıdır. Darbeli alışan hava ya da elektrikli aletler kesinlikle kullanılmamalıdır. Darbesiz, tork ayarı yapılabilen, çift yönlü çalışan, değişken hızlı aletler seçilmelidir. Döndürme hızı ayarlanırken boru cinsi, çapı, et kalınlığı ve ayna kalınlığı dikkate alınmalıdır.

Proses esnasında makineto temizliğine ve aşınmalara karşı kontrol edilmelidir. Sağlam kısımların bozulmasına neden olabilir. En önemli husus ise boru cinsi ve genişletilme oranıdır. Aksi takdirde sızdırmazlık ya da tahribat söz konusu olabilir [17]. Boru cinsine göre et kalınlığını inceltme oranları:

- Karbon eliği : (%) 6-8

- Bakır – Bafon (CuNi) – Alüminyum : (%) 7-10
- Paslanmaz Çelik – Titanyum : (%) 4 – 5

Genişletme miktarına örnek verilirse:

1” x 14 gauge (25,4 x 2,1 mm) alüminyum boru ne kadar genişletilmelidir?

Çizelge 2.1. Ayna hesabı.

Ayna Delik Çapı	25,7	mm
Boru Dış Çapı	-25,4	mm
Boşluk	0,3	mm

Boru İç Çapı (25,4-(2,1x2))	21,2	mm
Boşluk	0,3	mm
Borunun Aynaya Temas Ettiğindeki İç Çap (A)	21,5	mm

% 8 x (2,10 x 2) (Boru etinin çift taraflı ezilme miktarı)	0,34	mm
Borunun Aynaya Temas Ettiğindeki İç Çap (A)	21,5	mm
Makinato İşlemi sonrası İç Çap	21,84	mm

BÖLÜM 3

ISITMA SİSTEMLERİ

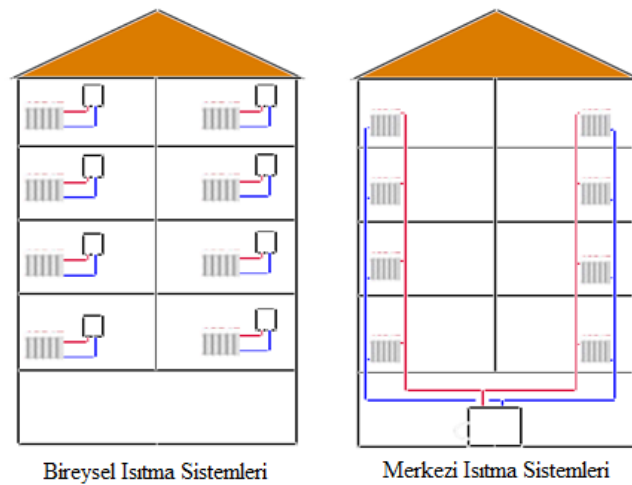
Eşanjör tasarımı yapabilmek için öncelikle ısıtma sistemlerini incelenerek, genelden öze inmek daha doğru bir yaklaşım olacaktır. Günümüzde ısıtma için birçok farklı yöntem kullanılmaktadır. Bunlar bir başlık altında ısıtma sistemleri olarak toplanabilir.

Isıtma sistemlerin kullanım amacına ve hedef grubuna göre sınıflandırılırsa;

- Bireysel Isıtma
- Merkezi Isıtma
- Bölgesel Isıtma

olarak üçe ayrılabilir.

Bu çalışmada, üç ana başlıktan bireysel ve merkezi sistemlerde kullanılan kombiler hedef noktası olacaktır.



Şekil 3.1. Bireysel ve merkezi ısıtma sistemleri [18].

Bireysel ısıtma sistemlerine kombiler, kat kaloriferleri, sobalar, şofben, termosifonlar ve ısı pompaları örnek olarak verilebilir. Merkezi ısıtma sistemlerine ise kaskad sistemler ve büyük kapasiteli kazanlar örnek verebilir. Her iki sistemde için de kombileri ele alınacaktır.

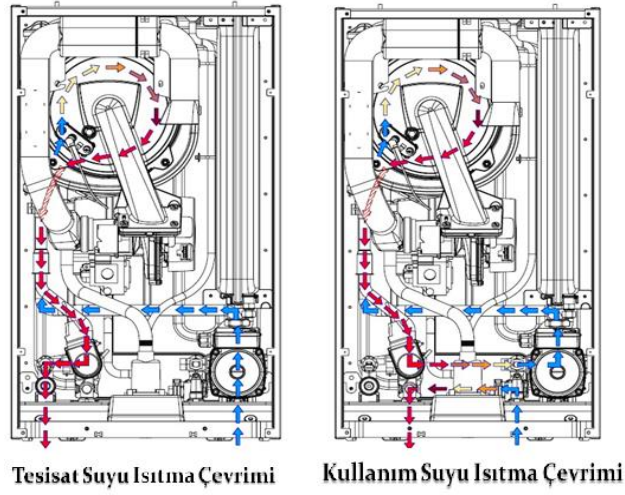
3.1. KOMBİLER

Konutların ya da işyerlerinin ısıtma ve sıcak su ihtiyaçlarını karşılayan cihazlar yakıt olarak LPG veya doğalgaz kullanmaktadır. Kombiler ismini İngilizce “Combi Boiler” (birleşik ısıtıcı)’dan almaktadır [1,19-22].

Kombiler duvara asılabilen, az yer kaplayan, gerektiğinde kolay taşınabilen, sessiz çalışan, kullanıcıya bağımsız ısınma konforu sağlayan cihazlardır. Ayrıca kombiler tek başlarına kullanılabildikleri gibi birden fazla kombinin seri bir şekilde bağlanması ile kaskad sistemler olarak da kullanılmaktadır. Kaskad sistemler ısı gereksinimi daha yüksek olan merkezi sistemlerde kullanılmaktadır. Kaskad sistemlerin ilk yatırım maliyeti bireysel kombilere göre daha yüksektir [1,19-22].

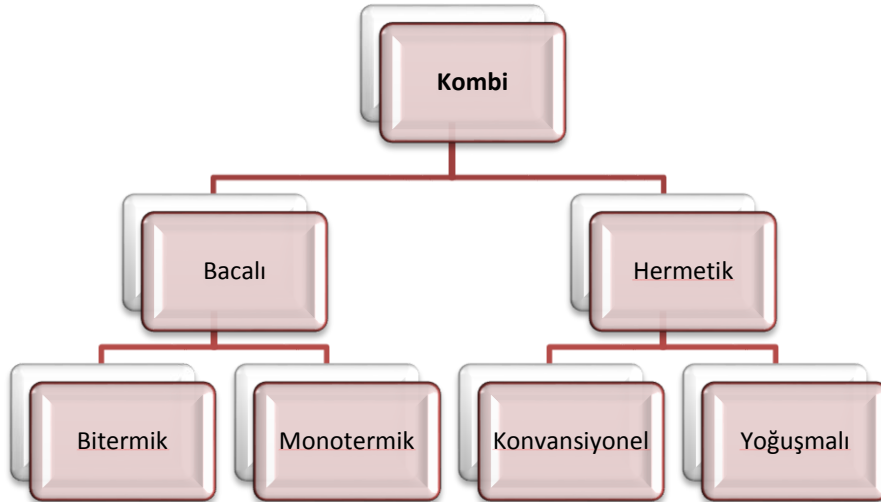
Kombilerin ana parçaları elektronik kart, pompa, üç yollu vana, brülör, ısı değiştirgeci, fan, genişleme tankı olmakla beraber, kontrol elemanları olan ntc, baca sensörü, akış şalteri gibi emniyet ekipmanlarından oluşmaktadır [1,19-22].

Yeni nesil kombi cihazlarda; atık gazın geri tepmesi, bünyesinde bulundurduğu suyun aşırı ısınması, yanma olayını gerçekleştiren alevin sönmesi, soğuk havalarda donmaya karşı ve kullanım esnasında oluşabilecek gaz kaçaklarına karşı, CE ve TSE standartlarının ön gördüğü her türlü önlem ve önleyici tertibat dikkate alınmıştır [1,19-22].



Şekil 3.2. Kombilerde su çevrimi.

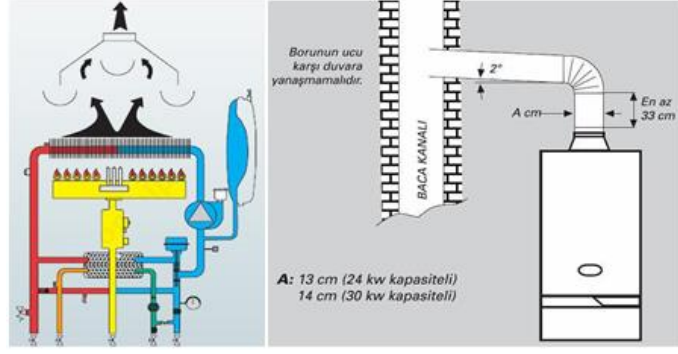
3.1.1. Kombi Çeşitleri



Şekil 3.3. Kombilerin sınıflandırılması.

3.1.1.1. Bacalı Kombiler

Bacalı kombiler, yanma işlemi için ihtiyaç duyulan havayı fan tertibatı kullanmadan bulunduğu ortamda ki havadan karşılar. Yanma olayı sonucu oluşan atık gaz dış ortama baca yardımı ile atılmaktadır. Bacalı kombilerde fan sistemi olmadığı için atık gaz çekiş gücü ve erozyonu yönünden baca sistemi standartlara uygun olmak zorundadır. Ayrıca bu tip uygulamalarda düzenli baca temizliği çok önemlidir. Şekil 3.4.' de bacalı kombilerin çalışma prensibi görülmektedir [1,19-22].

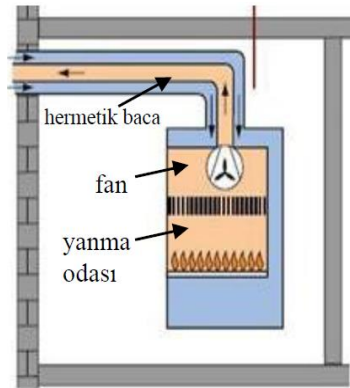


Şekil 3.4. Bacalı kombilerin çalışma prensibi ve baca bağlantı şekli.

3.1.1.2. Hermetik Kombiler

İzole edilmiş yanma odası sayesinde bulunduğu ortamın oksijenini kullanmayarak, iç içe yerleştirilmiş eş merkezli iki borudan oluşan baca yapısına sahip (hava geçirmez) kombilerdir. Hermetik kombiler fan yardımı ile gerekli oksijeni dış ortamdan eş merkezli borulardan dıştakinin yardımı ile alırlar ve yanma olayı sonucunda oluşan atık gazı eşmerkezli borulardan içteki boru vasıtası ile dış ortama atarlar. Maksimum baca boyu kombi kurulum aşaması için çok önemlidir. Maksimum baca boyundan fazla uzunluk kullanılmamalıdır [1,19-22].

Yanma olayında ortamda bulunan oksijen tüketilmediği için sağlıklı bir yöntemdir. Ayrıca kat kaloriferi ve şofbenin yaptığı işi tek başına yapacak şekilde tasarlanmışlardır. Verim, sağlamlık ve enerji açısından bacalı kombilere oranla daha güvenlidirler. Şekil 3.5.'de hermetik kombinin temel çalışma prensibi görülmektedir.



Şekil 3.5. Hermetik kombinin çalışma prensibi.

Konvansiyonel Kombiler

Konvansiyonel kombiler en bilindik hermetik kombilerdir. Halen evlerimizde büyük oranda kullanılan bu kombiler verim açısından oldukça düşük kombilerdir. Yanma verimi olarak %95'in altındadırlar [1,19-22].

Konvansiyonel kombilerde iki tip eşanjör bulunur. Bu eşanjörlerden birincisi alev ile direkt temas eden brülörün hemen üstünde yer alan “ Primer “ eşanjördür. Diğeri ise “Plakalı” eşanjördür. Plakalı eşanjörler primer eşanjörlerden beslenirler. Su, yanma olayı sonucunda ilk olarak primer eşanjörde ısı transferi ile belli bir sıcaklığa ulaşır. Bu sıcak su ile plakalı eşanjöre giren şebeke suyu ısıtılarak kullanım suyu olarak sisteme verilir. Bu görevinden ötürü plakalı eşanjöre “ Sekonder” eşanjör de denilmektedir [1,19-22].

Konvansiyonel kombiler zamanla yerlerini yoğuşmalı kombilere bırakacaktır. Avrupa da bu durum zorunlu hale getirilirken ülkemizde de zamanla zorunlu hale getirilecektir.

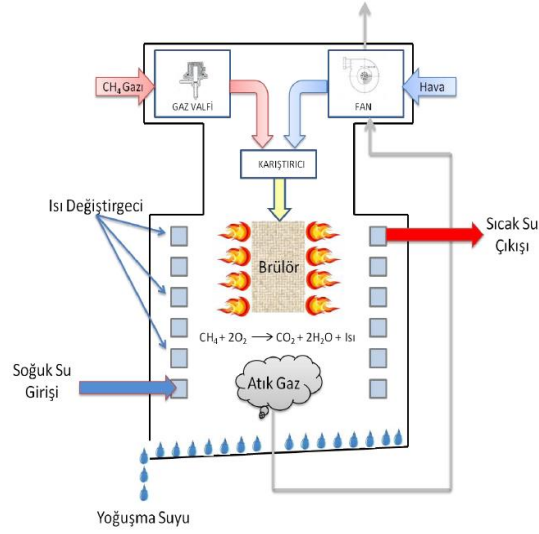
Yoğuşmalı Kombiler

Doğalgazın yanması sonucunda ortaya çıkan enerji ile birlikte “ karbon monoksit gazı” (CO) ve “azot gazı” (NOx) atık gaz olarak açığa çıkmaktadır. Açığa çıkan bu atık gazların sıcaklığından yararlanmak için yoğuşmalı kombiler tasarlanmıştır.

Yoğuşmalı kombilerde atık gaz yanma odası içinde hareket ederken turbo eşanjör sistemi ile atık gazın sıcaklığı düşürülmektedir. Sıcaklığın düşmesiyle oluşan su buharındaki ısı enerjisi sisteme geri kazandırılarak yüksek verim elde edilmektedir.

Yoğuşma tekniği kullanılan kombilerin standart kombilere göre başlıca farkı, baca gazındaki su buharının yoğuşması sonucu ortaya çıkan gizli ısısının bir kısmının kullanılması prensibidir. Yoğuşma esnasında yakılan 1 m³ doğalgaz başına yanma şartlarına bağlı olmakla birlikte yaklaşık 1,5 – 1,7 kg arasında su oluşmaktadır. Bu enerji gizli ısı olarak anılmaktadır. Yoğuşmasız kombilerde bu ısı, su buharı ile

bacadan dışarı atılmaktadır (Şekil 3.6.). Yoğuşma sonucu oluşan su, özel bir tahliye borusu ile dışarı atılmaktadır.



Şekil 3.6. Yoğuşmalı kombinin çalışma prensibi.

Baca gazı sıcaklıkları klasik konvansiyonel kazanlarda 200–250 °C iken bu değer yoğuşmalı kazanlarda 50-60 °C arasındadır. Aynı durum kombiler içinde söz konusudur. Konvansiyonel kombilerde baca gazı çıkış sıcaklığı 120-140 °C'nin üzerindedir. Yoğuşmalı kombilerde ise 50-60 °C arasındadır. Verim olarak da % 107-108 yüksek verim değerlerine sahiptirler [1,19-22].

3.2. YÜKSEK KAPASİTELİ SİSTEMLER

45 kW'a kadar ısı yüküne sahip olan bireysel ısıtma sistemlerinin yanında 45 kW ve üstü değerlerde ısı yüküne sahip sistemler yüksek kapasiteli sistemler olarak adlandırılmaktadır. Bu sistemler, yüksek kapasiteli yoğuşmalı kombiler ve kazanlar olarak sınıflandırılmaktadır. Genellikle merkezi sistemlerde kullanılmaktadırlar. Bu ürünlerinde verim aralığı % 107-108 arasında değişmektedir. Bireysel ısıtma sistemlerinden farklı olarak kullanım suyu içermezler [1,19-22].

3.2.1. Yüksek Kapasiteli Yoğuşmalı Kombiler

45-180 kW ısı yüküne sahip yüksek kapasiteli yoğuşmalı kombilerdir. Farklı eşanjör tiplerine sahiptirler. Fan yardımı ile doğalgaz ve taze hava karıştırılır. Brülör

yardımı ile bu gaz karışımı yanma reaksiyonuna tabi tutulur. Yanma reaksiyonu sonucu ortaya çıkan ısı enerjisi iletim, taşınım ve ışınım yolu ile ısı değiştirgecinden suya transfer edilir. Atık gazın içinde bulunan su buharının sıvı faza dönüşmesi sonucu elde edilen ısı soğuk suyun ön ısıtmasında kullanılır. Yoğuşma olayı sonucu oluşan su drenajdan tahliye edilir. Yanma sonucu oluşan atık gaz ise atık gaz bacasından tahliye edilir. Baca gazı sıcaklığı ise 50-60 °C aralığındadır.

Yüksek kapasiteli kombiler genellikle kaskad sistemi olarak kullanılmaktadır. Kombiler birbirlerine bağlanarak oransal olarak çalışmaktadır. Sekiz adet kombi birbirine bağlanarak kullanılabilir. Ana kontrol ve bunun kontrol ettiği kombiler şeklinde çalışan sistemlerdir. İstenilen sıcaklık değerine ulaşmak için ana kontrol kombisi % 100 çalışır. Eğer istenilen kapasiteye ulaşamazsa diğer kombileri belli bir sistematiğe uygun olarak çalıştırır ve devre dışı bırakır. Kaskad sistemlerde kapasite tüm kombilerin kapasitelerinin toplamına eşittir. Şekil 3.7.'de kaskad sistemlerin şematik görüntüsü yer almaktadır [1,19-22].



Şekil 3.7. Yüksek kapasiteli kombinin kaskad sistem uygulaması.

3.2.2. Yüksek Kapasiteli Kazanlar

Konutlarda kullanılan kat kaloriferleri sıvı ya da gaz yakıtlı olarak üretilmektedirler. Gaz yakıtlı olanlar, atmosferik ya da üflemlü brülörlüdür. Kazan içerisinde istenilen

sıcaklıkta ısıtılan tesisat suyu, bir pompa yardımıyla odalardaki radyatörlere gönderilir ve mahal ısıtması yapılır. Kat kaloriferleri ani su ısıtıcısı veya boyler yardımıyla sıcak su ihtiyacını da karşılamaktadırlar (Şekil 3.8.) [1,19-22].



Şekil 3.8. Yüksek kapasiteli kazanlar.

3.3. EŞANJÖRLER (ISI DEĞİŞTİRGEÇLER)

Eşanjörler değişik sıcaklıklardaki iki ya da daha fazla akışkanın birbirine karışmadan, bir akışkandan diğer akışkana ısı geçişini sağlayan cihazlardır. Genelde akışkanlar birbirlerinden bir ısı transfer yüzeyi ile ayrılırlar ve bu sayede birbirlerine karışmazlar.

Eşanjörlerin kullanım alanları çok geniştir. Proses, petrokimya, enerji santralleri, bina ısıtma-soğutma, klima santralleri, soğutma, gemi inşaatı, kağıt üretimi, atık su, ısı geri kazanımı ve endüstriyel sektörde yaygın olarak kullanılmaktadır. Günlük yaşamda kullanılan en yaygın örnek olarak araba radyatörleri, spirit klima serpantinleri, hava ısıtıcıları, kombiler ve yağ soğutucular olarak sıralanmaktadır.

Mühendislik uygulamalarında eşanjörler kullanıldığı alana göre tasarımı büyük önem taşımaktadır. Bu yüzden de tasarım aşamasında dizayn ve optimizasyon temel taşlardır. Bu temel taşlar üzerinde pek çok parametre etkilidir. Eşanjörlerin konstrüksiyonu, çalışma parametreleri (sıcaklıklar, debiler, basınç düşümleri), akışkanların çeşitleri, fazları, ekonomik faktörleri ve ısı transferi eşanjörlerin tasarımında ve alınan verim değerlerinde bire bir etkilidir. Bu yüzden eşanjörler bütün bu etkenlere göre sınıflandırılmaktadır [23-26].

3.3.1. Eşanjörlerin Sınıflandırılması

Endüstriyel tip eşanjörler aşağıdaki etkenlere göre sınıflandırılır [23-26].

- a. Konstrüksiyona Göre Eşanjörler
- b. Isı Transferi Prosesine Göre Eşanjörler
- c. Yüzey Yoğunluğuna Göre Eşanjörler
- d. Geçiş Çeşitliliğine Göre Eşanjörler
- e. Akışkan Sayısına Göre Eşanjörler
- f. Isı Transfer Düzenine Göre Eşanjörler

3.3.1.1. Konstrüksiyona Göre Eşanjörlerin Sınıflandırılması

Konstrüksiyona göre eşanjörler dörde ayrılır.

- a. Borulu Eşanjörler
 - Çift Borulu Eşanjör
 - Gövde Borulu Eşanjör
 - Plaka Tipi Yönlendirici Eşanjör
 - Rod Tipi Yönlendirici Eşanjör
 - Burgulu Borulu Eşanjör
- b. Plakalı Eşanjörler
 - Contalı Plakalı Eşanjörler
 - Kaynak Plakalı Eşanjörler
 - Spiral Plakalı Eşanjör
 - Lamel Tipi Eşanjör
- c. Genişletilmiş Yüzeye Sahip Eşanjörler
 - Finli Borulu Eşanjör
 - Finli Plakalı Eşanjör

- d. Rejeneratörler
- Sabit Matris Eşanjör
 - Döner Tip Eşanjör

Borulu Eşanjörler

Borulu eşanjörler genellikle dairesel kesitli borulardan yapılan eşanjörlerdir. Bu tip eşanjörler genellikle yüksek basınçlarda kullanılırlar. Çünkü dairesel kesitli borular diğer şekilli borulara göre daha yüksek basınçlara dayanıklıdır. Çalışma mantığı ise bir akışkan boru içinden geçerken diğer akışkan borunun dışından geçmektedir. Böylece iki akışkan arasında ısı transferi gerçekleşmektedir.

Üretimi en esnek eşanjör şeklidir. Boru çapı, boru sayısı, boru uzunluğu, boru adımı ve boru düzenlemesi tasarım aşamasında hesaplanarak yapılmaktadır [23-26].

Çift Borulu Eşanjör

En basit eşanjör tipi olarak gösterilmektedir. Küçük çaplı bir borunun daha büyük çaplı bir boru içerisinden geçirilerek oluşturulan sistemlerdir. İstenilen değerlerde sıcaklık farkını ve basınç düşümü karşılamak için paralel ve seri kombinasyonlar kullanarak tasarım yapılmaktadır.

Kullanım alanları ise küçük transfer alanlarının gerektiği proses akışları içindir. Malzeme seçimine göre sıcaklık aralığı değişebilir. Maksimum etkinlik $e=0.9$ 'dur [23-26].

Gövde Borulu Eşanjör

Endüstriyel alanda kullanılan en yaygın eşanjördür. Boru eksenini gövde eksenine paralel olacak şekilde büyük silindirik bir gövde içine paralel şekilde yerleştirilmesinden oluşmaktadır. Bu eşanjörlerde akışkanlardan biri boruların içinden geçerken diğeri boruların dışından paralel ya da çapraz olarak geçmektedir. Yapısal olarak incelediğimizde boru demeti, gövde ve her iki uçta bulunan aynalar

ile aynalar arasındaki akışı yönlendiren ve borulara destek amaçlı kullanılan şaşırtma levhaları ile destek çubuklarından oluşur. Isı transferi, basınç düşümü, imalat yöntemleri, korozyon, kirlilik ve temizleme yöntemlerine göre gövde, boru tasarımı yapılmaktadır [23-26].

Burgulu Borulu Eşanjör

Bir gövde içine bir ya da birden fazla borunun spiral bir şekilde yerleştirilmesinden oluşturulur. Spiral bir boruda ısı transfer kat sayısı düz bir boruya oranla daha fazladır. Kullanım alanları genellikle havuz ve depolardaki akışkanların sıcaklık kontrolü içindir. Serpantin adımı, çapı ve alanı tasarım aşamasında belirlenir. Küçük depo hacimlerinde destek gerekmezken büyük hacimlerde desteğe ihtiyaç duyulmaktadır. Boruların iç temizliği çok zor olduğu için tasarım aşamasında temiz akışkan kullanımı dikkate alınması gerekmektedir [23-26].

Plakalı Eşanjörler

Isı transferinin ince metal levha yüzeylerinden olduğu eşanjörlerdir. Bu metal yüzeyler düz ya da dalgalı oluklar halinde sıkıştırılarak kanatlar arasından akış sağlanmaktadır. Boru tipi eşanjörlere göre daha düşük basınç ve sıcaklıklarda çalışmaktadır. Ancak daha yüksek toplam ısı transferi katsayısına sahiptirler. Kendi içinde dört grupta incelenmektedirler [23-27].

Contalı Plakalı Eşanjörler

Genellikle 0.5 ile 1.2 mm aralığında ki ince metal levhalar arasında 5-6 mm kadar boşluk kalacak şekilde bir çerçeve içine sıkıştırılması sonucu oluşturulan metal levha paketleridir. Plakalar arası akışın sağlanabilmesi için plakaların dört köşesinde delikler açılmıştır. Plakalar arasındaki soğuk ve sıcak akışkanların birbirlerine karışmasına önlemek için plakalar arası birleştirmelerde conta kullanılmaktadır. Plakalara verilen dalga şekilleri ile rijitlik sağlanarak ısı transfer yüzey alanı artırılmıştır [23-27].

Kaynak Plakalı Eşanjörler

Plakalar birbirlerine bakır veya nikel kaynakla birleştirilmektedir. Bu yöntem sayesinde karmaşık olmayan, hafif ve çok daha fazla kompakt bir eşanjör elde edilmektedir. Kullanım esnasında plaka eklenmesi ve çıkartılması mümkün olmadığı için eşanjör kapasitesinin ayarlanması mümkün değildir.

Sızdırmazlık için conta kullanılmadığı için ısı transferi yönünden ölü alan yoktur. Bu sayede eşanjörün % 95'i ısı transferinde kullanılmaktadır. Borulu ve contalı eşanjörlere göre daha yüksek kapasiteye sahiptirler. Fiziksel özellikler (ağırlık ve hacim) açısından borulu eşanjörlere göre çok daha ergonomiktir ve bu sayede % 80 ile % 90 oranında fiziksel avantaj sağlamaktadır. Yüksek türbülanslı akışa sahip oldukları için 1 °C sıcaklık farkında bile yüksek ısı transferi sağlamaktadırlar. Yüksek ısı transfer katsayısı ve verime sahip olduğu için diğer eşanjörlere oranla daha az akışkan kullanılmaktadır. Türbülanslı tasarım sayesinde kendi kendini temizleme özelliğine sahiptirler [23-27].

Spiral Plakalı Eşanjör

İki uzun paralel levhanın aralarına konulan sapmalar ile düzgün bir boşluk yaratılarak spiral şekilde sarılması sonucu oluşmaktadır. Levhaların iki tarafı sızdırmazlık için contalı bir kapak ile kapatılır. Çeşitli akış figürasyonları kullanılarak akışkanlar birbirine ters yönde ve paralel olacak şekilde tasarlanmaktadır. Temizlenmesi kolay olduğu için tortu oluşturabilecek akışkanlar için tercih sebebi olmaktadır [23-27].

Lamel Tipi Eşanjör

Yassılaştırılmış boruların (lamellerin) bir demet haline getirildikten sonra bir gövde içine yerleştirilmesi sonucu oluşan eşanjörlerdir. Lameller demet haline getirilirken nokta veya elektrik kaynağı ile birleştirilmektedir. Akışkanlardan biri lamellerin içinden akarken diğeri lamellerin arasından akmaktadır. Gövde içinde lamellerin dışında yönlendiriciler yoktur. Duruma göre akışkanlar birbirlerine ters veya paralel

şekilde akmaktadır. Hidrolik çap küçük olduğundan büyük ısı taşınım katsayılarına ulaşılmaktadır. Kullanılan conta malzemesine göre farkı sıcaklıklarda kullanılmaktadırlar [23-26].

Genişletilmiş Yüzeye Sahip Eşanjörler

Isı transferi yüzey alanını artırmak için ısı transfer yüzey alanında (boru ya da lamel) kanat, fin veya başka çıkıntılar kullanılarak tasarlanan eşanjörlerdir. Genellikle gaz-gaz ya da gaz-sıvı akışkanları için kullanılmaktadır. Akışkan olarak gaz-sıvı kullanılan sistemlerde gaz tarafındaki ısı transfer katsayısı sıvı tarafındakinden düşük olduğu için kanatlar gaz tarafında kullanılmaktadır [23-26].

Finli Borulu Eşanjör

Isıtma, soğutma veya nem almak için havanın şartlandırılması da çıplak borulu ya da kanatlı (finli) borulu eşanjörler kullanılmaktadır. Günümüzde birçok eşanjör uygulamasında kanatlı borular kullanılmaktadır.

Çıplak borulu eşanjörlere oranla daha az hacim kapladıkları için daha hafif ve ekonomiktirler. Finli boruların dış yüzey alanı borunun iç yüzeyine oranla çok daha fazladır. Finler borunun dış yüzeyinde boru eksenine dik, paralel, çapraz ve helisel olarak sabitlenmektedir.

Borular ve fin malzemeleri genellikle bakır, alüminyum, çelik, paslanmaz çelik, kızıl pirinçlerden seçilmektedir. Finlerin borular ile teması genellikle mekanik yöntemler ile yapılmaktadır. Finler ile boru yüzeyleri arasında açıklık kalmamalıdır. Hatta birçok sistemde ovalama ve talaş kaldırma yöntemleri kullanılmaktadır [23-26].

Finli Plakalı Eşanjör

Düşük sıcaklık gereksinimi olan, akışkanlar arası sıcaklık farkının yaklaşık olarak 1 ile 5 °C arasında olduğu sistemlerde kullanılmaktadır. Tasarımlarına bağlı olarak paralel, ters ve çapraz akışlar kullanılmaktadır. Yüksek ısı transfer alanına sahip

oldukları için oldukça kompakt sistemlerdir. Levhalarda homojene yakın bir akış dağılımını sağlamak için eşanjör girişlerine özel sistemler tasarlanır.

Eşanjörde kullanılan levhaların kalınlıkları 0,5 mm ve 1 mm arasında değişmektedir. Seçilen plaka kalınlıklarına göre de fin kalınlıkları 0,15 mm ile 0,75 mm arasında değişmektedir. Finlerin levhalarla teması mekanik pres, lehim ya da kaynak ile yapılmaktadır. Finlerin yapısına göre düz kanatlı, düz-delikli kanatlı, testere-dişli kanatlı ve dalgalı kanatlı olmak üzere dört grupta incelenmektedir [23-26].

Rejeneratörler

Depolanan ısıнын transfer edildiği eşanjörlerdir. Paket yatak tasarımları basit olmalarına rağmen basınç kaybının yüksek olduğu tasarımlardır. Kendi içinde iki gruba ayrılmaktadır [23-26].

Sabit Matris Eşanjör

Gaz akış yönü sabit dolgu maddesine ve sabit dolgu maddesinden başka yönlere yönlendirilmesi ile çalışan eşanjörlerdir. Düzenli olarak çalışmasını sağlayabilmek için aynı tipten en az iki rejeneratöre ihtiyaç vardır. Birçok uygulamada üç ya da dört rejeneratör aynı anda kullanılmaktadır. Uygulama alanları ise yüksek fırın, cam fabrikaları ve düşük sıcaklıklı işletmelerdir [23-26].

Döner Tip Eşanjör

Silindir (kasnak) ve disk şeklinde olmak üzere iki tipten oluşan eşanjörlerdir. Isı transfer yüzey alanının disk şeklinde olduğu eşanjörlerde akış aksenal yöndedir. İçi boş silindir şeklinde olan dolgu maddesinde ise akış radyal yöndedir. Uygulama alanlarına ise gaz türbinleri ve taşıtlar verilmektedir [23-26].

3.3.1.2. Isı Transferi Prosesine Göre Eşanjörlerin Sınıflandırılması

Akışkanların kendi içinde ya da katı cisimler ile olan ısı transferinin doğrudan ya da dolaylı olmasına göre eşanjörler ikiye ayrılırlar [23-26].

- a. Doğrudan Temas Halindeki Eşanjörler
- b. Dolaylı Temas Halindeki Eşanjörler

Doğrudan Temas Halindeki Eşanjörler

Soğuk ve sıcak akışkanın birbirleri ile doğrudan temas halinde olan eşanjörlerdir. Eşanjörün aralarında doğrudan temas ederek ısı transferinin aktarıldığı sistemlerdir. Bunun için tek bir kısıt gerekmektedir. Bu da akışkanların birbirlerine karıştırılamaz olmasıdır. Uygulama alanlarına soğutma kuleleri, püskürtmeli ve tablalı yoğunlaştırucular örnek olarak verilmektedir [23-26].

Dolaylı Temas Halindeki Eşanjörler

Isı transferinin bir transfer yüzeyi boyunca (iki akışkanın birbirine karışmasının önleyen bir cidar) aralarında sıcaklık farkı bulunan iki akışkan arasında sağlanması ile oluşan eşanjörlerdir. Isı transferi esnasında aralarında sıcaklık farkı bulunan akışkanlar eşzamanlı olarak birbirlerine karışmadan akmaktadır [23-26].

3.3.1.3. Yüzey Yoğunluğuna Göre Eşanjörlerin Sınıflandırılması

Bu tip eşanjörler yüzey yoğunluğuna göre ikiye ayrılmaktadır [23-26].

- a. Kompakt Eşanjörler
- b. Kompakt Olmayan Eşanjörler

Kompakt Eşanjörler

Isı transfer alanını (m^2) büyüklüğünün, hacme (m^3) bölümünden elde edilen değer kompaktlık derecesini (β) belirlemektedir. β değerinin $700 m^2/m^3$ değerine eşit ve büyük olduğu sistemlere kompakt eşanjörler denir [23-26].

Kompakt Olmayan Eşanjörler

Isı transfer alanını (m^2) büyüklüğünün, hacme (m^3) bölümünden elde edilen değer kompaktlık derecesini (β) belirlemektedir. β değerinin $700 m^2/m^3$ değerinden düşük olduğu sistemlere kompakt olmayan eşanjörler denir [23-26].

3.3.1.4. Geçiş Çeşitliliğine Göre Eşanjörlerin Sınıflandırılması

Eşanjör içinden geçen akışkanların tek ya da çok geçişli olmasına göre eşanjörler ikiye ayrılmaktadır [23-26].

a. Tek Geçişli Eşanjörler

- Paralel Akışlı Eşanjörler
- Ters Akışlı Eşanjörler
- Kesişen Akışlı Eşanjörler

b. Çok Geçişli Eşanjörler

- Genişletilmiş Yüzeye Sahip Eşanjörler
- Paralel Ters Akışlı Genişletilmiş Yüzeye Sahip Eşanjörler
- Ayrılan Akışlı Genişletilmiş Yüzeye Sahip Eşanjörler

Tek Geçişli Eşanjörler

Eşanjör içinde ki iki akışkanın birbirleri ile bir kez karşılaştığı eşanjör tipleridir. Kendi içinde üçe ayrılmaktadır [23-26].

Paralel Akışlı Eşanjörler

Eşanjör içinde bulunan sıcak akışkan ile soğuk akışkanın ısı değiştirgeci içine aynı uçtan girip, birbirlerine paralel olarak akıp yine aynı uçtan çıktıkları düzeneklerdir. Bu tip eşanjörler küçük çaplı bir boru ve bunun dışında yer alan aynı eksenli ikincil bir borudan oluşmaktadır. Akışkanın biri küçük çaplı borunun içinden geçerken diğer akışkan ise iki boru arasındaki boş alandan akmaktadır. Uygulama alanı büyük çaplı boru (gövde) içine çok sayıda küçük çaplı borunun yerleştirilmesi ile oluşmaktadır [23-26].

Ters Akışlı Eşanjörler

Eşanjör içinde eksenel olarak birbirlerine paralel ancak akış yönü olarak birbirlerine ters yönde akan akışkanların oluşturduğu eşanjörlerdir. Eşanjör içindeki akışkanların ısı kapasite ve faz durumlarına göre kıyasladığımızda ters akımlı eşanjörlerde etkenlik değeri daha fazladır. Bu yüzden diğer eşanjör tiplerine göre daha çok tercih edilmektedir. Fakat ısı transferi olan malzemelerin uzunluk ile orantısı kıyaslandığında ısı gerilmeler çok olacağı için konstrüksiyon açısından sıkıntı yaratmaktadır [23-26].

Kesişen Akışlı Eşanjörler

Eşanjör içinde bulunan akışkanlar birbirlerine göre dik yönde akarlar. Diğer akışlı eşanjörler ile kıyaslandığında kesişen akışlı eşanjörlerin ısı etkinliği paralele göre iyi, ters akışlıya göre ise daha kötüdür. Üretilbilirlik yönünden imalatı kolay olduğu için kompakt ısı eşanjörlerinde tercih edilmektedir [23-26].

Çok Geçişli Eşanjörler

Tek geçişli eşanjörlerdeki sistemlerin seri biçimde birleştirilmesi ile oluşmaktadır. Performans olarak ters akışlı eşanjörlere denk bir performansa sahiptir. Kendi içinde üç grupta incelenmektedir [23-26].

Genişletilmiş Yüzeye Sahip Eşanjörler

Isıl etkinliğini artırmak için ısıtma yüzeylerine kanatçık eklenmesi ile ısı transfer yüzeyi genişletilen eşanjörlerdir. Bu sayede daha fazla ısı geçişi elde edilmektedir [23-26].

Paralel Ters Akışlı Genişletilmiş Yüzeye Sahip Eşanjörler

Gövde ve borulu eşanjörlerin karışık tasarlanması ile paralel akış ve ters akış aynı sistemlerde kullanılan eşanjörlerdir. Akışı yönlendirmek için kullanılan kanatlar sayesinde ısı transferi yüzey alanı genişletilmektedir [23-26].

Ayrılan Akışlı Genişletilmiş Yüzeye Sahip Eşanjörler

Tek geçişli eşanjörlerin seri şekilde arttırılmasına ek olarak lameller ile birbirinden ayrılan akışkanlardan oluşan sistemlerdir [23-26].

3.3.1.5. Akışkan Sayısı Göre Eşanjörlerin Sınıflandırılması

Isıl değiştirgeç içinden geçen akış sayısının çeşitliliğine göre tasarlanan eşanjörlerdir. İçinden geçen akışkan çeşidine göre iki akışkanlı, üç akışkanlı ve üçten fazla akışkanlı olarak sınıflandırılmaktadır [23-26].

3.3.1.6 Isı Transfer Düzenine Göre Eşanjörlerin Sınıflandırılması

Tasarım parametrelerine bağlı olarak akışkan fazına ve diğer parametrelere göre değişen sistemlerdir. Kendi içinde dört gruba ayrılmaktadır.

- Her iki tarafta da tek fazlı akışkandan oluşan konveksiyonlu eşanjörlerdir.
- Bir tarafta tek fazlı diğer tarafta çift fazlı akışkandan oluşan eşanjörlerdir.
- Her iki tarafta da çift fazlı akışkandan oluşan konveksiyonlu eşanjörlerdir.
- Radyoaktif ısı transferi ile kombine konveksiyonlu eşanjörlerdir [23-26].

BÖLÜM 4

MATERYAL VE YÖNTEM

Bireysel ve merkezi sistemleri incelendiğinde birbirlerine göre birçok avantaj ve dezavantajı bulunmaktadır. Yoğuşmalı kombiler bireysel ısıtma sistemleri olarak zamanla daha verimli ve ekonomik çözüm olarak evlerde ki yerini almaktadır. Enerji verimliliği söz konusu olduğunda binalarda ısı yalıtımı ile merkezi sistemler ön plana çıkmaktadır.

Merkezi sistemler söz konusu olduğunda ise yüksek kapasiteli yoğuşmalı kombiler ve kaskad sistemlerin önemi artmaktadır. Dolayısı ile eşanjör tasarımı yapmak için öncelikle bireysel sistemlerdeki ve merkezi sistemlerdeki eşanjör yapılarını ayrıntılı bir şekilde incelenerek özgün bir tasarım yapmak amaçlanmıştır. Üretilbilir ve ticari bir ürün olması açısından da önem taşımaktadır.

4.1. TASARIM AŞAMASINDA İZLENECEK YÖNTEMLER

Mevcut ürünler ile benchmark çalışmaları yapılmıştır. Gerekli literatür araştırması yapılmıştır. Yapılan araştırmalar sonrasında eşanjör yapısına karar verilmiştir. Eşanjör yapısına karar verildikten sonra Pro-Engineer ve Creo programı yardımı ile 3D tasarımlar yapılmıştır. Aynı zamanda malzeme analizleri yapılarak, en uygun malzeme seçilip, daha verimli ve ekonomik bir ürün tasarlanması amaçlanmıştır.

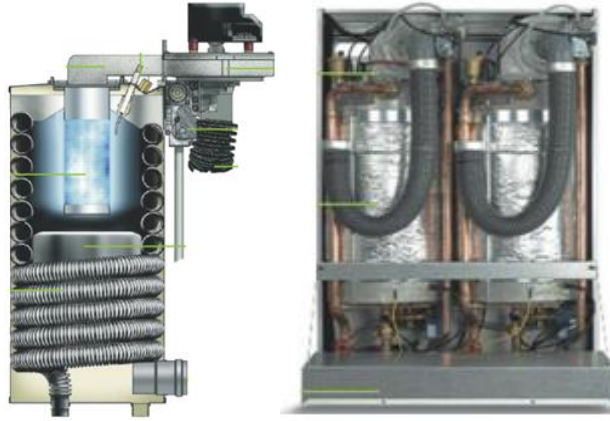
Prototip yapabilmek adına Demir döküm ürün yelpazesinde olan bir ürün dış kıstas olarak seçilmiştir. Bunun amacı ise tasarım girdisi olarak, bazı parametreleri sabitlemektir. Aynı zamanda ANSYS programında modellemeler yapılarak, prototip yapılmadan tasarıma yön vermek amaçlanmıştır.

4.2. MEVCUT ÜRÜN VE BENCHMARK ÇALIŞMALARI

Piyasada ki mevcut ürünler incelendiğinde yüksek kapasiteli kombilerde paslanmaz ve alüminyum alaşımlı malzemelerden yapılan farklı konstrüksiyonlar bulunmaktadır. Paslanmaz malzemeden yapılan tasarımlara örnek olarak boğumlu borulardan oluşan sarmal (coil) sistemler, talaşlı imalat ya da kaynak yöntemi ile üretilen ürünler ya da profillerden oluşturulan sarmal (coil) sistemler verilmektedir. Alüminyum alaşım malzemelerden yapılan tasarımlara örnek olarak ise; alüminyum finli (kanatlı) sarmal (coil) sistemler, döküm blokların birleştirilmesi ya da tamamen dökümden yapılan sistemler ve profil sarmal yapılar ile profillerin özel diziliminden yapılan eşanjörler verilebilir.

4.2.1. Mevcut Ürünler

Paslanmaz malzeme kullanılan eşanjör tasarımlarında ilk olarak boğumlu sarmal (coil) sistemleri ele alınmıştır. Şekil 4.1.'de görüldüğü üzere birçok firma tarafından kullanılan içi bakır kaplanmış, belli bir hatve ile oluşturulan boğumlu borunun brülör etrafında helisel olarak sarılmasıyla oluşturulan eşanjörlerdir.



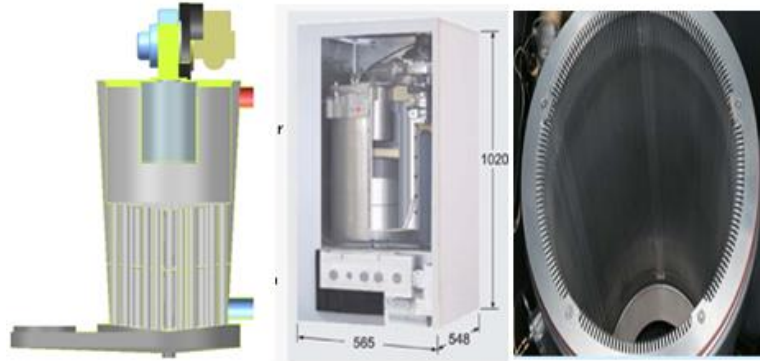
Şekil 4.1. Paslanmaz boğumlu eşanjör [28-29].

Şekil 4.2.'de görüldüğü üzere bazı firmalar tarafından sarmal paslanmaz malzemeden oluşan eşanjörler kullanılmaktadır. Bu eşanjörlerden bir brülör etrafında paslanmaz profillerin sarmal hale getirilmesi ile oluşur.



Şekil 4.2. Paslanmaz profil ile yapılan eşanjör [30-32].

Paslanmaz malzeme kullanılan eşanjör tasarımlarında son olarak paslanmaz malzemenin talaşlı imalat ve kaynak yardımı ile tasarlanan sistemleri yer almaktadır. Şekil 4.3.'de görüldüğü üzere iki farklı yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemler ilki talaşlı imalat ile hazırlanan parçaların kaynak ile birleştirilmesi sonucu oluşan eşanjörlerdir [32]. İkincisi ise talaşlı imalat yöntemleri ile imal edilen ve brülör etrafında silindir şeklinde oluşturulan eşanjörlerdir [33].



Şekil 4.3. Talaşlı imalat ve kaynaklı birleştirme ile yapılan eşanjörler [32-33].

Alüminyum alaşımlı malzeme kullanılan eşanjör tasarımlarında ilk olarak finli (kanatlı) sarmal (coil) sistemleri incelenmiştir. Şekil 4.4.'de görüldüğü üzere birçok firma tarafından kullanılan belli bir hatve ve kanat yüksekliğine sahip boruların brülör etrafında sarılmasıyla oluşturulan eşanjörlerdir [34].



Şekil 4.4. Alüminyum malzemeden kanat teknolojisi ile yapılan eşanjörler [34].

Alüminyum malzeme kullanılan eşanjör tasarımlarında ikinci olarak döküm tasarımı sistemler yer almaktadır. Şekil 4.5.'de görüldüğü üzere bazı firmalar tarafından kullanılan tasarımı firmalara özgü olan döküm modelleri ya da birden fazla döküm plakasının kapasiteye göre montajları sonucu oluşturulan eşanjörlerdir.



Şekil 4.5. Alüminyum malzemeden döküm ile yapılan eşanjörler [35-40].

Alüminyum alaşımlı malzeme kullanılan eşanjör tasarımlarında üçüncü olarak finli (kanatlı) boruların farklı dizimi ile oluşmaktadır. Şekil 4.6.'de görüldüğü belli bir hatve ve kanat yüksekliğine sahip boruların bir hacim içerisinde yatay olarak özel bir dizilimle yönlendirilmiş akım sağlanarak oluşturulan eşanjörlerdir.



Şekil 4.6. Kanatlı boruların özel dizilimi ile yapılan eşanjör [41].

Mevcut ürünlerden görüldüğü üzere sarmal yapılar üretilebilirlik, kapladığı hacim, ekonomiklik ve ergonomik olmasından dolayı benchmark ürünlerinde tercih sebebi olmuştur.

4.2.2. Benchmark Çalışmaları

Benchmark çalışmaları esnasında sarmal (coil) eşanjör tasarımına sahip eşanjörler tercih edilmiştir. İncelenen ürünlerde brülör sistemi olarak benzer yapılar kullanılmıştır. Malzeme ve eşanjör yapısı olarak paslanmaz kullanılan tasarımda boğumlu boru kullanılmıştır. Alüminyum malzeme kullanılan tasarımda finli (kanatlı) boru kullanılmıştır.



Şekil 4.7. Paslanmaz eşanjöre sahip yanma ünitesi ve sarmal eşanjör.



Şekil 4.8. Boğumların birbiri ile teması ve yönlendirici.



Şekil 4.9. Alüminyum eşanjöre sahip yanma ünitesi ve sarmal eşanjör.



Şekil 4.10. Finlerin ve yönlendiricinin montajı.

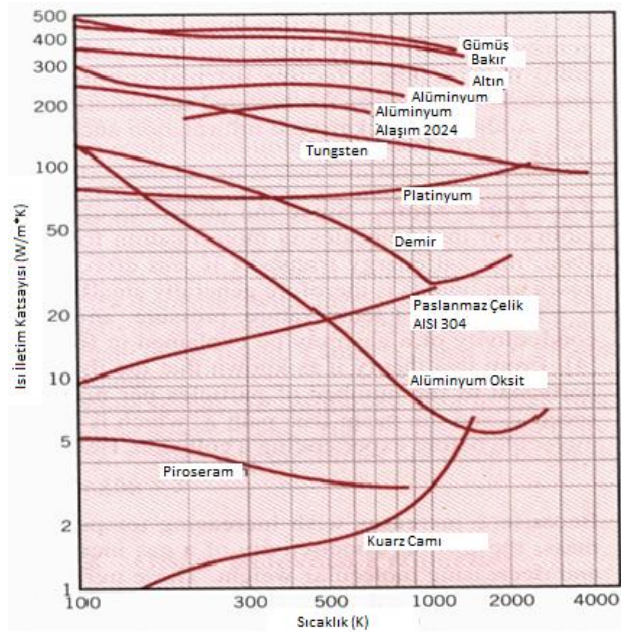
Şekil 4.7. ve 4.8.'de paslanmaz malzemeden yapılan eşanjör ve yanma odası demontaj resimleri yer almaktadır. Şekil 4.9. ve 4.10.'da alüminyum malzemeden yapılan eşanjör ve yanma odası demontaj resimleri yer almaktadır.

4.3. MALZEME SEÇİMİ

Piyasada kullanılan eşanjörlerin incelediğimizde karşımıza çıkan iki tip malzemenin birbirlerine göre avantajları ve dezavantajları aşağıda tablo olarak verilmiştir.

Çizelge 4.1. Alüminyum ve paslanmaz malzemenin avantaj ve dezavantajları.

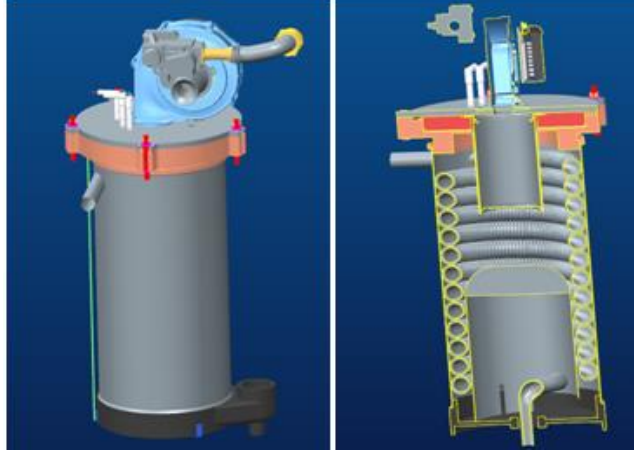
Alüminyum ve Paslanmaz Malzemenin Avantaj ve Dezavantajları		
Özellikler	Alüminyum	Paslanmaz
Maliyet	Düşük	Yüksek
Ağırlık	Hafif	Ağır
Isıl İletim Katsayısı	Yüksek	Düşük
Korozyon ve Aşınma	Dayanıksız	Dayanıklı
İmalat Yöntemleri	Kolay	Zor
Fin (Kanat)	Yapılabilir	Yapılamaz
Hacim	Az	Fazla



Şekil 4.11. Metallerin sıcaklık - ısıl iletkenlik grafiği [42].

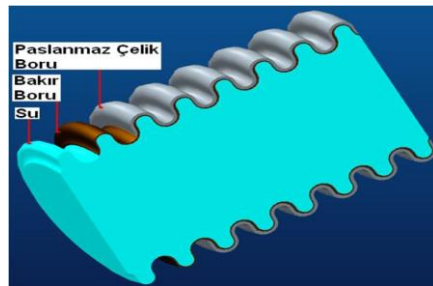
4.4. 3D TASARIM

Yeni bir tasarım yapabilmek için öncelikle benchmark yapılan ürünlerin 3D tasarımlarını oluşturarak girdi verileri elde edilmiştir.



Şekil 4.12. Mevcut paslanmaz eşanjörlü sistemin 3D tasarımı.

Şekil 4.12.'de görüldüğü üzere paslanmaz eşanjörden yapılan mevcut sistemin üç boyutlu tasarımı için yanma odası modellenmiştir. Fan ve ateşleme grubu için üretici firma dataları kullanılmıştır. Bunun dışında üst kapak, brülör, dış silindir, yönlendirici ve alt kapak sınır koşullar olarak tasarlanmıştır.

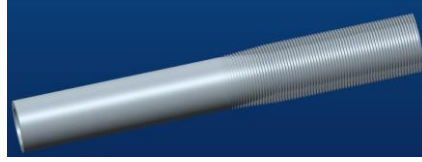


Şekil 4.13. Mevcut paslanmaz eşanjör kesitinin 3D tasarımı.

Şekil 4.13.'de boğumlu profil ve içinde dolaşan su hacmi oluşturulmuştur. Paslanmaz eşanjör olarak 0,5 mm kalınlıkta paslanmaz boru ve içinde 0,3 mm kalınlıkta bakır kaplama kullanılmıştır.



Şekil 4.14. Mevcut alüminyum malzemedan yapılan eşanjörün tasarımı.



Şekil 4.15. Mevcut alüminyum eşanjörün fin detayı.

Şekil 4.14. ve 4.15.'de görüldüğü üzere alüminyum eşanjör üç boyutlu olarak modellenmiştir. Alüminyum eşanjör olarak 1,5 mm kalınlıkta, 0,8 mm hatve ve 0,6 mm kalınlığa sahip kanatlardan oluşan sistem bilgisayar ortamında oluşturulmuştur.

4.5. BENCHMARK DOĞRULAMA TESTLERİ

Tasarıma başlamadan önce bazı girdilerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu girdiler malzeme seçimi, tasarım değerleri ve konstrüksiyon açısından son derece önemlidir. Bu parametreleri belirlemek için dış yüzey sıcaklık ölçümü, eşanjör yüzey sıcaklığı, atık gaz sıcaklığı, atık gazın izlediği yol ve ısı transferi yüzey alanı belirleme işlemleri yapılmıştır.

4.5.1. Dış Yüzey Sıcaklık Ölçüm Testleri

İlk olarak paslanmaz eşanjöre sahip benchmark ürününü teste tabi tutulmuştur. Dış yüzeyden oluşan gereksiz ısı transferi önlemek için benchmark yapılan ürünlerde öncelikle dış yüzey sıcaklık ölçüm testleri yapılmıştır. Bu testler için öncelikle uygun

test düzeneği hazırlanmıştır. Demir döküm laboratuvarlarında demir döküm test cihazları ile termal kamera test düzeneği de kullanılmıştır (şekil 4.16.).



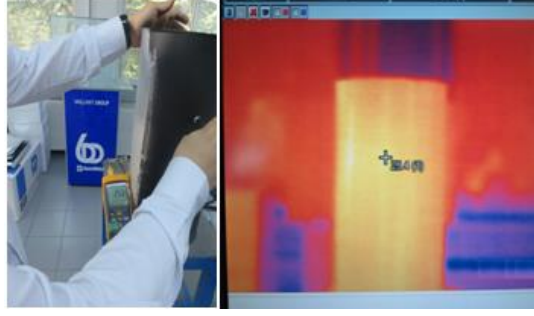
şekil 4.16. Demir döküm test düzeneği.

Termal kamera ile test yapabilmek için emissivity değerinin ayarlanması gerekmektedir. Termal kamera ile yüzey sıcaklığı ölçmek için yüzeyin parlamaması gerekmektedir. Yüzey parladığı zaman dış ortamdaki yansıyan sıcaklık ölçülmektedir. şekil 4.17.'de boyama işlemi yapılmadan önce yüzey sıcaklığını prop ile ölçtüğümüzde 24,8 °C ölçülmüştür. Aynı noktadan termal kamera ile ölçüm yaptığımızda bu değerin 27,3 °C olduğunu görülmüştür. Bu parlamayı önlemek için soba boyası ile dış yüzeyi boyanmıştır.



şekil 4.17. Boyama öncesi yüzey sıcaklık ölçümü.

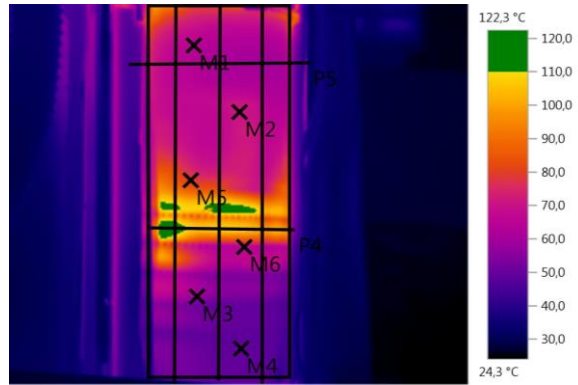
Boyama işlemi yapıldıktan sonra tekrar aynı yüzeylerden ölçümler alınmıştır (şekil 4.18.). Boyanmış yüzeyden prop ile ölçülen yüzey sıcaklığı 25,3 °C'dir. Aynı noktadan termal kamera ile ölçüm yapıldığında ise bu değer 25,4 °C olarak görülmüştür. Aradaki fark 0,1 °C olduğu için emissivity değerini 1 alarak termal kamera ayarı yapılmıştır.



Şekil 4.18. Boyama sonrası yüzey sıcaklık ölçümü.

Benchmark ürünü test düzeneğine bağlanıp 45 dakika çalıştırılmıştır. Su giriş çıkış sıcaklığı 80-60 rejime girdikten sonra 15 dakika deneysel ölçüm alınmıştır. Gidiş suyu sıcaklığı 79,2 °C, dönüş suyu sıcaklığı 47,3 °C, baca gazı sıcaklığı 54,3 °C, su debisi 18 lt\dk ve güçte yaklaşık 50 kW olarak ölçülmüştür.

Termal kamere yüzey sıcaklığı incelendiği zaman (Şekil 4.19.) teorik bilgilerde verilen bilgilerin doğrulaması olarak sıcaklığın orta kısımda yönlendiricinin bulunduğu bölgelerde (yeşil renk) en yüksek sıcaklığa ulaştığı görülmektedir. Bu bölgelerde en yüksek sıcaklık aralığı 110 °C ile 120 °C olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.19. Termal kamera ölçüm sonuçları.

İkinci olarak alüminyum eşanjöre sahip ürün teste tabi tutulmuştur. Dış yüzey sıcaklığını ölçmek için paslanmaz eşanjöre sahip üründe yapıldığı gibi dış yüzey sıcaklığı prop ile ölçülmüştür. Termal kamera doğrulaması yapılmıştır ve 3-4 °C sıcaklık farkı olduğu görülmüştür. Bu sebepten dolayı yüzey parlaklığının giderilmesi için siyah boya ile boyanarak sıcaklık değerleri yeniden ölçülmüştür.

Aradaki sıcaklık farkı 0,4 °C olduğu görülmüştür ve emissivity değeri 1 olarak ayarlanmıştır. Ürün çalışır hale getirilerek Demir döküm laboratuvarlarında test düzeneğine bağlanmıştır.

Benchmark ürünü test düzeneğine bağlanıp 120 dakika çalıştırıldı. Su giriş çıkış sıcaklığı 80-60 rejime girdikten sonra 15 dakika deneysel ölçüm alındı. Gidiş suyu sıcaklığı 78,9 °C, dönüş suyu sıcaklığı 50,2 °C, baca gazı sıcaklığı 50,4 °C, su debisi 22.4 lt\dk ve güçte yaklaşık 44.7 kW olarak ölçülmüştür (Şekil 4.20.).



Şekil 4.20. Test düzeneği sonuç ekranı.

Termal kamere yüzey sıcaklığı incelendiği zaman (Şekil 4.21.) teorik bilgilerde verilen bilgilerin doğrulaması olarak sıcaklığın orta kısımda yönlendiricinin bulunduğu bölgelerde en yüksek sıcaklığa ulaştığı görülmektedir. Bu bölgelerde en yüksek sıcaklık aralığı 55 °C ile 165 °C olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.21. Termal kamera dış yüzey sıcaklık değerleri.

4.5.2. Eşanjör Yüzey ve İç Hacim Sıcaklık Ölçüm Testleri

İlk olarak paslanmaz sarmal borunun iç yüzeyindeki alev sıcaklığını ölçmek için bu yüzeylere prop yerleştirilmiştir. Ancak üst kapağı açtığımızda paslanmaz borunun yay etkisi yaratmasından dolayı sadece en üst sarmalda aleve maruz kalan yüzeylere 180 ° ile iki adet prop yerleştirilmiştir (Şekil 4.22.).



Şekil 4.22. Paslanmaz borunun yüzey sıcaklığını ölçmek için prop montajı.

Eşanjöre bağlanan prop kablolarının düzgün çalıştığını görmek için proplar el terminaline bağlanarak ölçümler alınmıştır. İki farklı proptan sıcaklık değerleri 21,5 °C ve 20,4 °C olarak ölçülmüştür. Şekil 4.23.'de görüldüğü üzere sistem test düzeneğine bağlanmıştır.



Şekil 4.23. Prop test düzeneği.

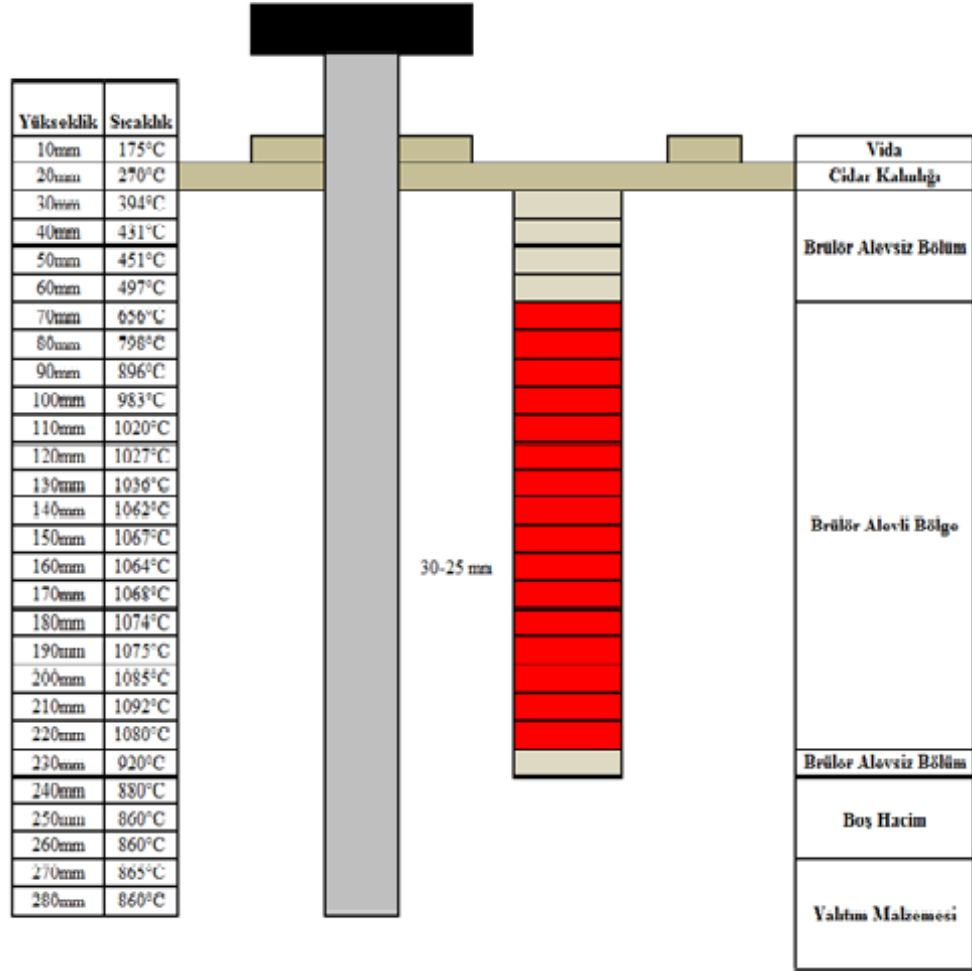
Giriş suyu sıcaklığı 80 °C, çıkış suyu sıcaklığı 56 °C'ye ulaştığında proplardan sırası ile 132,3°C ve 103,8 °C değerleri ölçülmüştür. Paslanmaz malzemenin bütün sarmallarından ölçüm alamadığımız için yapılan testlerden sıcaklığın 130 °C -135 °C arasında olduğu gözlemlenmiştir.

Bu test sonuçları yanma odasının ve alev ucu sıcaklıkları hakkında tatmin edici olmadığı için, iç hacmin sıcaklık haritasını belirlemek için yeni bir test düzeneği hazırlanmıştır. Sıcaklık ölçümü yapılacak termo couple için yanma odasının üst kapağında 3 mm çapında bir delik açılmıştır. Isıl çift, sistem içinde belli aralıklardan ölçüm almak için 10 mm eşit aralıklar ile çizilmiştir (Şekil 4.24.).

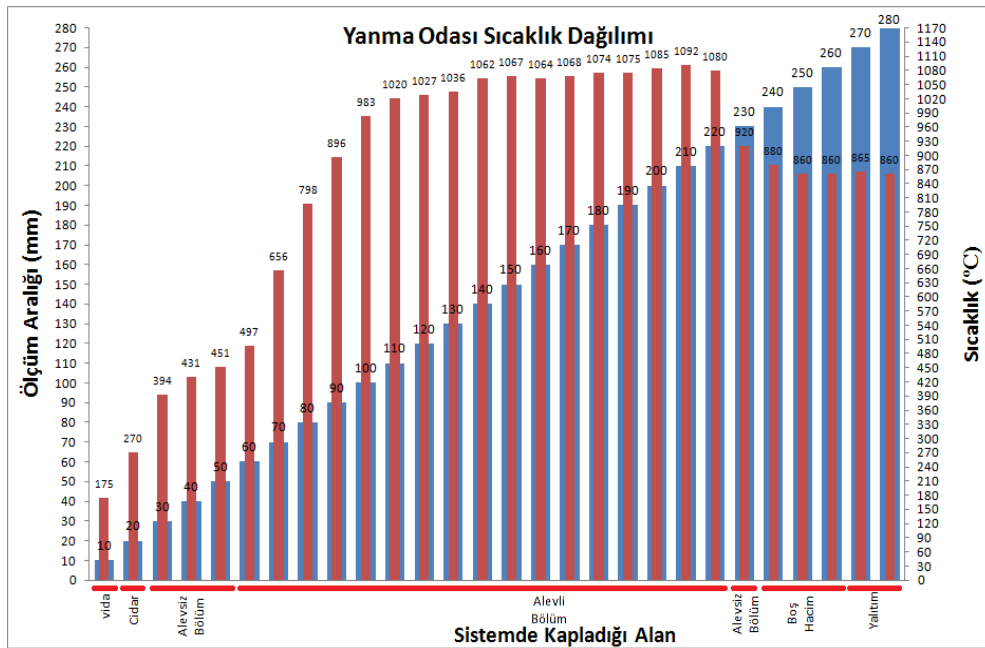


Şekil 4.24. Isıl çift düzeneği.

Isıl çift hazırlandıktan sonra üst kapakta açılan delikten geçirilerek 10 mm aralıklarla yanma odasının içine sokulmuştur ve değerler alınmıştır. Yapılan ölçümler sayesinde yanma odasında yer alan yönlendiriciye kadar 280 mm derinlikte bir hacmin brülörden 30 mm uzaklıktaki noktaların alev sıcaklıkları ölçülmüştür. Ölçüm sonuçlarına göre en sıcak bölgenin yönlendiricinin üst kısmı ile brülörün alt bölgesi arasında kalan hacim olduğu doğrulanmıştır. Bu değerler termal kamera sonuçlarının da bir doğrulamasıdır. En yüksek sıcaklık 1092 °C olarak ölçülmüştür (Şekil 4.25.)



Şekil 4.25. Isıl çift ile sıcaklık değerlerinin temsili gösterimi.



Şekil 4.26. Yanma odası sıcaklık dağılımı.

İkinci olarak alüminyum finli (kanatlı) sarmal boruya sahip yanma odasının dış yüzeyine, baca gazı çıkış noktasına ve her sarmala birer prop yerleştirilmiştir. Yanma odasının geometrisi uygun olduğu için yoğunlaşma bölgesindeki boru yüzeylerine de proplar yerleştirilmiştir. Propları yerleştirmek için demontaj işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.27.).



Şekil 4.27. Prop yerleştirmek için demontaj işlemi.

Dış kapak açıldıktan sonra iç kısımda ki gömlekten propları geçirebilmek için paslanmaz iç gömlek boru çapı kadar mesafelerden işaretlenerek matkap ile delinmiştir. Proplar bu deliklerden geçirilmiştir (Şekil 4.28.).

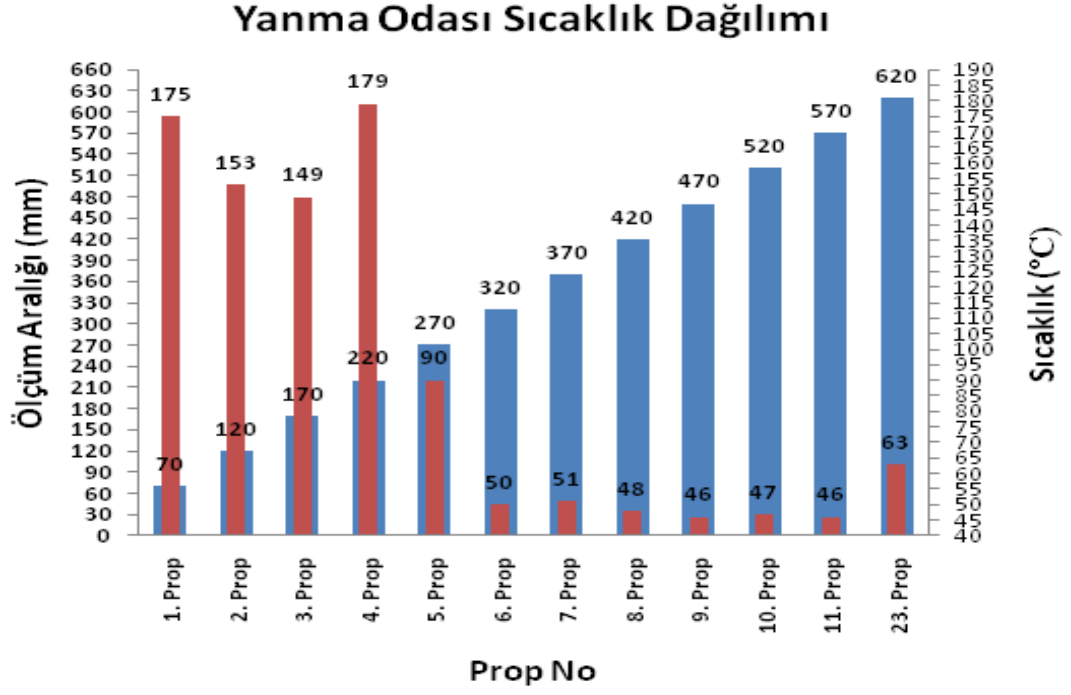


Şekil 4.28. Prop montajı.

Prop yerleştirme işlemi tamamlandıktan sonra propların ucu yanma olayında zarar görmemesi için bir tel yardımı ile dıştan sarılmıştır. Montaj işlemi yapıldıktan sonra propların düzgün çalıştığını görmek için el terminaline bağlanıp doğrulama işlemine tabi tutulmuştur.

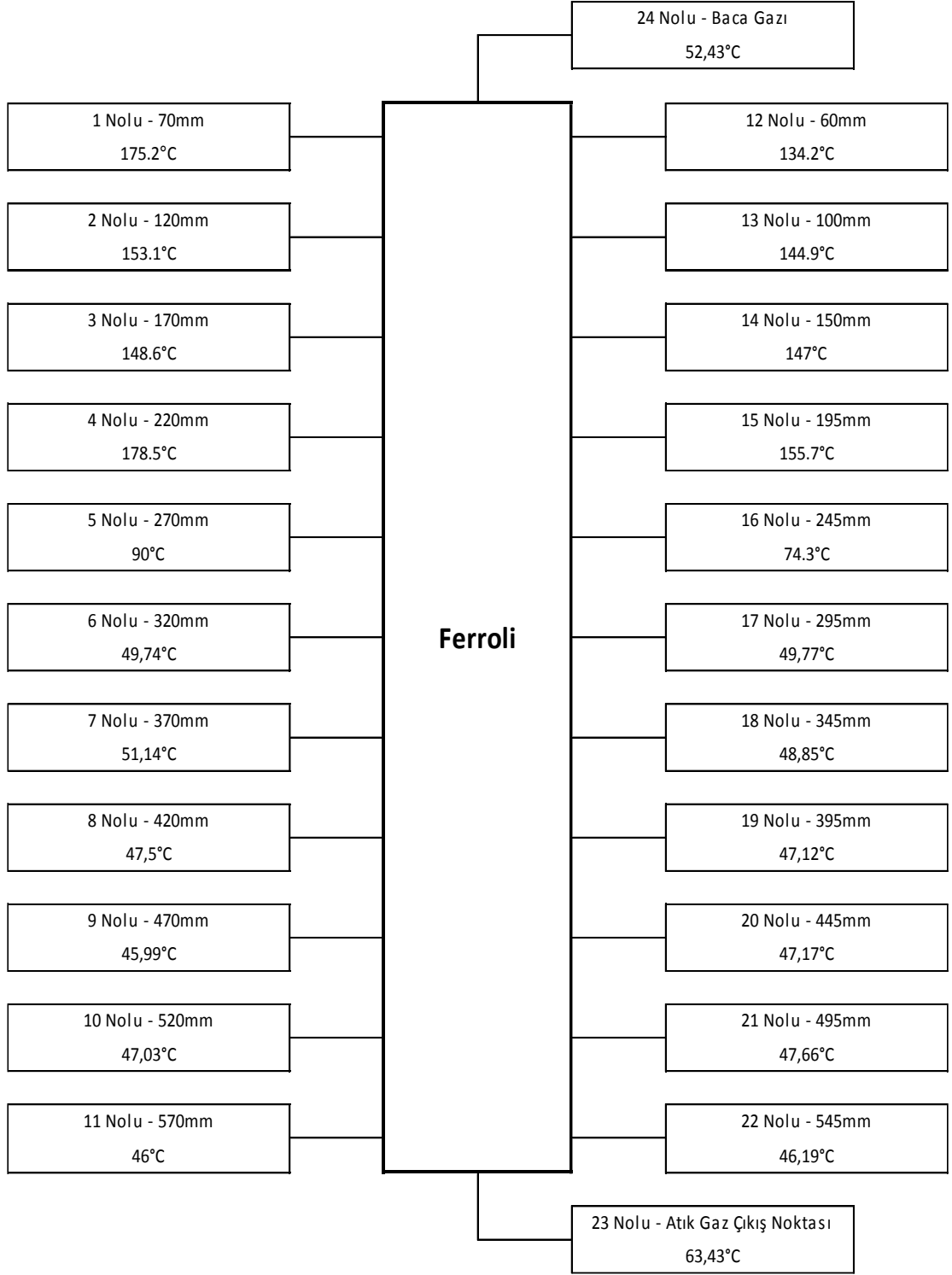
Montaj işlemi tamamlandıktan sonra cihaz çalıştırılmak için test düzeneğine bağlanarak teste tabi tutulmuştur. Yapılan ölçümlerde alüminyum sarmal borunun iç yüzeyinde ölçülen değerlerde en yüksek sıcaklık değeri yönlendiricinin üst

kısımlarında oluşmaktadır. Bu bölgede ölçülen en yüksek sıcaklık değeri ise 180 °C'dir. Yönlendiriciden sonra yoğunlaşma bölgesinde ise sıcaklıkların 35 °C ile 50 °C arasında değiştiğini görülmektedir (Şekil 4.29.-4.30.).



Şekil 4.29. Yanma odası sıcaklık dağılımı.

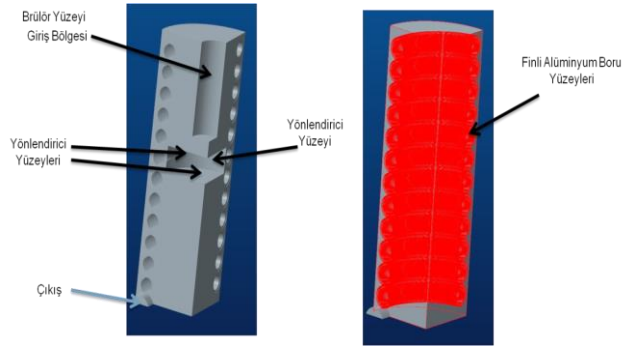
Eşanjör Yüzey Sıcaklıklarının Ölçülebilmesi için Yerleştirilen Propların Temsili Yerleri



Şekil 4.30. İç yüzey sıcaklıklarının temsili gösterimi.

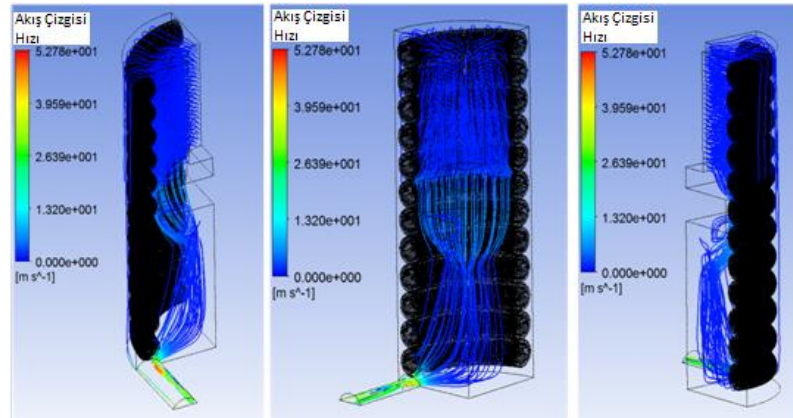
4.6. FLUENT İLE MODELLEME (ATIK GAZ)

Benchmark ürünlerini incelerken atık gazın sistem içinde nasıl bir yol izlediğini belirlenmiştir. Bunun için de öncelikle atık gazı 3D olarak modellenmiştir. Bu modellemede dış gömlek ile sarmal boru arasında bulunan contanın etkisini görmek için iki ayrı modelleme yapılmıştır. Birinci modelleme de conta kullanılmamıştır. Sayısal modellemede çözümlenin kolay olması için 3D tasarımı eş merkezli olacak şekilde dörtte bir olarak modellenmiştir ve sayısal analizini yapılmıştır (Şekil 4.31.).



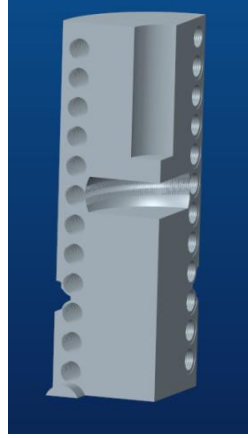
Şekil 4.31. 3D contasız hava hacmi.

Şekil 4.32’de verilen katı modelin FLUENT analizine baktığımızda atık gazın brülörden çıktıktan sonra en kısa yolu seçtiği ve yönlendiriciden geçtikten sonra fin yüzeylerinin tamamının kullanılmadığı görülmüştür. Yoğuşma bölgesinde atık gaz kanat yüzeylerine temas etmeden en kısa yoldan çıkışa yönlenmektedir (Şekil 4.32.).



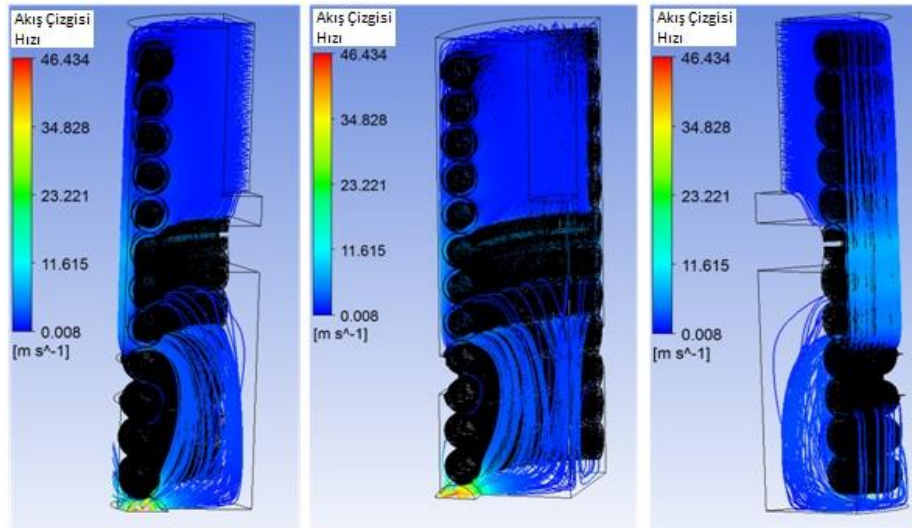
Şekil 4.32. Atık gaz akım çizgileri.

Contasız ve contalı yanma odası arasındaki farkı görebilmek için contalı hava hacmi tasarımı yapılmıştır ve sayısal analizde toplam hacmin dörtte birini kullanılmıştır (Şekil 4.33.).



Şekil 4.33 3D contalı hava hacmi.

Yönlendirici olarak kullanılan contanın atık gazı şartlandırdığı görülmektedir. Bu sayede atık gazın, sarmal borunun sadece içe bakan yüzeyleri ile değil dışa bakan yüzeyleri ile temas ettiği görülmektedir (Şekil 4.34.). Sonuç olarak ısı transfer yüzey alanı daha etkin kullanılarak verimin arttığı görülmektedir.



Şekil 4.34. Atık gaz akım çizgileri.

BÖLÜM 5

TASARIM

5.1. 3D MODELLEME

Bundan önceki bölümlerde eşanjörleri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Benchmark ürünleri testlere tabi tutulmuştur. Tasarım için gerekli olan birçok parametre bulunmuştur.

Giriş bölümünde de belirtildiği üzere merkezi sistemler ve yoğuşmalı kombiler yasaların da gereksinimi olarak günümüz de ısıtma sistemleri öne çıkmaktadır. Ayrıca enerji verimliliği gibi etkenlerde söz konusu olduğunda ısı transferi, ısı transfer yüzey alanları ve maliyet gibi parametreler göz önünde bulundurmaya gerekmektedir.

Literatür araştırmalarında da görüldüğü üzere enerjiden en üst seviyede yararlanmak için ısı transfer yüzey alanı genişletmek için kanat etkisi, ısı transferi, ışınım gibi çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar ürün tasarımlarında veri olarak kullanılmıştır.

Isıtma sistemlerin de kullanılan kombiler incelenmiştir. Maliyet olarak ucuz, verim olarak yüksek, kapasite ve hacim olarak ergonomik tasarımlar ön plana çıkmaktadır. Daha fazla verim elde etmek için yoğuşmalı kombiler ve yüksek kapasiteli kombiler yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu ürünlerin de ticari olarak kullanılmasında yanma odaları ön plana çıkmaktadır.

Yanma odaları eşanjör tiplerine göre farklılıklar göstermektedir. Dolayısı ile detaylı bir eşanjör incelemesi yapılmıştır. Döküm eşanjörler üretim kalitesi açısından ideal değildir ve hacim olarak fazla yer kaplamaktadır. Ayrıca yüksek kapasiteli duvar tipi cihazlar için değerlendirildiğinde karşımıza dezavantaj olarak çıkmaktadır. Talaşlı imalat yöntemleri ile yapılan eşanjörler ise verim değerlerinin yanında maliyet olarak

yüksek ve ürün kapasitesi olarak ağır ürünlerdir. İmalat yöntemlerinde kaynaklı birleştirme kullanılması ürün ömrünü azaltmaktadır.

Yanma odalarında kullanılan silindirik hacimler yüksek kapasiteli davar tipi cihazlar için oldukça ergonomiktir. Üretim tekniği olarak kolay üretilebilir eşanjörler kullanılmaktadır. Ayrıca ısı verim, malzeme, hacim olarak birçok avantajları bulunmaktadır.

Silindirik hacimler, merkezdeki brülör etrafında bir borunun helisel bir şekilde sarılması ile tasarlanan sistemlerdir. Üretilirliği en kolay olan tasarım yöntemlerindedir. Ayrıca sarmal yapı oluşturulmadan önce borularda ısı transfer yüzey alanını artıracak yöntemler mevcuttur.

Bütün bu etkenler göz önünde bulundurulduğunda tasarıma başlamadan önce sarmal yapılı eşanjörler hedef olarak seçilmiştir. Sarma yapılı eşanjörlerin seçilmesinde diğer bir etken ise yapılacak ürünün test edilebilmesi için dış kıstas olarak mevcut ürün sınır şartı olarak kullanılmıştır. Bu sayede tek değişken olarak eşanjör incelenmiştir.

Benchmark ürünü olarak farklı yapıda ve malzemedan oluşan sarmal eşanjöre sahip ürünler tercih edilmiştir. Farklı iki ürün incelendiğinde paslanmaz malzeme ile alüminyum malzeme arasındaki farklar ortaya konulmuştur. Alüminyum malzemenin ısı iletkenlik katsayısının yüksek olması, işlenebilir ve daha hafif ürün olmasından dolayı tercih sebebi olmuştur.

Paslanmaz borudan oluşan sarmal yapıda yüzey alanını artırmak için kanat yapılamadığı için boğumlu boru kullanılmıştır. Boğumlu boru içindeki su akışında kör noktalar oluşmasından dolayı hareket edemeyen sular doğal yalıtım yüzeyi oluşturmaktadır. Dolayısı ile enerji kaybına neden olmaktadır. Ayrıca pahalı olması başka bir dezavantajdır.

Benchmark ürünlerinde yapılan testler sayesinde ürün içindeki sıcaklıklar belirlenmiştir. Isı kayıpları ve verimsiz alanlar belirlenmiştir. Deney sonuçları sayısal

analizleri yapmak için sınır şartlarını belirlemede yardımcı olmuştur. Sayısal analizler ile deney sonuçları arasında kıyaslama yapılmıştır. Yapılan kıyaslama sonucunda benchmark ürünlerinde yüzey alanını artırmak için yapılan kanat ve boğumların yetersiz kaldığı görülmüştür.

Yanma odasında ışınım etkisinden dolayı kanatların gereksiz olduğu görülmüştür. Kanatlı yüzeylere yoğunlaşma bölgesinde daha çok ihtiyaç duyulduğu görülmüştür.

Oluşturulacak tasarımda yanma bölgesinde kanatsız bir yapı, yoğunlaşma bölgesinde ise kanatlı bir yapı oluşturulmuştur. Kaynaklı birleşme olmaması için kollektörler tasarlanmıştır. Borular sızdırmazlık için makinato yöntemi ile birleştirilmiştir. Kollektör sayesinde servis edilebilir bir ürün tasarlanmıştır.

Benchmark ürünlerinde sayısal modelleme ile atık gaz modellenmiştir. Bu sayede ürün içinde atık gazın nasıl bir yol izlediği belirlenmiştir. Kullanılan farklı yönlendiriciler kıyaslanarak yönlendirici etkisi belirlenmiştir.

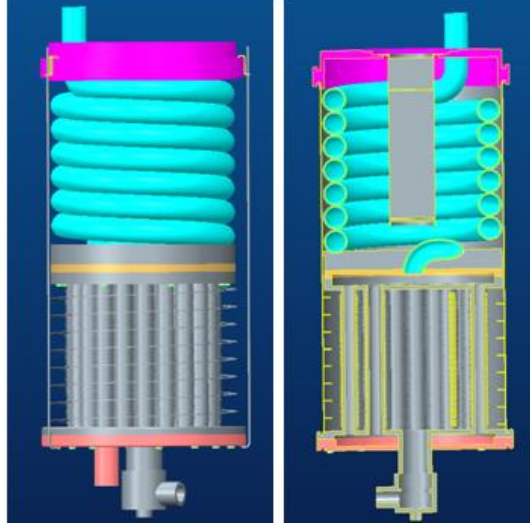
Yönlendirici etkisi göz önünde bulundurularak yoğunlaşma bölgesinde atık gazdan maksimum seviyede faydalanmak için boruların dizilimi ona göre tasarlanmıştır. Ayrıca atık gazı şartlandırmak için yönlendiriciden faydalanılmıştır.

Bu çalışmalar doğrultusunda tasarım adım adım yapılmıştır. Öncelikle ticari bir ürün olabilmesi ve test edilebilmesi için dış kıstas olarak Demir Döküm firmasının mevcut ürünü alınmıştır (Şekil 5.1.).



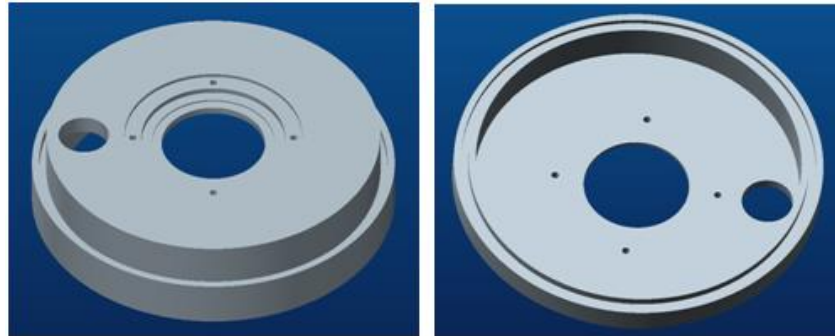
Şekil 5.1. Alüminyum eşanjör montajı.

Dış görünüşü Şekil 5.1'deki gibi olan yeni tasarımın iç yapısı ve kesit görüntüsü Şekil 5.2.'de görüldüğü gibidir.



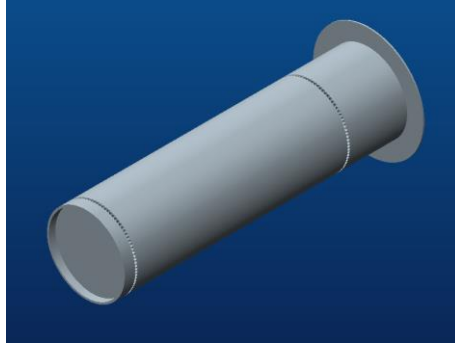
Şekil 5.2. Alüminyum eşanjör montajı ve kesiti.

Üst kapak ile başlayan tasarımda Demir Döküm firmasında kullanılan mevcut fan sistemine uygun olan brülör kullanılmıştır. EN AW 6060 malzeme tercih edilmiştir. Üst kapağın merkezinde brülörün geçmesi için 72 mm çapında bir delik açılmıştır ve fanın sabitlenmesi için 4 adet M5 civata deliği açılmıştır. Sarmal borunun dış ortam ile bağlantısının sağlanabilmesi için yine üst kapakta 30 mm çapında bir delik açılmıştır. Dış gömlek dediğimiz paslanmaz sacın sabitlenebilmesi üst kapakta iç çapı 232 mm, derinlik ve genişliği 5mm ölçüsünde bir kanal açılmıştır. (Şekil 5.3.).



Şekil 5.3. Yanma odası üst kapağı.

Polidoro firmasının 50 kW için önermiş olduğu ve mevcut üründe kullanılan brülör çizilmiştir (Şekil5.4.).

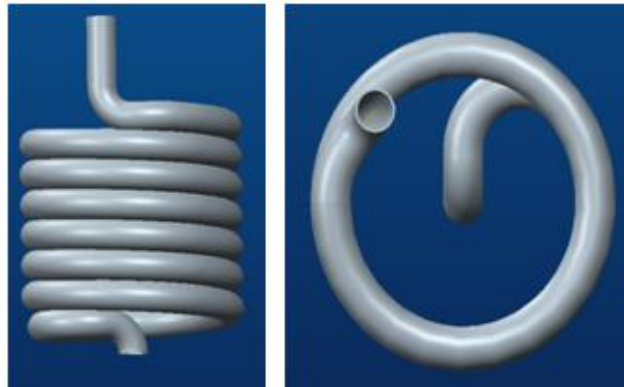


Şekil 5.4. Brülör.

Mevcut yanma odaları incelediğinde brülörden çıkan alevin daha çok ışıyım olarak ısı iletkenliği sağladığı görülmüştür. Dolayısı ile yanma odasında finli (kanat) boru kullanmak yerine düz boru kullanmak daha avantajlı olduğu belirlenmiştir. Bu yüzden mevcut sistemlerden farklı olarak yanma bölgesinde düz sarmal boru, yoğuşma bölgesinde ise finli (kanat) sistem tercih edilmiştir.

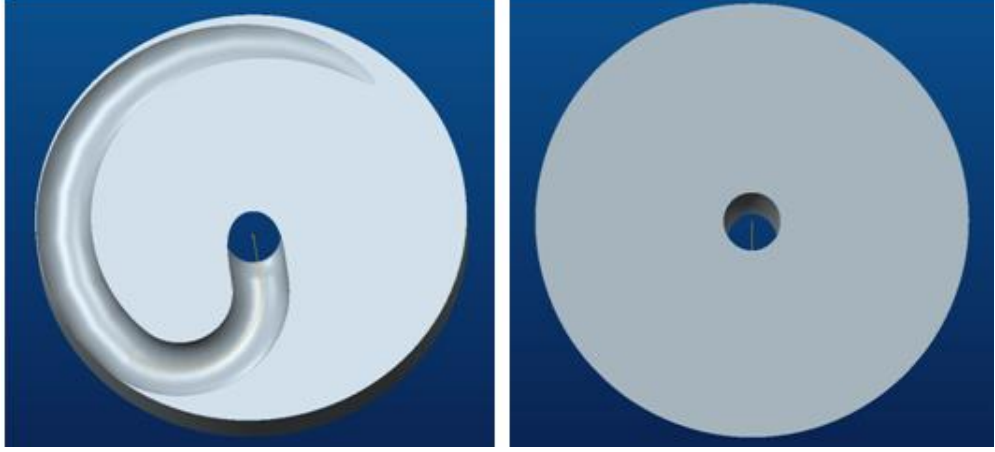
28 mm çapa sahip EN AW 6060'dan üretilmiş alüminyum boru dış çap 230 mm olacak şekilde sarmal olarak tasarlanmıştır. Sarmal boru 29 mm hatve ile tasarlanmıştır. 29 mm hatve ile tasarlanmasının amacı atık gazın boruların arasından geçerek ısı transfer yüzey alanından maksimum seviyede yararlanması sağlanmıştır.

Sarmal borunun bir ucu üst kapaktan çıkacak şekilde açılı bir şekilde tasarlanmıştır. Diğer ucu ise yalıtım malzemesinin içinden geçerek üst kollektörün merkezinden suyu homojen dağıtacak şekilde tasarlanmıştır (Şekil5.5.).



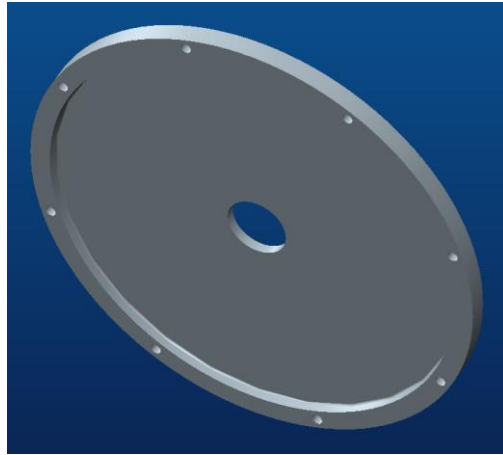
Şekil 5.5 Sarmal (coil) su borusu.

Üst kollektörün atık gazdan etkilenmesini önlemek ve ayırıcı yönlendirici etkisi yaratmak için 230 mm dış çapında 30 mm yükseklikte ortası 28 mm çapında delinmiş sıkıştırılmış cam yünü ile yalıtım malzemesi tasarlanmıştır (Şekil 5.6.).



Şekil 5.6. Yönlendirici (cam yünü).

Yönlendiricinin altında bulunan üst kollektörün üst kapağı dış çapı 230 mm, iç çap 210 mm ve 5 mm kalınlıkta olacak şekilde EN AW 6060 alüminyum malzemeden talaşlı imalat yöntemleri ile işlenecek şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca ayna görevi görecek olan kollektörün üst kapağının merkezi sarmal borunun alt ucu ile makinato yöntemi birleştirilmek üzere 28,3 mm çapında delinmiştir. Üst kollektörün alt kapağına montaj edilebilmesi için 45 °'lik açılar ile 8 adet M5 cıvata deliği açılmıştır (Şekil 5.7.).



Şekil 5.7. Üst kollektör üst kapak.

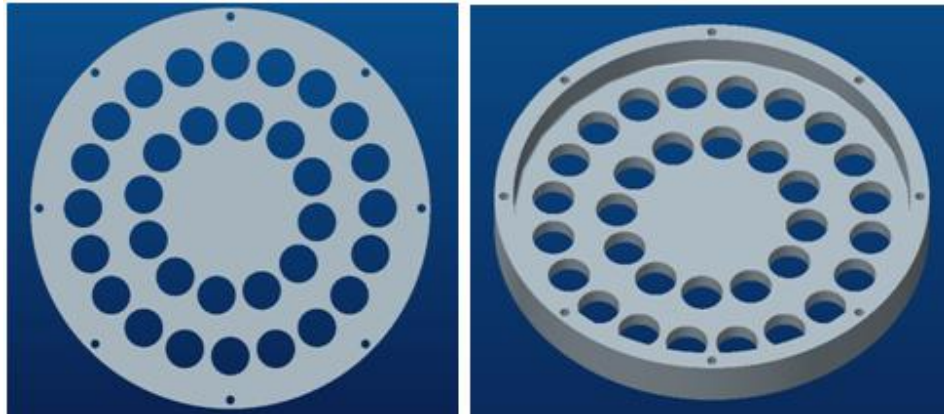
Üst kollektörün alt kapağı ile üst kapağı arasındaki sızdırmazlığı sağlamak için iç çapı 210 mm, dış çapı 225 mm olan ve 1 mm kalınlıkta grafitli conta tasarlanmıştır (Şekil 5.8.).



Şekil 5.8. Grafit conta.

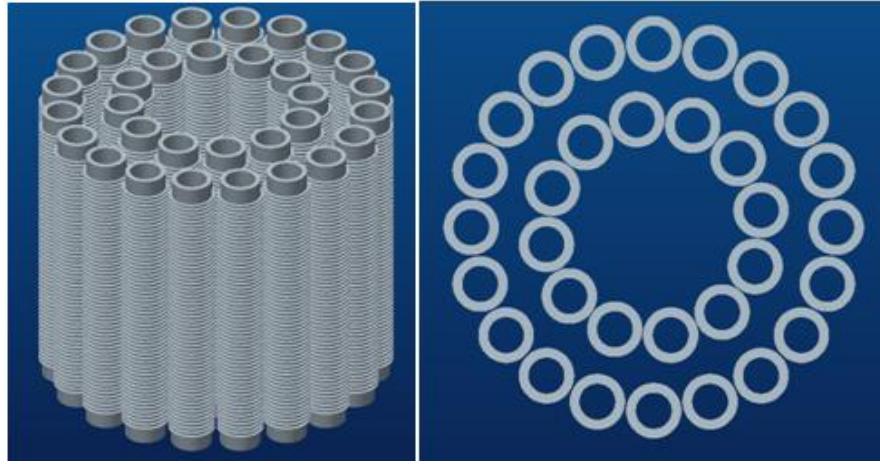
Üst kollektörün alt kapağı yoğuşma bölgesinde kullanılacak finli boruların atık gazı yönlendirmesi için özel bir dizilişe ihtiyacı vardır. Dış sırada 20 adet, iç sırada 12 adet finli boru yerleşecek şekilde boruların dizilimi yapılmıştır. Dış çap 230 mm, iç çap 210 mm ve 5 mm kalınlıkta olacak şekilde EN AW 6060 alüminyum malzemeden talaşlı imalat yöntemleri işlenecek şekilde tasarlanmıştır.

Ayna görevi görecek olan alt kapağa finli boruların montajı için makinato yöntemi ile birleştirilmek üzere 28,3 mm çapında delikler delinmiştir. Kollektörün üst kapağına montaj edilebilmesi için 45 °'lik açılar ile 8 adet M5 cıvata deliği açılmıştır (Şekil 5.9.).



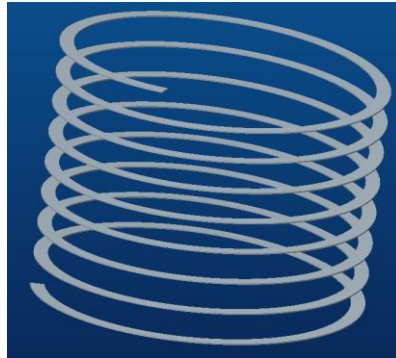
Şekil 5.9. Üst kollektör alt kapak.

Yoğuşma bölgesini oluşturan borularda ısı transfer yüzey alanını artırmak için finli (kanat) borular kullanılmıştır. Finli borularda ısı transferini engelleyecek direnç yaratmamak için kanatlar şişirme yöntemi ile değil ovalama yöntemi ile yapılacak şekilde tasarlanmıştır. Piyasa araştırmalarından alınan verilere göre 1mm kalınlıkta 3 mm hatve ile finler oluşturulmuştur. 200 mm uzunluktaki boruların uç kısımlarında 10 mm'lik boşluk bırakılarak makinato işlemi için alanlar bırakılmıştır. İç kısımda 12 adet ve dış kısımda 20 adet finli borudan oluşan toplam 32 adet borudan oluşan bir boru demeti hazırlanmıştır (Şekil 5.10.).



Şekil 5.10. Boru demeti.

Yönlendirici ve sarmal borunun dış yüzeyinden gelen atık gazın en kısa yolu seçerek sistemi terk etmesini önlemek için yaya benzer bir yönlendirici tasarlanmıştır. 10 mm genişliğinde ve 2 mm kalınlığından paslanmaz saçtan oluşan bu yapıya dış gömlek kılavuzluk etmektedir (Şekil 5.11.).



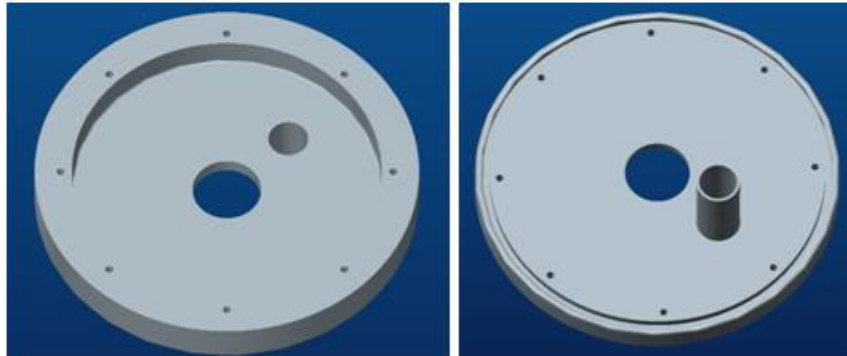
Şekil 5.11. Yönlendirici (yoğuşma bölgesi).

Alt kollektörün üst kapağına boru demetini karşılayacak şekilde delikler delinmiştir. Dış çapın 252 mm ve kalınlığının 5mm olduğu EN AW 6060 alüminyum malzemeden kollektörün montajı yapılacak şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca atık gazın bacadan atılmasını sağlamak ve yoğuşma suyunun dış ortama atılması için merkezde 30mm çapında ve 50mm yüksekliğinde bir boru oluşturulmuştur (Şekil 5.12.).



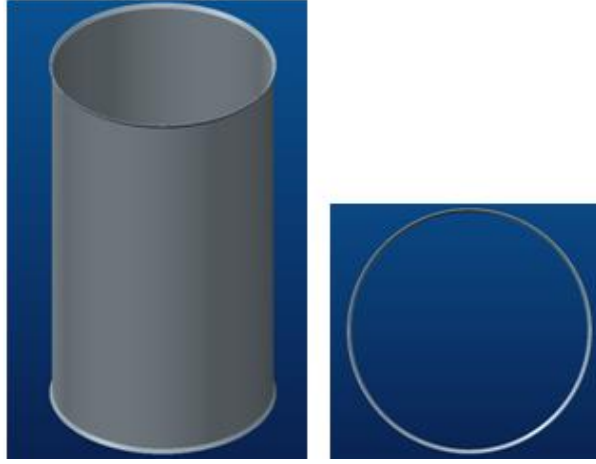
Şekil 5.12. Alt kollektör üst kapak.

Üst kapakta yer alan atık gazın bacaya iletimini sağlayan boru için 30 mm çapında delik açılmıştır. Ayrıca kollektörde toplanan suyun tahliyesi için 20 mm çapında 30 mm yükseklikte bir boru tasarlanmıştır. Sabitleme kancaları için 5x5 mm ölçülerinde kanal açılmıştır (Şekil 5.13.).



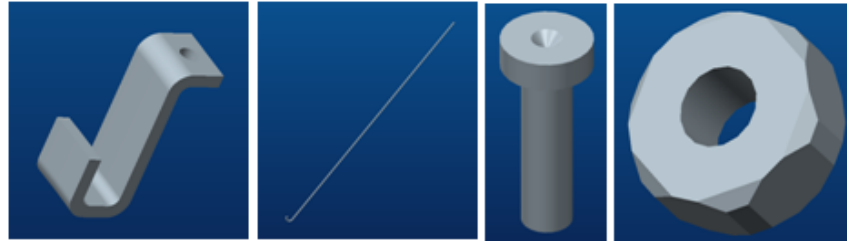
Şekil 5.13. Alt kollektör alt kapak.

Yanma odasının dış yüzey ile ayrılmasını sağlayan, iç çapı 232 mm olan 1 mm kalınlıkta paslanmaz saçtan dış gömlek modellenmiştir. Dış gömleğin bu ölçülerde yapılmasının sebebi mevcut ürünü dış kıstas olarak seçilmesidir (Şekil 5.14.).



Şekil 5.14. Dış gömlek.

Kollektörün alt ve üst kapaklarını birbirine bağlamak M5 cıvata kullanılmıştır. Ayrıca dış gömlek, üst kapak ve alt kollektörü sabitlemek için saplama, kanca ve M5 somun kullanılmıştır (Şekil 5.15.).



Şekil 5.15. Bağlantı parçaları.

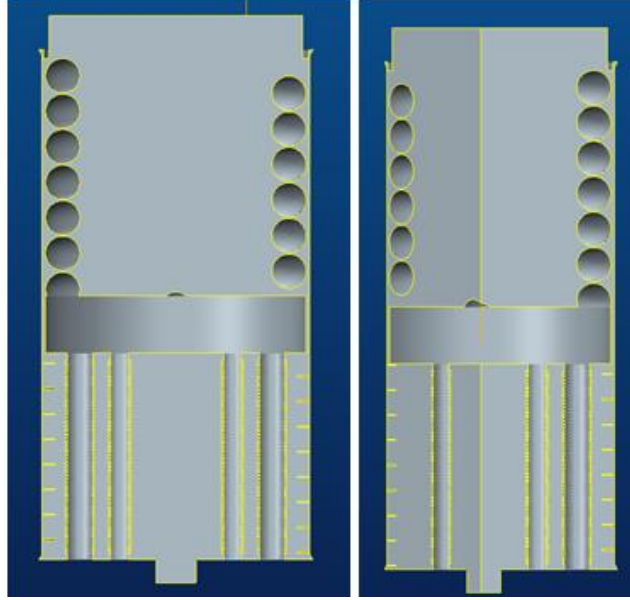
Atık gazın ve yanma odasında oluşan yoğuşma suyunun sistemden atılması için adaptör tasarlanmıştır. Adaptörün alt noktasına yoğuşma suyu tahliyesi için bir delik açılmıştır. Atık gazın bacadan çıkması için adaptöre yandan çıkış verilmiştir (Şekil 5.16.).



Şekil 5.16. Baca gazı ve yoğuşma suyu tahliye aparatı.

5.2. SAYISAL ANALİZ

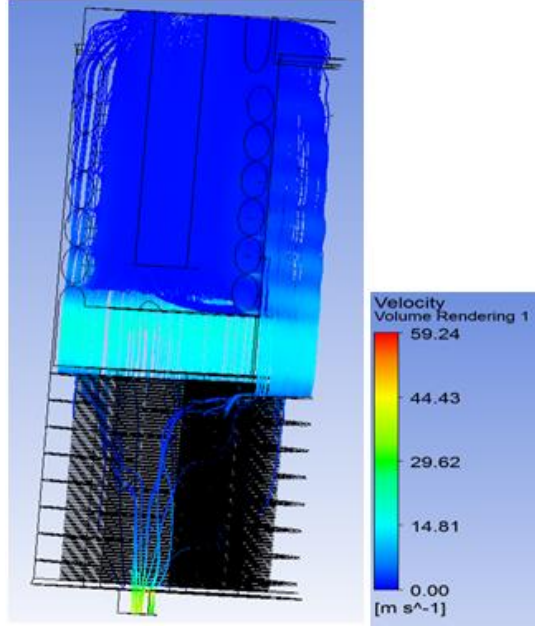
ANSYS’ de atık gazın nasıl bir yol izlediğinin testini yapmak için yanma odasının içinde bulunan atık gaz modellenmiştir (Şekil 5.17.).



Şekil 5.17. Hava hacmi kesiti.

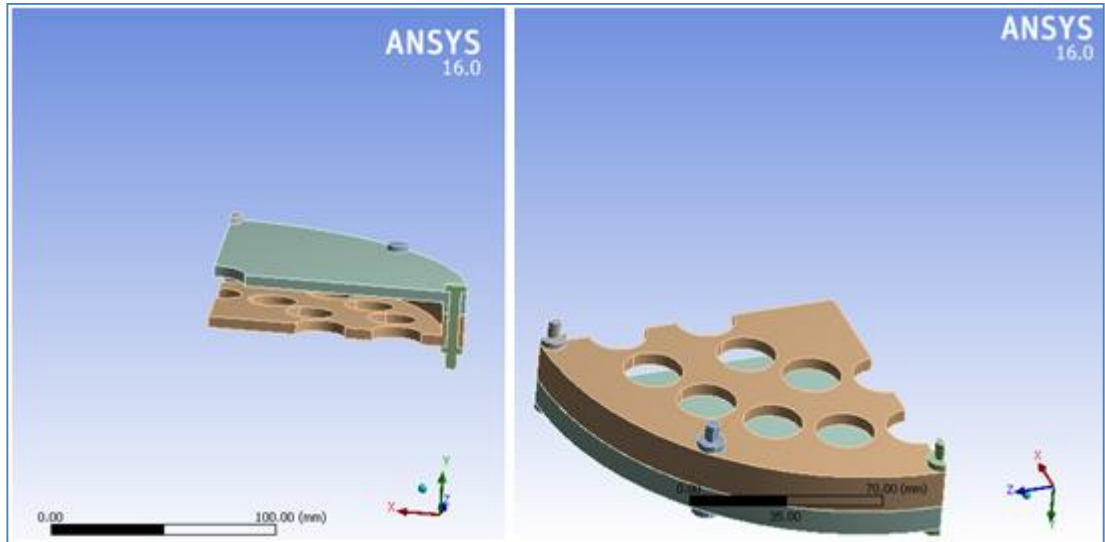
ANSYS’de modelleme yapabilmek için gerekli olan sınır şartları deneyler ile belirlenmiştir. Benchmark ürünlerini incelediğimizde atık gazı yönlendirmek için kendilerine özgü farklı yönlendiriciler kullanılmıştır. Bu çalışmada atık gazdan maksimum seviyede yararlanabilmek adına yeni bir yönlendirici tasarlandı ve ANSYS ile modellemesin yapılmıştır.

Brülörden çıkan gaz yerine hava modellenmiştir. Havanın çıkış hızı olarak deneylerde belirlenen 0,85 m/s verilerek sayısal çözümleme yapılmıştır. Kompleks bir model olduğu için çözümlemede kolaylık sağlaması amacı için 3D model simetrik olarak iki eşit parçaya bölünmüştür ve bu şekilde çözümleme yapılmıştır. Şekilde de görüldüğü üzere atık gazın orta kısımdaki yönlendirici etrafında maksimum hıza ulaştığı görülmektedir. Atık gazın bu hızla sistemi terk etmesini önlemek için tasarlanan yönlendirici gazın daha fazla yüzeye temas ederek sistemi terk etmesini sağlamıştır (Şekil 5.18.).



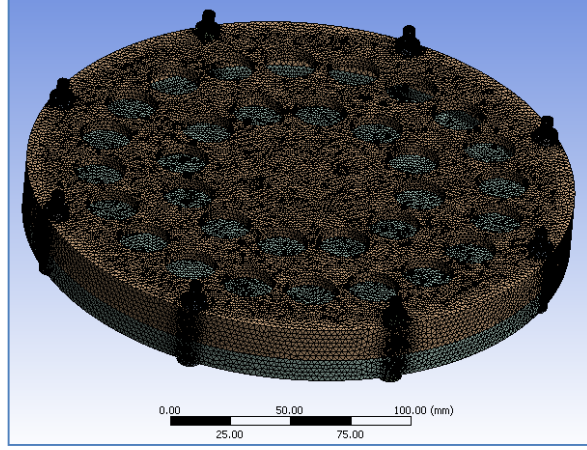
Şekil 5.18. Atık gaz akım çizgileri.

Alüminyum malzemeden yapılan kollektörün sıcaklık ve montaj şartlarında gerilme, deformasyon gibi değerlerinin sayısal analizini yapabilmek için 3D modeller hazırlanmıştır. ANSYS’de modeli bütün olarak çözümleme sırasında sorunlar oluştuğu için parçanın katı modeli simetrik olarak eşit parçalara bölünmüştür. Kollektörün dörtte biri simetrik olarak analiz için alınmıştır (Şekil 5.19.).



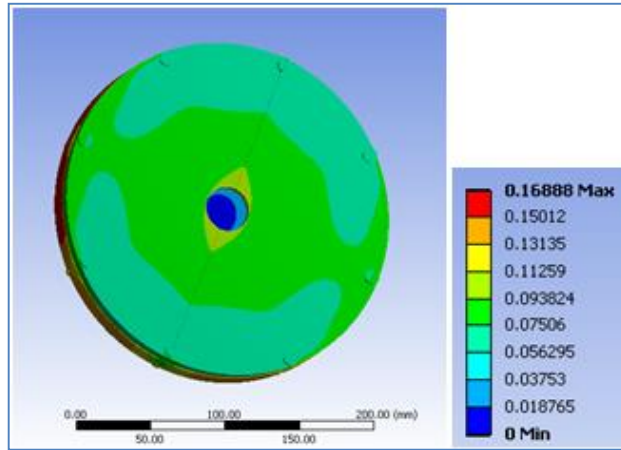
Şekil 5.19. ANSYS analizi için hazırlanan kollektör kesiti.

Oluşturulan dörtte bir katı model sisteme yüklenip sınır şartlar girilip mesh atıldıktan sonra analiz için kollektör bütün hale getirilmiştir. Otomatik mesh kullanıldığında meshlerin analiz için yetersiz olduğu görülmüştür ve toplamda 250000 civarında element tanımlanmıştır (Şekil 5.20.).



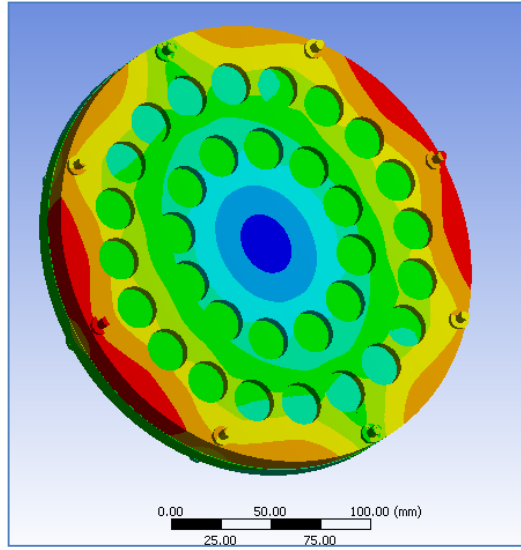
Şekil 5.20. ANSYS mesh modellemesi.

Mesh işlemi yapıldıktan sonra kollektörün çalışma şartları oluşturuldu. Deneylerden elde edilen ısı değerleri kollektörün alt ve üst kapaklarına sınır şartları olarak girildi. Bu sıcaklık değerlerinde toplam deformasyonu görebilmek için çözümleme işlemi yapılmıştır ve Şekil 5.21., 5.22. ve 5.23.'de görüldüğü üzere milimetrenin onda biri kadar uzama olmuştur. 230 mm çapında alüminyum bir malzemede bu oran oldukça düşüktür ve ihmal edilebilir. Dolayısıyla ile bu ölçülerde ve şartlarda tasarımın üretim aşamasına geçmesinde bir engel görülmemektedir.

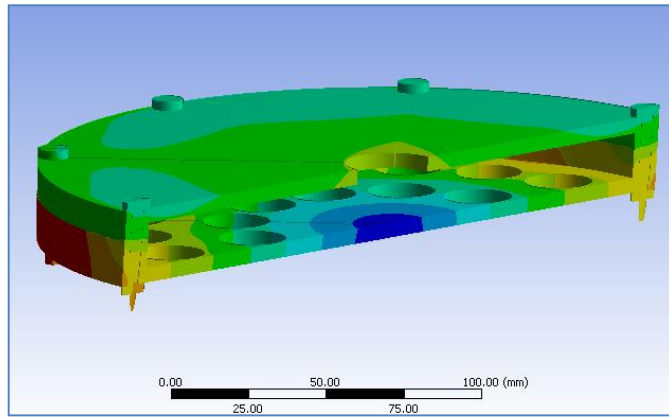


Şekil 5.21. Üst kollektörde oluşan deformasyon.

Şekil 5.22. ve Şekil 5.23.'te görüldüğü üzere toplam deformasyonun en çok olduğu kısımlar cıvata bağlantılarının olduğu noktalardır. Bu noktalar sayısal analizin yapılabilmesi için oluşturulan birleşme noktalarıdır. Birleşme noktalarında keskin köşeler olduğu için mesh bağlantılarının bozulmasına neden olmuştur. Mesh bağlantıların bozulması bu bölgeleri zayıf nokta olarak göstermiştir ve deformasyon değerinin diğer bölgelere oranla yüksek olmasına sebep olmuştur.



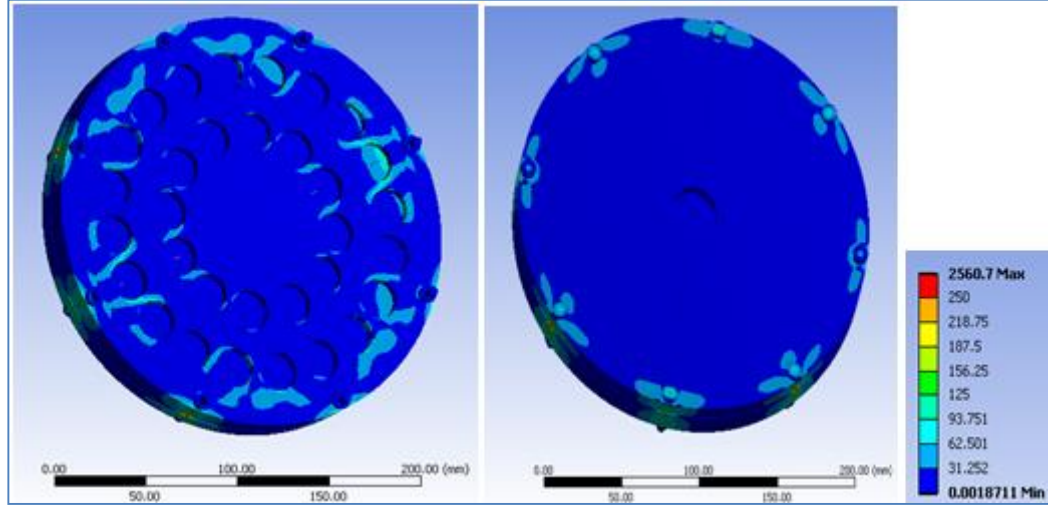
Şekil 5.22. Alt kollektörde oluşan deformasyon.



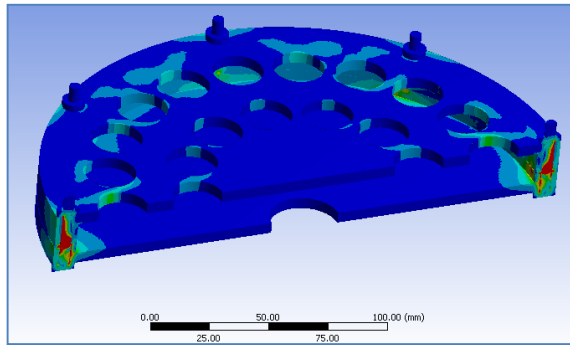
Şekil 5.23. Kollektörde oluşan deformasyonun kesit görüntüsü.

Deformasyon analizinde kullanılan veriler ile kollektör gerilme analizine tabi tutulmuştur. Şekil 5.24. ve 5.25.'de görüldüğü üzere genel olarak gerilme değerlerinin minimum seviyede olduğu görülmüştür. Bazı bölgelerde değerlerin ortalamanın üstünde olduğu görülmektedir. Bu bölgeler deformasyon analizinde

olduğu gibi birleşim yerlerinde yer alan cıvata bağlantı noktaları olduğu görülmektedir. Analiz değerlerinin sonuçları tasarlanan parçanın üretilbilir olduğu şeklinde-dir.



şekil 5.24. Kollektörde oluşan eşdeğer gerilme.



şekil 5.25. Kollektörde oluşan eşdeğer gerilmenin kesit görüntüsü.

BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada günümüz teknolojisinde kullanılan ısıtma sistemleri incelenmiştir. Isıtma sistemlerinde kullanılan ürünlerin eksi ve artı yönleri alınarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda ekonomik, yüksek verim değerlerine sahip ve ticari bir ürün olacak tasarım gerçekleştirilmiştir.

Yasalar, ekonomik koşullar, verim ve çevre gibi etkenler göz önünde bulundurulduğunda ısıtma sistemlerinde doğalgaz, yoğuşmalı kombiler ve merkezi sistemlerin önemi ortaya çıkmıştır. Bu konu üzerinde çalışma yapmak için öncelikle neredeyiz sorusuna cevap bulunmuştur. Neredeyiz sorusuna cevap vermek için literatür, üretim teknikleri ve mevcut sistemler incelenmiştir.

Mevcut sistemler araştırılarak kombiler hakkında detaylı bir çalışma yapılmıştır. Kombilerin çalışma prensipleri incelenmiştir. Kombilerde kullanılan eşanjörler incelenmiştir. Eşanjörler incelenirken kullanılan malzemeler ve tasarımlar hakkında kıyaslamalar yapılmıştır. Bu kıyaslamalar deneyler ve sayısal analizler ile doğrulanmıştır. Deneyler ve sayısal analizler sonucunda elde edilen veriler doğrultusunda da tasarım yapılmıştır.

Yoğuşmalı kombiler günümüzde diğer kombilerin önüne geçmiştir. Ekonomik yönü ve verim değerlerine bakıldığında avantajları çok fazladır. Ayrıca enerji verimliliği için yasaların gerektirdiği şartları sağlaması açısından da yoğuşmalı kombiler tercih edilmektedir.

Nüfus artışına paralel olarak gelişen yaşam merkezlerinde enerji kaynaklarını minimum seviyede kullanarak, maksimum seviyede verim elde etmek için bireysel ısıtma sistemlerinin yerini merkezi sistemler almıştır. Enerji verimliliği ve çevre konusu irdelendiğinde merkezi sistemler kömür ve fuel oil gibi yakıtların yerini

doğalgaz almıştır. Doğalgaz kullanılan sistemlerde de yüksek kapasiteli yoğuşmalı kombiler kullanılmaktadır.

Yüksek kapasiteli cihazların eşanjörlerine bakıldığında paslanmaz ve alüminyumdan oluşan iki farklı malzeme kullanıldığı görülmektedir. Bu iki malzeme karşılaştırıldığında alüminyum alaşımlı malzemeler paslanmaz malzemeye göre üretilebilirlik, ısı iletimi, ağırlık ve maliyet yönünden avantajlıdır. Dezavantaj olarak korozyon ve aşınma karşımıza çıkmaktadır. Tasarım aşamasında malzeme yönünden avantajlar ve dezavantajlar karşılaştırıldığında alüminyum malzeme açık ara öne çıkmıştır.

Yüksek kapasiteli yoğuşmalı cihazlara eşanjör tasarımı olarak baktığımızda karşımıza üç farklı yapı çıkmaktadır. Bunlardan birincisi imalat yöntemleri ile üretilen ve bazılarında kaynak ile birleştirme yapılan sistemlerdir. İkincisi sarmal yapılardan oluşan finli, finsiz, boğumlu borular ya da özel profillerden oluşan sistemlerdir. Üçüncü olarak ise döküm eşanjörlerdir.

Bu üç sistemin karşılaştırılması yapıldığında birinci yöntemde daha çok paslanmaz malzemeler kullanılmaktadır. Dolayısı ile maliyeti yüksek ve ağır ürünlerdir. Ayrıca hacim olarak daha fazla hacme ihtiyaç duyulmaktadır. Kaynaklı birleştirme ise diğer bir dezavantajdır.

İkinci yöntem üretim açısından en kolay yöntemdir. Paslanmaz borularda boğumlar sayesinde yüzey alanı arttırılmaya çalışılmıştır ancak suyun hareketinde oluşan ölü noktalar ısı transferinin engelleyecek yalıtım bölgeleri oluşturmaktadır. Ayrıca sarmal yapı oluşturma esnasında paslanmaz yay etkisi gösterdiği için servis edilebilirlik kısmında zorluklar yaşanmaktadır. Alüminyum boru malzemeler de ise ısı transfer yüzey alanı kanatlar sayesinde arttırılmıştır. Üretimi kolaydır.

Son olarak döküm eşanjörler bloklar halinde kapasiteleri çoğaltılabilir. Servis edilebilirlik ve maliyet açısından dezavantajları bulunmaktadır.

Tasarım yöntemlerinden sarmal yapı birçok avantajlı yönü ile ön plana çıkmıştır. Bu üç tasarımın ortak dezavantajı ise eşanjörlerde bir sıkıntı oluşması durumunda eşanjör tamamen hurdaya ayrılmaktadır. Tasarım yapılırken tüm bu etkenler göz önünde tutulmuştur.

Yukarıda belirtilen sebeplerden ötürü benchmark ürünlerinde iki farklı ürün tercih edilmiştir. Yapısal olarak üretilebilirlik yönünden diğerlerine oranla daha kolay olan sarmal eşanjör tercih edilmiştir. Malzeme olarak alüminyum ve paslanmaz seçilmiştir.

Malzeme seçiminde faz değişimi olmaması için malzemenin maruz kalacağı sıcaklık önemli bir etkidir. Ayrıca kanat ve boru yüzeylerinde oluşan sıcaklıklar malzeme dayanımı için veri oluşturmaktadır. Elde edilen bu veriler sayısal analiz yapılırken sınır şartları olarak kullanılmıştır.

Oluşturulan test düzeneklerinde yapılan deneylerde yanma odasında en yüksek sıcaklıkların yönlendirici bölgesinde olduğu görülmüştür. Sıcaklık değerlerinin 1000°C ile 1100°C arasında olduğu gözlenmiştir. Yanma odasında eşanjör dış yüzeyinde sıcaklık değerlerinin en yüksek olduğu bölgede sıcaklıklar 150°C - 160°C olarak ölçülmüştür. Dolayısı ile bu sıcaklık değerleri malzeme seçiminde malzemenin ergime noktası altında kalmaktadır ve herhangi bir tehdit oluşturmamaktadır.

Verimlilik açısından önemli, yoğunlaşma için gerekli olan sıcaklık değeri içinde ölçümler yapılmıştır. Atık gazın sistemi terk ettiği sıcaklık 50°C ile 55°C arasında olduğu görülmüştür. Tüm bu sıcaklık değerleri termal kamera ve deney sonuçları ile doğrulandıktan sonra yanma odasının sıcaklık haritası oluşturulmuştur.

Ölçülen sıcaklık değerleri ve test ünitesinden alınan verim değerleri sayısal analizlerde veri olarak kullanılmıştır. Öncelikli olarak paslanmaz borunun katı modelleri oluşturulup sayısal analizleri yapılmıştır. Paslanmaz borudaki ısı transfer yüzey alanı yüksek kapasiteler için yeterli değildir. Mevcut boğumlu boru ile yüksek kapasitelere ulaşmak için çok büyük hacimler gerekmektedir. Buda maliyet yönüyle

karşımıza dezavantaj olarak çıkmaktadır. Diğer bir dezavantaj ise suyun akışından kaynaklanan doğal yalıtım alanlarıdır. Bu etkenler göz önünde bulundurulduğunda paslanmaz ve boğumlu borudan oluşan tasarımlardan vazgeçilmiştir.

Alüminyum malzeme ile yapılan testler de alınan verim değerleri ile yapılan sayısal analizler sonucunda paslanmaza göre daha iyi sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Ayrıca daha yüksek kapasiteler için çok büyük hacimler gerekmemektedir. Alüminyum malzemeyi tercih etmekte diğer bir avantaj ise yeni tasarımlar için üretilebilirlik yönünden esneklik sağlamaktadır.

Her iki ürününde atık gazlarının modellemesi yapıldığında sistemlerde ölü noktaların bulunduğu ortaya çıkmıştır. Atık gazdan maksimum seviyede yararlanabilmek adına atık gazı şartlandırmak için yönlendiriciler kullanılmıştır. Bu sayede atık gazın daha çok yüzey ile teması ile sağlanmıştır.

Literatür, test ve sayısal analiz sonuçlarından anlaşıldığı üzere yanma odası içinde brülör etrafında en büyük ısı transferi ışınımla gerçekleşmektedir. Isı transferi ışınımla gerçekleştiği için kanatlar ile yüzey alanı artırmanın faydalı olmadığı görülmektedir. Ancak yoğuşma bölgesinde ısı transfer yüzey alanının artırılması gerekmektedir.

Mevcut teknolojiler ile eşanjörün tamamında kanat kullanıldığı için gereksiz malzeme kullanımı vardır. Buda maliyeti artırmaktadır. Üretim tekniği olarak kaynaklı birleştirme kullanmadan bütün bir ürün uygulaması yoktur.

Tasarım için alüminyum malzeme seçildikten sonra literatür araştırmalarında pek fazla yer almayan, iki farklı yapıdan oluşan eşanjör tasarlanmıştır. Yanma ünitesi içinde ışınımla ısı transferinin gerçekleştiği bölgede düz sarmal boru kullanılmıştır. Gereksiz kanat kullanımından kaçınıldığı için maliyet olarak da avantaj sağlanılmıştır.

Yoğuşma bölgesinde yüzey alanını artırmak için kanatlar kullanılmıştır. Benchmark çalışmalarında yapılan analizlerde görülen ölü noktaları değerlendirmek için sarmal

yapı yerine kanatlı boruların özel dizilimi ile bu ölü noktalar minimize edilmiştir. Ayrıca atık gazın merkezden homojen bir şekilde çıkması sağlanarak yoğunlaşma bölgesinde ki bütün yüzeylerden eşit şekilde yararlanılmıştır.

Boru demeti üst kollektör ve alt kollektör arasında bağlantıyı sağlamıştır. Boru demeti tasarımı ovalama teknolojisine göre yapılmıştır. Bu sayede hem gereksiz malzeme kullanımından kaçınılmıştır hem de ısıl direnç oluşturabilecek yüzey temasından kaçınılmıştır. Boruların kollektöre bağlanmasında kaynak yönteminden uzak durmak için makinato yöntemi kullanılmıştır. Makinato yönteminde kaynağın oluşturacağı korozyon riski oluşmadığı gibi iyi bir sızdırmazlık yüzeyi de oluşturulmuştur.

Boru demetinin dizilimi atık gazın yönlenmesinde etkili olmuştur ancak buna rağmen etkisiz alanlar kalmaktadır. Bu etkiyi de gidermek için kollektör etrafına sarmal yapıda bir yönlendirici tasarlanarak atık gazın daha fazla yüzey ile teması sağlanmıştır.

Üst kollektör yönlendirici görevi görerek yanma bölgesi ve yoğunlaşma bölgesini birbirinden ayırmıştır. Kollektör içindeki suyun ve alüminyum aynaların sıcaktan etkilenmesi önlemek için kollektör üstüne 30 mm kalınlıkta sıkıştırılmış cam yününden yalıtım sağlanmıştır.

Tasarlanan kollektörlerin uygun ölçülerde ve fiziksel şartlar olarak yeterli seviyede olup olmadığını görmek için sayısal modellemeler yapılmıştır. Sayısal modelleme üst kollektör için yapılmıştır. Çünkü sıcaklıktan alt kollektöre göre daha çok etkilenmektedir. Kollektörün üst aynası yalıtım malzemesi etkisinden dolayı alt aynaya göre daha az sıcaklığa maruz kalmaktadır. Yaklaşık 10 °C bir fark bulunmaktadır.

Sıcaklık farkından dolayı aynalar da farklı genleşmeler oluşacaktır. Bu genleşmeleri sayısal analizle modellediğimizde çok az miktarda deformasyon ve gerilme gerçekleşmektedir. 230 mm yanında maksimum 0,15 mm deformasyon kabul edilebilir bir değerdir. Ayrıca maksimum deformasyonun olduğu bölgeler,

Çözümleme sıkıntısından dolayı bütün model kullanılmadığı için birleştirme noktalarında olduğu görölmektedir.

Sonuç olarak tasarımın sayısal analizler ile doğruluğu kanıtlanmıştır. Atık gaz akışı modellenerek eşanjörde ısı transfer yüzey alanlarının aktif bir şekilde kullanıldığı görölmüştür. Tasarlanan ürünün sayısal analizler sonucunda faydalı bir model olduğu görölmüştür.

Tasarımda kullanılan girdiler ve çıktılar ile bu çalışma bundan sonraki birçok çalışmaya ışık tutacaktır. Bu çalışmada literatür de yer almayan bazı bilgiler deneyler ve analizler ile belirlenmiştir. Bazı bilgilerde doğrulanmıştır.

Genel olarak baktığımızda maliyeti düşük, üretim teknolojileri açısından üretilebilirliği yüksek, farklı üretim tekniklerinin kullanıldığı yüksek verim değerlerine sahip bir çalışmadır.

Servis edilebilirlik yönüyle de avantajlı bir tasarım olmuştur. Mevcut ürünlerde eşanjörde olası bir sıkıntı durumunda eşanjör hurdaya gitmektedir. Ama bu çalışma ile eşanjörde oluşacak bir sıkıntıda eşanjörün tamamını değiştirmek yerini sadece sıkıntılı bölgenin revizyonu yapılacaktır. Yapılacak prototip ile optimizasyon çalışmaları sonrasında ticari bir ürün oluşturulacaktır.

KAYNAKLAR

1. Omar, M.A., “Yoğuşmalı kombiler için çok geçişli kompakt ısı değiştiricisi ve yarı küresel metal matrix yakıcının geliştirilmesi”, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 1-10 (2014).
2. İnternet: T.C. Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, “Günümüzde kullanılan alternatif enerji kaynakları ve kullanım alanları”, <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Temiz-Enerji>, (2015).
3. Kadioğlu, S., Tellioglu, Z., “Enerji kaynaklarının kullanımı ve çevreye etkileri”, *TMMOB 1. Enerji Sempozyumu*, Ankara, 1-50 (1996).
4. Pınarlı, V., ve Yonarlı, T., “Bursa ilinde çevre kirlenmesi önceliklerine genel bir bakış”, *Türkiye’de Çevre Kirlenmesi Öncelikleri Sempozyumu III*, Kocaeli, 33-43 (1999).
5. Akkoyunlu, A., “ Türkiye’de enerji kaynakları ve çevreye etkileri”, *Türkiye’de Enerji ve Kalkınma Sempozyumu*, İstanbul, 143 (2006).
6. İnternet: “2013 yılı ham petrol ve doğalgaz sektörü raporu”, <http://www.tpao.gov.tr/tp5/docs/rapor/2013-yili-ham-petrol-ve-doğal-gaz-sektör-raporu>, (2015).
7. Kuck, J., “Efficiency of vapour-pump-equipped condensing boilers”, *Applied Thermal Engineering*, 16 (3): 233-244 (1996).
8. Torii, S. and Yang, W., “Laminarization of turbulent gas flow inside a strongly heated tube”, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 40 (13): 3105-3117 (1997).
9. Lozza, G. And Merlo, U., “An experimental investigation of heat transfer and friction losses of interrupted and wavy fins for fin and tube heat exchangers”, *International Journal and Refrigeration*, 24 (5): 409-416 (2001).
10. Che, D., Liu, Y. and Gao, C., “Evaluation of retrofitting a conventional natural gas fired boiler into a condensing boiler”, *Energy Conversion and Management*, 45 (20): 3251-3266 (2004).
11. Mon, M.S. and Gross, U., “ Numerical study of fin-spacing effects in annular – finned tube heat exchangers”, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 47 (8-9): 1953-1964 (2004).

12. Erek, A., Ozerdem, B., Bilir, L. and Ilken, Z., “Effect of geometrical parameters on heat transfer and pressure drop characteristic of plate fin and tube heat exchangers”, *Applied Thermal Engineering*, 25 (14-15): 2421-2431 (2005).
13. Kim, Y., “Heat transfer characteristics of flat plate finned-tube heat exchangers with large fin pitch”, *International Journal of Refrigeration*, 28 (6): 851-858 (2005).
14. Sahin, B., Akkoca, A., Ozturk, N.A. and Akilli.H., “ Investigation of flow characteristics in a plate fin and tube heat exchanger model composed of single”, *International Journal of Heat and Fluid Flow*, 27 (3): 522-530 (2006).
15. Elshafei, M.M.K., “Interactive stability of multi objective integer nonlinear programming problems”, *Applied Mathematics ans Computation*, 176 (1): 230-236 (2006).
16. Bidi, M., Hosseini, R. and Nobari, M.R.H., “Numerical analysis of methane-air combustion considering radiation effect”, *Energy Conversion and Management*, 49 (12): 3634-3647 (2008).
17. İnternet: Yurtbasi, “Makineto genel uygulama yöntemleri” http://www.yurtbasi.com/index.php/tr/urunler/8_urunler/20_genel_uygulama_yontemleri, (2015).
18. Türkeri, A., “ Bireysel ve merkezi ısıtma sistemleri tanıtımı ve karşılaştırılması”, *VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi*, İzmir, 182, (2007).
19. İnternet: İzmirgaz, “Kombi kullanım rehberi” http://www.izmirgaz.com.tr/files/kombi_kullanım_rehberi, (2015).
20. İnternet: Ferroli, “Pratik bilgiler” http://www.ferroli.com.tr/uploaded_files/file/pratik_bilgiler_2, (2015).
21. İnternet: Vaillant, “Müşterilerimize özel servis hizmetleri sık sorulan sorular” http://www.vaillant.com.tr/musterilerimize_ozel/ak_11_servis_hizmetlerimizi/sık_sorulan_sorular/index.tr, (2015).
22. İnternet: Demir Döküm, “Tüketici destek sıkça sorulan sorular” http://www.demirdokum.com.tr/anasayfa/tuketici_destek/sıkca_sorulan_sorular/index.tr, (2015).
23. Çetin, F.D., “Isı eşanjörlerinde ısı transferi iyileştirme yöntemlerinin sayısal ve deneysel olarak incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-33 (2012).
24. Canbaz, H., “Kanatlı borulu bir ısı eşanjöründeki ısı geçişinin sayısal olarak incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, İstanbul, 3-23 (2011).

25. Danışman, C., “Plakalı eşanjör etkinlik deneysel analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Eskişehir, 1-14 (2010).
26. Kılıç, B., “Plakalı ısı eşanjörlerinin ısıtma ve soğutma uygulamaları için optimum çalışma şartlarının araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, 1-16 (2008).
27. Demirhan, M., “Sıcak sulu bir ısıtma sistemine plakalı eşanjör yerleştirilmesinin sistem çalışma parametrelerine etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, Karabük, 31-43 (2012).
28. İnternet: Demir Döküm, “Duvar tipi yoğuşmalı kazan”, <http://www.demirdokum.com.tr/?urun=hk-50-m- cihaz-seti>, (2015).
29. İnternet: Vokera, “Duvar tipi yoğuşmalı kazan”, <http://cdn0.vokera.co.uk/wp-content/uploads/2009/03/condexapro-config-catalogue-2011-uk.pdf>, (2015).
30. İnternet: Viessmann, “Gaz yakıtlı yoğuşmalı kombi / kazan”, http://www.viessmann.com.tr/content/dam/internet-tr/datenblatt/vi-program%202014_low.pdf, (2015).
31. İnternet: Immergas, <http://www.immergas.com.tr/media/static/products/victrix-pro-100-1-i.pdf>, (2015).
32. İnternet: Vaillant, “Yoğuşmalı duvar tipi ısıtmalı cihazlar”, http://www.vaillant.com.tr/musterilerimize-ozel/urunler/yogusmal-duvar-tipi-s-tma-cihazlar-704.tr_tr.html, (2015).
33. İnternet: Wolf, <http://www.alarko-carrier.com.tr/tr/alarko-carrier-urun-detay/22/wolf-cgb-serisi-tam-yogusmali-kazanlar>, (2015)
34. İnternet: Ferroli, “Duvar tipi yoğuşmalı kazan”, http://www.ferroli.com.tr/uploaded_files/file/FerroliEnergyTopW.pdf, (2015).
35. İnternet: Bosch, “Yoğuşmalı kaskad sistemler”, <http://www.bosch-climate.com.tr/bosch-urunler/duvar-tipi-gazli-cihazlar/yogusmali-kazanlar/yoğuşmalı-kaskad-sistemler.html>, (2015).
36. İnternet: ECA, “Duvar tipi yoğuşmalı kazan”, <http://www.eca.com.tr/tr/urun/detay/187/de-dietrich-mca-serisi-duvar-tipi-yogusmali-kazanlar>, (2015).
37. İnternet: Junkers, http://junkers-de.resource.bosch.com/media/de/unterlagen/broschueren_2/Junkers_Gas-Brennwertheizungen_wandhaengend.pdf, (2015)

38. İnternet: Remeha, <http://bursay.com.tr/Kataloglar/Remeha-Quinta-Pro.pdf>, (2015)
39. İnternet: Rima, “Duvar tipi yoğuşmalı kazan”, <http://www.rima.com.tr/urunler.html>, (2015).
40. İnternet: Termoteknik, “Duvar tipi yoğuşmalı kazan”, <http://www.termoteknik.com/sayfalar.asp?LanguageID=1&cid=2&id=622&id2=623>, (2015).
41. İnternet: Buderus, “Duvar tipi yoğuşmalı kazan”, http://www.buderus-tr.com/upload/CmsPage/PageContentFile/Buderus_GB162_95bc72.pdf, (2015).
42. Incropera, F.P., Dewitt, D., Bergman, T., Lavine, A., “Fundamentals of Heat and Mass Transfer 6th ed.” *John Wiley & Sons*, New York, 62 (2006).

EK AÇIKLAMALAR A.

ANSYS'DE KULLANILAN MODELLEME ve MALZEME ÖZELLİKLERİ

Object Name	AYNA_CIVATA_AF14	AYNA_CIVATA_AF13	AYNA_CIVATA_AF12	TEYDEP_SARMAL_AYNA_A1_AF1	TEYDEP_SARMAL_AYNA_U_AF1
State	Meshed				
Graphics Properties					
Visible	Yes				
Glow	0				
Shininess	1				
Transparency	1				
Specularity	1				
Definition					
Suppressed	No				
ID (Beta)	17	20	23	26	74
Stiffness Behavior	Flexible				
Coordinate System	Default Coordinate System				
Reference Temperature	By Environment				
Material					
Assignment	Structural Steel		Aluminum Alloy		Structural Steel
Nonlinear Effects	Yes				
Thermal Strain Effects	Yes				
Bounding Box					
Length X	5. mm	10. mm		114. mm	
Length Y	38. mm		15. mm		10. mm
Length Z	10. mm		5. mm	114. mm	
Properties					
Volume	537.34 mm ³	1074.7 mm ³	537.34 mm ³	52500 mm ³	58320 mm ³
Mass	4.2181e-003 kg	8.4362e-003 kg	1.4884e-003 kg	0.14543 kg	0.45781 kg
Centroid X	-1.5105 mm	-77.075 mm	-109. mm	-55.843 mm	-51.95 mm
Centroid Y	-4.8338 mm		-10.11 mm		6.7822 mm
Centroid Z	109. mm	77.075 mm	1.5105 mm	55.842 mm	51.95 mm
Moment of Inertia Ip1	0.63828 kg-mm ²	1.2765 kg-mm ²	0.22184 kg-mm ²	224.39 kg-mm ²	283.26 kg-mm ²
Moment of Inertia Ip2	2.0313e-002 kg-mm ²	5.9846e-002 kg-mm ²	7.1676e-003 kg-mm ²	328.53 kg-mm ²	888.58 kg-mm ²
Moment of Inertia Ip3	0.62867 kg-mm ²	1.2765 kg-mm ²	0.22523 kg-mm ²	108.01 kg-mm ²	609.57 kg-mm ²
Statistics					
Nodes	16716	23554	16247	150728	163742
Elements	10537	15236	10193	98530	108084
Mesh Metric	None				

Şekil Ek.A.1. ANSYS modellemede geometrik özellikler.

Object Name	Mesh
State	Solved
Display	
Display Style	Body Color
Defaults	
Physics Preference	Mechanical
Relevance	0
Sizing	
Use Advanced Size Function	On: Proximity and Curvature
Relevance Center	Fine
Initial Size Seed	Active Assembly
Smoothing	Medium
Transition	Slow
Span Angle Center	Fine
Curvature Normal Angle	Default (18.0 °)
Num Cells Across Gap	Default (3)
Proximity Size Function Sources	Faces and Edges
Min Size	Default (2.4181e-002 mm)
Proximity Min Size	Default (2.4181e-002 mm)
Max Face Size	Default (2.41810 mm)
Max Size	Default (4.83620 mm)
Growth Rate	Default (1.20)
Minimum Edge Length	2.50 mm

Şekil Ek.A.2. ANSYS modellemede mesh özellikleri.

Aluminum Alloy > Constants	
Density	2.77e-006 kg mm ⁻³
Coefficient of Thermal Expansion	2.3e-005 C ⁻¹
Specific Heat	8.75e+005 mJ kg ⁻¹ C ⁻¹

Aluminum Alloy > Tensile Ultimate Strength

Tensile Ultimate Strength MPa
310

Aluminum Alloy > Compressive Ultimate Strength

Compressive Ultimate Strength MPa
0

Aluminum Alloy > Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion

Reference Temperature C
22

Aluminum Alloy > Compressive Yield Strength

Compressive Yield Strength MPa
280

Aluminum Alloy > Isotropic Thermal Conductivity

Thermal Conductivity W mm ⁻¹ C ⁻¹	Temperature C
0.114	-100
0.144	0
0.165	100
0.175	200

Aluminum Alloy > Tensile Yield Strength

Tensile Yield Strength MPa
280

Şekil Ek.A.3. Alüminyum malzemenin mekanik özellikleri.

Aluminum Alloy > Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion

Reference Temperature C
22

Aluminum Alloy > Isotropic Thermal Conductivity

Thermal Conductivity W mm ⁻¹ C ⁻¹	Temperature C
0.114	-100
0.144	0
0.165	100
0.175	200

Aluminum Alloy > Isotropic Resistivity

Resistivity ohm mm	Temperature C
2.43e-005	0
2.67e-005	20
3.63e-005	100

Aluminum Alloy > Isotropic Elasticity

Temperature C	Young's Modulus MPa	Poisson's Ratio	Bulk Modulus MPa	Shear Modulus MPa
	71000	0.33	69608	26692

Şekil Ek.A.4. Alüminyum malzemenin termal özellikleri.

Aluminum Alloy > Alternating Stress R-Ratio

Alternating Stress MPa	Cycles	R-Ratio
275.8	1700	-1
241.3	5000	-1
206.8	34000	-1
172.4	1.4e+005	-1
137.9	8.e+005	-1
117.2	2.4e+006	-1
89.63	5.5e+007	-1
82.74	1.e+008	-1
170.6	50000	-0.5
139.6	3.5e+005	-0.5
108.6	3.7e+006	-0.5
87.91	1.4e+007	-0.5
77.57	5.e+007	-0.5
72.39	1.e+008	-0.5
144.8	50000	0
120.7	1.9e+005	0
103.4	1.3e+006	0
93.08	4.4e+006	0
86.18	1.2e+007	0
72.39	1.e+008	0
74.12	3.e+005	0.5
70.67	1.5e+006	0.5
66.36	1.2e+007	0.5
62.05	1.e+008	0.5

Şekil Ek.A.5. Alüminyum malzemenin değişken gerilme oranları.

ÖZGEÇMİŞ

Mustafa DUTUCU 1984 yılında Karabük'te doğdu; ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı. 2002 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde öğrenime başlayıp 2007 yılında mezun oldu. 2009 yılında askerlik görevini tamamladıktan sonra 2009 yılında Kardemir A.Ş.' de Çelikhane Müdürlüğü'nde Bakım mühendisi olarak çalıştı. 2011 yılında Kardemir A.Ş.'den ayrılıp Erse Makine'de imalat mühendisi olarak çalıştı. 2012 yılında Petlas A.Ş. Ar-Ge Müdürlüğü'nde Ürün Proses ve Geliştirme Mühendisi olarak çalıştıktan sonra 2014 yılında Türk DemirDöküm Fabrikaları A.Ş. Ar-Ge Merkezi'nde Tasarım Mühendisi olarak başladı ve halen aynı görevde çalışmaktadır.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Kasımpaşa Mahallesi, Demirdöküm Caddesi,
Demirdöküm Lojmanları, D:10
Bozüyük / BİLECİK
Tel : (554) 400 2005
E-posta : mustafadutucu@gmail.com

