

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ŞİVİ YAKITLI KAZANLARIN
DOĞAL GAZA DÖNÜŞTÜRÜLMESİ**

34770

Mak. Müh. Ayşe AKAR

**F.B.E. Makina Mühendisliği Anabilim Dalında
hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. Burhan SUNGU

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

İSTANBUL, 1994

ÇİNDEKİLER :

| | |
|--|-----|
| EMBOL LİSTESİ | ii |
| ÖZET | iii |
| - YAKITLAR | 1 |
| -1- Yakıtlarda Aranan Genel Özellikler | 1 |
| - YANMA | 16 |
| -1- Yakıtın Isıl Değerinin Tayini | 17 |
| -2- Özgül Hava Miktarı | 21 |
| -3- Özgül Duman Miktarı | 25 |
| - KAZAN TERMİK HESAPLARI | 33 |
| -1- Yanma Odası Hesabı | 33 |
| -2- Konveksiyon Yüzeylerinde Isı Transfer Hesabı | 43 |
| -2-1- K Toplam Isı Transfer Katsayısının Tayini | 44 |
| -2-2- Isıtma Yüzeyi Alanlarının Tayini | 47 |
| -2-3- Logaritmik Ortalama Sıcaklık Farkı Hesabı | 49 |

| | |
|---|-----|
| - KAZAN TERMİK HESABINA AİT ÖRNEK | 52 |
| -1- Fuel-oil Kazanı Termik Hesabı | 53 |
| -1-1- Isıl Verim | 53 |
| -1-2- Yakıt Miktarı | 53 |
| -1-3- Ocak Sıcaklığı | 53 |
| -1-4- Konveksiyon Yüzeylerinde Isı Transferi | 57 |
| 1-2- Doğal Gaz Kazanı Termik Hesabı | 70 |
| 1-2-1- Isıl Verim | 70 |
| 1-2-2- Yakıt Miktarı | 70 |
| 1-2-3- Ocak Sıcaklığı | 70 |
| 1-2-4- Konveksiyon Yüzeylerinde Isı Transferi | 72 |
| 5- BRÜLÖRLER | 83 |
| 5-1- Sıvı Yakıt Brülörleri | 83 |
| 5-2- Doğal Gaz Brülörleri | 84 |
| 5-2-1 Üflemlerli Brülörler | 85 |
| 5-2-1-a) Monoblok Doğal Gaz Brülörleri | 88 |
| 6- SIVI YAKITLI KAZANLARIN DOĞAL GAZA DÖNÜŞÜMÜ | 95 |
| 6-1- Dönüşüm İşleminde Alınacak Olan Tedbirler | 95 |
| 6-2- Gaz Boru Hattı Elemanları | 101 |

-3- Doğal Gaza Dönüşümde Bacalar 103

- SONUÇ 106

KAYNAKLAR

EKLER



SEMBOL LİSTESİ :

| | | |
|---------------------------------|---|---------------|
| A | : Alan | (m^2) |
| Apk | : Patlama kapağı alanı | " |
| Bh | : Yakıt debisi | (Kg/h) |
| b | : Ortalama sıcaklık değerine bağlı katsayı | |
| C | : İS radyasyonu için katsayı | |
| D,d | : Çap | (m) |
| D _d , d _d | : Dış çap | " |
| D _i , d _i | : İç çap | " |
| d _h | : Hidrolik çap | " |
| d _k | : Alev borusu çapı | " |
| Hm | : Ortalama alev yükü | $(Kcal/Nm^3)$ |
| Ho | : Üst ısııl değer | " |
| Hu | : Alt ısııl değer | " |
| İ | : Entalpi | " |
| İg | : Duman gazlarının çıkış ental- pisi | " |
| İ _L | : Yakma havasının entalpisi | " |
| İth | : Duman gazlarının alacağı teorik entalpi | " |

| | | |
|-----------------------------|--|---------------------------|
| K | : Konveksiyon ısı transfer katsayısı | (Kcal/m ² h C) |
| L ₁ | : Uzunluk | (m) |
| L _{ger} | : Gerçek hava miktarı | (Nm ³ /KgY) |
| L _{min} | : Minimum hava miktarı | " |
| n | : Hava fazlalık katsayısı | " |
| O _{min} | : Minimum oksijen miktarı | " |
| P _{CO₂} | : CO ₂ gazının kısmi basıncı | (ata) |
| P _{H₂O} | : Su buharının kısmi basıncı | " |
| S | : Eşdeğer tabaka kalınlığı | (m) |
| T | : Sıcaklık | (C) |
| T _ç | : Duman gazlarının çıkış sıcaklığı | " |
| T _g | : Duman gazlarının giriş sıcaklığı | " |
| T _{ort} | : Ortalama sıcaklık | " |
| T _s | : Besleme suyu sıcaklığı | " |
| T _w | : Yüzey sıcaklığı | " |
| V _g | : Gerçek özgül yağ duman miktarı | (Nm ³ /KgY) |
| V _{gt} | : Teorik özgül yağ duman miktarı | " |
| Q _k | : Kazan kapasitesi | (Kcal/h) |
| W _o | : Duman gazlarının normal şartlardaki hızı | (m/s) |
| W _R | : Duman gazlarının gerçek hızı | " |
| ξ | : Emissivite değeri | " |

Bu projenin hazırlanmasında yardımcı olan Sayın Yrd.Doç.Dr.
Burhan SUNGU'ya teşekkür ederim.

Haziran, 1994

Ayşe AKAR



III

ÖZET :

Bu çalışmada, fuel-oil yakan mevcut sıcak su kazanının doğal gaza dönüştürülmesi işlemi incelenmiştir. Bu durumda kazan kapasiteleri ve sıcaklık dağılımları birbirinden farklı özellikler göstermektedir.

Doğal gaz, yüksek oranda C ve H, yok denecek kadar az S içerir. Bundan dolayı cidarlara ışınlama ısı geçişi az, taşınım ile transfer edilen ısı miktarı fazladır. Dönüşüm sonucunda, ocak sıcaklığı fazla olur. Asıl ısıtma yüzeylerinde, konveksiyonla ısı transfer katsayısının artmasından dolayı, bölüm sonu sıcaklığı, fuel-oil yakıldığı andaki değerine yaklaşır.

Doğal gaz, S içermediğinden yanma sonunda SO_x oluşmaz. Dolayısıyla korozif etkisi olan H₂SO₄ oluşmaz. Böylece, sadece gazı sıcaklığı düşük tutulabilmektedir.

Doğal gaz, temiz bir yakıt olduğundan hava kirliliği için önemli bir alternatiftir. Ayrıca, yatırım ve işletme maliyetlerinin fazla olmamasından dolayı ekonomiktir.

III

SUMMARY :

In this work, the conversion of existing fuel-oil fired boilers to natural gas investigated. In this position, the capacity and the temperature distribution of existing fuel-oil fired boilers are different.

Natural gas content is high rate hydrogen and carbon, and very low rate sulfur. Due to these properties, radiative heat transfer to surface is low and the total heat transfer in the convection surfaces is high. So the temperature values of boilers units decreased.

In result of firing natural gas, there isn't be SO_x emissions. So, the flue gas temperature can be reduced.

Natural gas an alternative fire for air polluting problem. In addition, investment and working cost aren't expensive.

1- YAKITLAR :

Yakıldıkları zaman ortama kullanılabilir miktarda ısı veren maddelere yakıt denir.

Enerjinin elde edilmesi için en önemli kaynak yakıtlarda depo edilmiş bulunan kimyasal enerjidir. Yakıt elementlerinin oksijenle birleşmesi sonucunda ateş meydana getiren kimyasal enerji ısı enerjisi olarak elde edilir. Bu ısı bazen olduğu gibi bazende mekanik enerjiye yada elektrik enerjisine çevrilerek kullanılır.

1-1- YAKITLARDA ARANAN GENEL ÖZELLİKLER :

- Isıtma yeteneği iyi olmalıdır.

Yakıtların vermiş oldukları ısının büyük bir kısmı alevle taşındığından alevin emisyon yeteneği büyük olmalıdır. Alev ışınımı is ve gaz ışınımından oluşur. Alev ışınımında yakacak cinsi, yakıcı dizaynı, alevin eşdeğer tabaka kalınlığı ve alevin sıcaklığı esastır. Alevdeki karbon parçacıkları, damlalar ve yanma gazlarının büyük bir kısmının CO_2 ve H_2O olması ışınımını azaltır.

Doğal gaz yakılması halinde alev ışınımı, is ve tane-cik ışınımı olmaması nedeniyle fuel-oil yakan ocaklardakinden daha azdır.

Yakacak cinsine göre alev ısınım yayma katsayıları

Fuel-oil : 0,45 - 0,8
Dogalgaz : 0,3 - 0,5

Dogalgaz alevi, ısı radyasyonunun olmamasından dolayı mavi renklidir. Bu alevden ocağı çevreleyen soğutucu cidarlara geçen ısı miktarı nispeten azdır. Daha az soğumaya bağlı olarakta ocak sıcaklıkları yüksektir. 1600 C'a varan ocak sıcaklıklarından dolayı kazan konstrüksiyonunda bazı önlemler alınabilir.

Karışımın daha iyi ve yanmanın daha hızlı olması halinde alev parlaklığı azalmaktadır. Parlak alev, enerjisinin büyük kısmını akkor parçacık radyasyonu yoluyla aktarır ve bu bütün alevlerde mevcut olan karbondioksit ile su buharının oluşturduğu radyasyondan çok daha fazladır.

Sıcak karbon parçacıklarının yokluğu alevin emisivitesini zayıflatır ve yanma odası ısı geçişini azaltarak baca gazı sıcaklığını yükseltir. Alev boyu fuel-oil'e göre daha kısadır. Ocak yükü fazla, gerekli ocak hacmi küçüktür.

Emisivitenin yanında alevin konveksiyon özelliğide büyük olmalıdır. Doğal gazlı kazanlarda asıl ısı geçişi konveksiyonla olur. Yanma sonucu, yanma ürünü sıcak duman gazlarına geçen yakıt ısı, büyük ölçüde ocak dışında kalan konveksiyon yüzeylerinde suya geçer. Bu nedenle dogalgaz kazanlarında konveksiyon yüzeyleri iyi dizayn edilmelidir.

Sıvı yakıttan doğalgaza dönüşümde konveksiyon yüzeylerinden geçen ısı miktarının artmasından dolayı ocaktan gazlar daha sıcak gelir ve duman gazı bileşiminde su buharı oranı yükse-
lidir. Bunun sonucunda taşınım katsayısı artar. Su buharı ora-
nı arttıkça konveksiyon yüzeylerindeki gaz ışınlamada artar.

Yakıt kolay tutuşup yanabilmelidir. Tutuşan yakıt yan-
masını devam ettirebilmelidir.

Sıvı yakıtların yanabilmesi için önce gaz fazına geç-
meleri gereklidir. Sıvı yakıtlar atmosferik basınç altında,
yakıt cinsine göre değişik sıcaklıklarda olmak üzere yüzey-
den buharlaşır.

Yakıt, ısıtılırsa belirli bir sıcaklıktan sonra yakıtta
doğru bir alev götürülürse alevin etkisiyle yakıt yanar ve
hemen söner. Bu sıcaklığa yakıtın alevlenme sıcaklığı denir.

Sıvı yakıt, gaz haline dönüştükten sonra hava ile ka-
rışması ve yeter büyüklükte bir enerji kaynağı ile tutuştu-
rulması gereklidir.

Isıtılan yakıtın üzerinde ısınma sonucu hafif hidro-
karbonlardan oluşan bir buhar tabakası oluşur ve hava ile
karışır. Eğer buhar/hava oranı uygun oranda ise tutuşma
olur. Buharlaşma hızı yanma hızından küçükse yanan karışı-
mın yerini yanabilir karışım alamayacağından yanma derhal
durur. Bu olayın meydana geldiği sıcaklığa o yakıtın alev-
lenme noktası denir.

Eger yakıt ısıtılmaya devam edilirse, buharlaşma hızı gittikçe artacaktır. Öyle bir sıcaklığa ulaşılır ki yanan karışımın yerini yanabilen karışım derhal alır ve bu durumda yanma başlar ve sönmeden devam eder. Yakıtın bu sıcaklığına yanma noktası denilir.

Yakıtta bir alev oluşması oksidasyon sonucudur. Oksidasyon ekzotermik reaksiyon olduğundan oksidasyona maruz kalan yakıtın ısınması gerekmektedir. Ancak açığa çıkan ısı, ortama atılan ısıdan daha küçük ise ısınma söz konusu olamaz. Sıcak bir plaka üzerine bir yakıt damlası bırakılırsa oksidasyon hemen başlar. damlanın sıcaklığa kalışı yeteri kadar uzatılırsa ve açığa çıkan ısı kaybolan ısıdan fazla ise yakıt kütesinin ısınmasını sağlayacaktır. Bir süre sonra kendi kendini ısıtma sonucu oksidasyon hızı artacak ve sonunda bir alev oluşacaktır. Alevin meydana geldiği tablanın sıcaklığı, o yakıtın kendi kendine tutuşma sıcaklığıdır.

O halde sıvı yakıtları iyi bir şekilde yakabilmek için önce yakıtı buharlaştırmak (gazlaştırmak) ve daha sonrada gaz fazına geçirilen yakıtın tutuşma sıcaklığından daha yüksek sıcaklıktaki bir ortamda yeterli oksijen ile birleşebilmesini sağlamak gerekmektedir.

Isı transfer yüzeyini büyütüp gazlaşmayı kolaylaştırmak amacıyla sıvı yakıtlar atomize edilerek ocaga gönderilirler. İyi bir yakıt-hava karışımı sağlamak amacıyla ocaga gönderilen yakıt ve yakma havasına dönüş hareketi verilir.

İyi bir atomizasyon için yakıtın viskozitesinin 2 eng-
ler derecesini geçmemesi gerekir.

Gaz yakıtlar, sıvı yakıtlar gibi yanma öncesi bir iş-
lem gerektirmezler. Yakıt yanma olayı için gerekli olan gaz
fazındadır. Bu nedenle, gaz yakıtları yakabilmek için gaz
molekülleri yeteri kadar sıcak bir ortamda, yeterli miktar-
da oksijen ile birleştirilmelidir.

Gazlarda tutuşmanın olabilmesi için yanıcı gaz ile ha-
va (oksijen) karışımının hacimce belirli bir aralıkta olma-
sı gerekir.

Tablo 1-1- 20 ° C sıcaklıkta, atmosfer basıncında hava
içinde çeşitli gazların tutuşma sınırları :

| Yanıcı Gaz | Tutuşma Sınırı | |
|----------------|----------------|---------------|
| | Alt Sınır (%) | Üst sınır (%) |
| Hidrojen | 4,1 | 74,0 |
| Karbonmonoksit | 12,5 | 74,0 |
| Metan | 5,3 | 13,9 |
| Etan | 3,1 | 12,5 |
| Propan | 2,4 | 9,5 |
| n-Butan | 1,9 | 8,4 |
| Benzol | 1,4 | 7,1 |

Tüm yakacakların yanabilmeleri için belirli bir sıcak-
lığa ulaşması gerekir.

Doğal gazın tutuşma sıcaklığı : 600 °C

Fuel-oil'in tutuşma sıcaklığı : 212 °C

- Ayrıca doğal gazın yakılması için hazırlama ve depolama gerekmez. Oysa fuel-oil depolanmak zorundadır. Doğal gazda yakıt doğrudan şebekeden kazana boru ile bağlanmaktadır. Yakıt depolama zorunluluğu nedeniyle sıvı yakıtlarda kazan dairesi bodruma yapıldığı halde doğalgazda çatı katında oluşturulabilir. Fuel-oil'deki yakmadan önce ısıtılmak, filtrenmek ve basınçlandırılmak zorunluluğu doğalgazda yoktur.

- Alev sıcaklığı uygun olmalı

Yakıtın, yanma esnasındaki alev sıcaklığı gerekli sıcaklık değerine ulaşılabilmesi. Yanma sırasında yanma ürünleri arasında yanmaya katılmayan fakat yanma sonucu ortaya çıkan ısının bir kısmını alıp götüren gaz miktarı ne kadar az olursa alevin sıcaklığı o kadar yüksek olur. Alev sıcaklığı özellikle endüstriyel uygulamalarda önemlidir.

- Zararsız Olmalı

Yanma sonucu çıkan sıvı ve gaz halindeki yan ürünlerin zararlı etkileri olmamalıdır.

Yakıtların ana elemanlarını C,H ve bunların yanında az miktarda S oluşturmaktadır. Sıvı yakıtların kimyasal analizinde bu ana elemanlardan başka O_2 , azot, su ve yanma sonucu külolan maddeler vardır.

Gaz yakıtlar CO_2 , CO , H_2 , CH_4 , C_2H_4 , C_2H_6 , N_2 , O_2 ve su buharından oluşurlar.

Yakıt içinde bulunan kükürt zararlılık bakımından çok önemlidir. Yanma sırasında oluşan SO_2 'in SO_3 'e oksitlenmesi ve su buharı ile birleşerek H_2SO_4 sülfirik asit yoğunlaşmasına neden olur. Bu nedenle yakıtın bünyesindeki S miktarı %2'den fazla olmamalıdır.

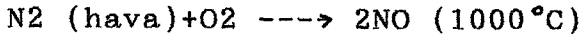
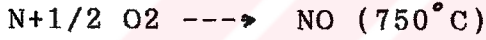
Son yıllarda kömür ve petrol kullanımının artması sonucu atmosferdeki CO_2 miktarı %0,23 artmıştır. SO_2 ve NO_x gazları havadaki ve duman gazındaki nem ile asitleri oluşturduktan sonra yağmur, kar ve, rüzgarlarla yeryüzüne inerler. Bu yağmur sularının PH'ı 5,6 dan büyük olunca asit yağmurlar ortaya çıkmaktadır.

Yanma ürünlerinin içerdiği SO_x lerin %98'i SO_2 , %2'si SO_3 halindedir. SO_3 ihmal edilebilir düzeyde olduğundan SO_2 kirlenmesi olarak ele alınır. S korozif etkisinin yanında, sülfata dönüştükten sonra amonyakla birleşerek $(NH_4)_2SO_4$ oluşturur ve sis tabakasının oluşmasına neden olurlar.

Ayrıca kükürt bileşiklerinin kükürt bileşiklerinin zehirli etkileri vardır. SO_2 'in havadaki konsantrasyonu %0,07-61 arasında ise ölüme neden olur.

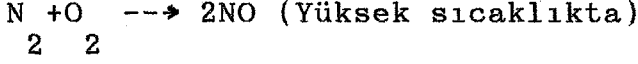
Çevreyi kirleten diğer faktörler is ve uçan kül parçacıklarıdır. Ayrıca CO 'in belirli dozlara ulaşması halinde öldürücü etkisi vardır.

NO_x 'ler fiziksel rahatsızlıklara, gözlerde yanmaya ve yüksek dozda bulunduğu boğulmaya neden olurlar. Yanma ürünleri içinde NO_x oluşumunun ana nedeni yanma sıcaklığının yüksek olmasıdır. Yanma sırasında en çok NO oluşur. $750^\circ C$ sıcaklıkta yakıtın bünyesindeki azotun yanmasıyla NO oluşur.



Eğer doğal gaz rezervinde kükürt var ise, üretilen doğal gazda hidrojen sülfür görülür. Doğal gaz şebekeye verilmeden önce kükürt temizlenir. Böylece doğal gazın yakılması sonucunda SO_2 oluşmaz. Ve duman gazı sıcaklığı $60^\circ C$ değerine kadar düşürülebilir. Oysa fuel-oil'de %4'lere varan S miktarı nedeniyle duman gazı sıcaklığı en fazla $140-160^\circ C$ sıcaklığına kadar indirilebilir. Bu sıcaklıkların altında S su buharı ile reaksiyona girerek yoğunlaşan H_2SO_4 oluşmasına neden olmaktadır. Bu nedenle baca gazı ısısından ancak $160^\circ C$ 'in üstündeki sıcaklıklarda faydalanılabilmektedir.

Doğalgaz ocak sıcaklıklarının yüksek olması nedeniyle NOx emisyonu önemli mertebededir.



Doğal gaz alevi, alev radyasyonu ile ısı iletimi olmasından dolayı sıcaktır. Böylece alev uçlarında NO ve NO₂ oluşur. NOx kirliliğini önlemek amacıyla atmosferik yakıcılı doğal gaz kazanlarında yanma odasına soğutma çubukları yerleştirilmiştir. Diğer bir önlemede brülörün ucunda alevin dağıtılmasına çalışılır. Veya yanma havası primer hava, sekonder hava ve tersiyer hava olarak üç kademeyle verilerek yanma bütün yanma odasının içine dağıtılır. Böylece sıcaklığın bazı noktalarda 1300 °C değerini geçmesi önlenir. Yanma odası sıcaklığını düşük tutmak için gerekli tedbirlerden biride yanma odasının etrafında mümkün olduğunca ısıtma suyunu dolandırmaktır. Bu nedenle alev formuna uygun silindirik yanma odası avantaj sağlamaktadır. Isıtma suyu, alevin ve sıcak gazların ısı ışımasını almaktadır. Böylece yanma odası 1200 °C'in altına soğutulmuş olmaktadır. Bu nedenle özgül yanma odası yükü önem kazanmaktadır. yanma odası yükleri azaldıkça, yanma odası ısıtma yüzeyi artmaktadır, ve yanma odası soğutulmuş olmaktadır. Tam yanmanın sağlanabilmesi amacıyla 750 °C sıcaklığın altına düşülecek yüklerde çalışılmaz.

NOx oluşumunun önlemenin bir diğer yoluda sıcak yanmış atık gazlar yanma odasında beklememeli veya alevin etrafında geri dönmemelidir. Çünkü yanmış gazların 1000 C^o'ın üzerindeki sıcaklıkta yanma odasının içinde 0,1 - 0,3 sn. beklemesi NO oluşumu için yeterli bir süredir. Bu nedenle, atık gazların yanma odasını terk edişleri ve alev cephesinden direkt olarak konveksiyon ısıtma yüzeylerine geçiş şeklini yönlendirmek gerekmektedir. Böylece atık gazlar 800 C^o'in altına çok çabuk soğumakta ve azotoksit oluşumu sona ermektedir. Eğer atık gazların yanma odasının sonunda yatay akışları sağlanırsa yanma odasını en hızlı bir şekilde terk ederler. Bu düzen sadece klasik 3 geçişli kazanların konstrüksiyonunda sağlanabilmektedir. Bu kazanlarda atık gazlar, yanma odasının arkasından direkt olarak ikinci geçişe geçmekte ve yanma odasını en kısa yoldan terk etmektedir.

1 Ton Petrol Eşdeğeri Yakıtların Kirliliği:

| | Partikül | SO ₂ | NOx |
|----------------------|----------|-----------------|--------|
| | ----- | ----- | ----- |
| %1 S içeren fuel-oil | 1,8 kg | 20 kg | 8,2 kg |
| Doğalgaz | 0,3 kg | - | 4,3 kg |

Ayrıca alev formuna uygun silindirik yanma odasında alev tam yanmakta ve diğer zararlı maddelerden olan CO oluşumuda düşük seviyelerde tutulmaktadır.

Atmosferik brülörlü kazanlarda NOx emisyonunu azaltmak için sıcak alev bölgesinde brülöre monte edilen paslanmaz çelik veya seramik çubuklar yardımıyla alev ısısının bir kısmı çekilip ışınlıma yanma odası çeperlerine verilmektedir. Böylece CO miktarı artmadan % 35'e ulaşan NOx azaltmaları yapılabilmektedir.

Uygulamada CO miktarınının 0.001 ila 0.01 arasında kalma şartı aranır. Hava fazlalığınının 1.05 olması halinde yanma ürünleri içinde CO miktarı 0.0002 değerini almaktadır. Doğal gaz ile düşük hava fazlalık katsayılarında tam yanma sağlanabilmektedir. Hava ile çok iyi karıştığından hava fazlalık kts.1 civarındadır.

- Termik Direnç, Mukavemet Ve Reaktivite:

Yakıtın her tarafınının eşit sıcaklıkta olması yakıtlarda aranılan özelliklerdendir. Termik direnç buna engel olmaktadır. Sıvı yakacaklarda, duman gazı ile sürüklenen kurum, kül gibi yanmamış maddelerin ısı transferi yüzeylerine yapışarak oluşturduğu ısıl direnç problemi doğal gazda yoktur. Doğal gazın temiz bir yakıt olması nedeniyle ısı transfer yüzeyleri temiz kaldığından kurum üfleme cihazları daha az çalıştırılır. Bu nedenle buhar ve enerji sarfiyatı azalır.

Doğal gaz yakan kazanların periyodik bakımları daha uzun zaman dilimlerinde yapıldığından bakım masrafları azalır. Kalorifer kazanı ısıtma yüzeylerinde biriken kül ve kurum tabakası hem yüzeyleri aşındırır, hemde kazan verimini düşürür. Bu yüzden kazan boruları haftada en az bir kere temizlenir.

Ayrıca yakıtlar, üzerinde bulunan büyük yüklere ezilmeden dayanabilmelidir.

- Maliyet :

Yakıt olarak kullanılacak olan madde doğada bol bulunmalı, kolay elde edilmeli yani ucuz olmalıdır.

Doğal gaz bileşiminin büyük kısmı metandan (CH_4) oluşan ve doğada gaz olarak bulunan fosil bir yakıttır. Milyonlarca yıl önce yeryüzündeki organik maddelerin zamanla kum ve çamurla örtülüp basınç ve ısı altında kimyasal değişikliğe uğraması sonucu oluşmuştur.

Bugün üretilen doğal gazın yaklaşık % 40 kadarı petrol ile aynı yatakta,%60 kadar ise petrolün bulunmadığı yatlardan elde edilmektedir.

İspatlanmış doğal gaz rezervlerinin, petrol rezervine oranı % 90 civarında olup, keşfedilmemiş doğal gaz rezervide dikkate alınırca doğal gaz gelecekte petrolden daha zengin bir enerji kaynağı olarak karşımıza çıkacaktır.

Bugün dünyada bilinen doğal gaz rezervleri 150 trilyon m³ olduğu tahmin edilmektedir. En büyük rezerv %43 ile Rusya'da bulunmaktadır. Rusya'yı İran, Birleşik Arap Emirlikleri, ABD, Suudi Arabistan, Katar, Cezayir, Venezuella, Kanada, Nijerya, Endonezya ve Libya izlemekte.

Türkiye az miktarda doğal gaz rezervine sahiptir.1970 yılında Hamitabat ve Kumrular sahasında doğalgaz bulunmuş, 1976 yılında Pınarhisar Çimento Fabrika'sında yakıt olarak kullanılmaya başlanmıştır. Hamitabat Kombine Çevrim Santrali ile birkaç sanayi kuruluşunda doğal gaz kullanımına geçilmiştir. Üretilen doğal gaz rezerv miktarı 18,6 milyar m³ civarındadır.

Türkiye, Rusya ile 1986 yılında 25 yıl süreli ticari anlaşma imzalamıştır. Bu anlaşma ile yılda 4 milyar m³ gaz alabilecektir. Gazın sürekliliği için Marmara Ereğli'sinde sıvılaştırılmış doğal gaz (LNG) depolama sistemi vardır. Cezayir, Katar gibi ülkelerden sıvılaştırılmış olarak sıvı halde gaz alınabilmektedir. Bunlardan başka doğal gazın İran'dan getirilmeside söz konusudur. İran ve Rusya dünyanın doğalgaz rezervinin yarısına sahiptir.

Doğal gazın kullanım yerlerine basıncı borularla düşürülerek taşınmaktadır. Ayrıca bir ön ısıtma ve pompalamaya ihtiyaç yoktur. Depolama, yakıt hazırlama ve kül atma maliyetleri gözönüne alınırsa doğal gaz yakılmasının gerek yatırım, gerekse işletme maliyetleri açısından önemli kazançlar sağlamaktadır. Yapılan araştırmalara göre doğalgaz yakılması halinde sadece işletme giderlerinde fuel-oil'e oranla yıllık tüketimin %2'si mertebesinde bir tasarruf sağlanmaktadır. Ayrıca doğal gaz kazanları yüksek verimlidir.

Doğal gaz kazanlarında ısı verim yüksektir. Bir kazanın ısı veriminin yüksek olması, kazanı terkeden duman gazlarının sıcaklığının düşük olmasına bağlıdır. Fuel-oil yakılması halinde kükürt oksitlere bağlı olarak asit korozyonu nedeniyle duman sıcaklıkları fazla düşürülemez. Oysa doğal gazda böyle bir sorun olmadığından daha verimli kazanlar yapmak mümkündür. Isı verim %93'lere kadar çıkabilmektedir. Kazan verimindeki artışlarda göz önüne alındığında doğal gazın diğer yakıtlara göre en az %10 mertebesinde ilave işletme ekonomisi sağladığı söylenebilir. Doğal gazın temiz bir yakıt olması nedeniyle kazan bakım ve işletmesi açısından önemli bir avantaj sağlar. Fuel-oil yakılması halinde kalorifer kazanı ısıtma yüzeyi üzerinde biriken kül ve kurum tabakası hem yüzeyleri aşındırır hemde ısı geçişini engelleyerek kazan verimini düşürür.

Bu yüzden kazan borularını haftada en az bir kere temizler. Oysa doğalgazda böyle bir sorun yoktur.

Doğal gazın ısı değeri yüksektir. Birim kütle başına düşen ısı değeri diğer yakıtlardan daha yüksektir. Bu nedenle herhangi bir dönüşüm işleminde diğer yakıtlara nazaran bir kapasite düşmesi söz konusu değildir.



2.YANMA

Yanma olayı, yakıt bileşiminde bulunan karbon, hidrojen, kükürt ve diğer elementlerin oksijenle birleşmesidir.

Yakıtlar, hava yada oksijenle yakılabilir. Konvansiyonel ısıtmada yakıt, havayla yakılır. Bu durumda alev boyutları, aynı debide yakıtın saf oksijenle yandığı aleve göre çok daha büyüktür. Aynı miktarda yakıtın hava yada saf oksijenle yanması aynı miktarda ısıyı açığa çıkarır. Buhar kazanlarında, yanma için gerekli oksijen hava ile sağlanmaktadır. Kuru havanın hacimsel olarak bileşimi % 79 azot, % 21 oksijen olarak alınabilir.

Katı ve sıvı fazındaki bütün yakacakların yanabilmeleri için önce gaz fazına geçmeleri, daha sonra da yeterince sıcak bir ortamda yeterli miktarda O_2 ile buluşabilmeleri gerekmektedir.

Yanma olayında yüksek sıcaklık ve kimyasal tepkimeler oluşur. Kızgın yakıt yüzeyinin havanın oksijeni ile teması sonucunda kızan yakıttan çıkan gazlar arasındaki CO ile O_2 birleşir. Yakıttaki karbon da oksijenle birleşerek CO_2 'i oluşturur. Yanmanın ikinci aşaması ateş tabakasının üstündeki boşlukta oluşur. Bu aşama, gazların karışma derecesine ve hızlarına göre ilerler.

İyi bir yanmanın olabilmesi için aşağıdaki şartların yerine getirilmesine ihtiyaç vardır.

- Ocak sıcaklığı yeterli olmalı
- Hava-yakıt karışımı iyi bir şekilde sağlanmalı (Türbülanslı yanma)
- Yeterli yanma zamanı bulunmalı
- Baca gazı çıkışındaki dirençler küçük olmalı
- Hava fazlalık katsayısı uygun seçilmeli
- Yanma verimi yüksek olmalı

Yakacaklarla ilgili yanma denklemlerini çıkarabilmek için yakacağın bünyesindeki elemanların özelliklerini ve ısıl değerlerini bilmek gerekir. Yanma olayında bilinmesi gerekli karakteristik değerler :

- Yakıtın ısıl değeri
- Özgül hava miktarı
- Özgül duman miktarı

2.1- YAKITIN ISIL DEĞERİNİN TAYİNİ :

Yakıtın ısıl değeri, birim miktarının (kp veya Nm³) tam ve mükemmel yanması sonucunda serbest kalan ısı miktarıdır. Yanma ürünlerinden olan su buharının yoğunlaşmış yada yoğunlaşmamış olması ısıl değer üzerinde oldukça önemli rol oynamaktadır. Bu nedenle alt ısıl değer ve üst ısıl değer tarifleri yapılmıştır.

Alt ısııl değer (Hu): Yanma gazlarının içersinde bulunan su buharının yoğunlaşması hesaba katılmaz. Kazanlarda mevcut su yada yakıttaki hidrojenin yanmasından oluşan su, kazanı buhar olarak terk ettiğinden pratik olarak yakıt alt ve üst ısııl değerinden bahsedilebilir.

Üst Isıl Değer (Ho): 1 Kg. yakıt yada 1 Nm³ yakıt yandıktan sonra, 0 C sıcaklığa kadar soğutulduğu takdirde verebileceği ısı miktarına üst ısııl değer denir. Bu esnada su buharının tamamı yoğuşur.

2.1-a) Sıvı Yakıtların (Fuel-oil) Isıl Değeri :

Fuel-oil NO: 6

| | | |
|------------------|------|--------|
| % C | ---- | 84,58 |
| % H ₂ | ---- | 10,9 |
| % O ₂ | ---- | 0,4 |
| % N ₂ | ---- | 0,112 |
| % S | ---- | 0,0239 |

Hava fazlalık katsayısı n=1,2 kabul edildi.

$$H_o = 81.C + 340 \left(H - \frac{O}{8} \right) + 25.S \quad (\text{Kcal/kgY})$$

$$H_o = 81.84,58 + 340 \left(10,9 - \frac{0,4}{8}\right) + 25.0,04$$

$$H_o = 10540,98 \quad (\text{Kcal/kgY})$$

$$H_u = H_o - 6 (W + 9H) \quad (\text{Kcal/kgY})$$

$$H_u = 10541 - 6 (0,0239 + 9.10,9) \quad (\text{Kcal/kgY})$$

$$H_u = 9952 \quad (\text{Kcal/KgY})$$

2-1-b) Gaz Yakıtların (Doğal Gaz) Isıl Değeri :

$$H = \sum_{i=1}^n CxHy \cdot (q)_{CxHy}$$

(q)_{CxHy} değerleri Tablo 2-1'de verilmiştir.

Tablo 2-2 Rusya Doğal Gazının Bileşenleri:

| | | Garanti Edilen | Fiili |
|--------|--|----------------|---------|
| | | ----- | ----- |
| Metan | (CH ₄) | min. % 85 | % 98,68 |
| Etan | C ₂ H ₆ (C ₂ H ₆) | max. % 7 | % 0,211 |
| Propan | C ₃ H ₈ (C ₃ H ₈) | max. % 3 | % 0,043 |
| Bütan | C ₄ H ₁₀ (C ₄ H ₁₀) | max. % 2 | % 0,017 |
| Pentan | C ₅ H ₁₂ (C ₅ H ₁₂) | max. % 1 | % 0,033 |

| | | |
|---------------------------------|-------------|---------|
| Karbondioksit (CO) ₂ | max. % 3 | % 0,035 |
| Oksijen | max. % 0,02 | - |
| Azot | max. % 5 | % 0,829 |

$$H_o = \underset{4}{CH_4} (H_o) + \underset{2\ 6}{C_2H_6} (H_o) + \underset{2\ 6}{C_2H_4} (H_o) + \underset{4\ 10}{C_4H_{10}} (H_o) + \underset{4\ 10}{C_3H_8} (H_o) + \underset{5\ 12}{C_5H_{12}} (H_o)$$

$$H_o = \overset{3}{(Kj/Nm)}$$

$$H_o = 0,85.37706 + 0,07.66060 + 0,03.94042 + 0,02.121874 + 0,01.149781$$

$$H_o = 43431 \overset{3}{(Kj/Nm)}$$

$$H_o = 10390 \overset{3}{(Kcal/Nm)}$$

$$H_u = \underset{4}{CH_4} (H_u) + \underset{2\ 6}{C_2H_6} (H_u) + \underset{2\ 6}{C_2H_4} (H_u) + \underset{3\ 8}{C_3H_8} (H_u) + \underset{3\ 8}{C_4H_{10}} (H_u) + \underset{4\ 10}{C_5H_{12}} (H_u)$$

$$+ \underset{5\ 12}{C_5H_{12}} (H_u) \overset{3}{(Kj/Nm)}$$

$$H_u = 0,85.33943 + 0,07.60434 + 0,03.86515 + 0,02.112448 + 0,01.138492$$

$$H_u = 39311,26 \overset{3}{(Kj/Nm)}$$

$$H_u = 9405 \overset{3}{(Kcal/Nm)}$$

2-2- ÖZGÜL HAVA MİKTARININ TAYİNİ :

Mükemmel yanmanın olabilmesi için yeterli miktarda oksijen gereklidir. Bu amaçla yakıtla hava karıştırılır. Hiç bir yanma işlemi mükemmel olamayacağından teorik olarak gerekli minimum oksijen miktarı, dolayısıyla minimum hava miktarı hesaplanır.

Yanma olayının gerçekleşebilmesi için verilen gerçek hava miktarının minimum hava miktarına oranına hava fazlalık katsayısı denir, V_n indisi ile gösterilir.

$$n = \frac{L_{ger}}{L_{min}}$$

L_{ger} : Gerçek hava miktarı

L_{min} : Minimum hava miktarı

2-2-a) Sıvı Yakıt (Fuel-oil) İçin Gerekli Hava Miktarı:

$$O_{min} = \left(\frac{c}{m} + \frac{h}{2m} + \frac{s}{m} - \frac{o}{m} \right) V \quad (Nm^3 / KgY)$$

$$O_{min} = \frac{1}{100} \left(\frac{22,4}{12} \cdot c + \frac{11,2}{2} \left(h - \frac{0}{8} \right) + \frac{22,4}{32} \cdot s \right) (Nm^3 / KgY)$$

$$O_{\min} = \frac{1}{100} (1,867.c + 5,6 (h - \frac{0}{8}) + 0,7.s) \quad (\text{Nm}^3 / \text{KgY})$$

$$O_{\min} = \frac{1}{100} (1,867.84,58 + 5,6 (10,9 - \frac{0,4}{8}) + 0,7.0,4)$$

$$O_{\min} = 2,214 \quad (\text{Nm}^3 / \text{KgY})$$

Ağırlıksal olarak :

$$O_{\min} = \frac{1}{100} (\frac{32}{12} c + \frac{16}{2} (h - \frac{0}{8}) + \frac{32}{32} .s) \quad (\text{Kg} / \text{KgY})$$

$$O_{\min} = \frac{1}{100} (2,666 c + 8 (h - \frac{0}{8}) + s)$$

$$O_{\min} = \frac{1}{100} (2,666 . 84,58 + 8 (10,9 - \frac{0,4}{8}) + 4)$$

$$O_{\min} = 3,163 \quad (\text{Kg} / \text{KgY})$$

O_{\min} Miktarında oksijeni ihtiva eden hava miktarı :

$$L_{\min} = \frac{O_{\min}}{0,21}$$

23

$$L_{\min} = \frac{2,214}{0,21} = 10,543 \quad (\text{Nm}^3 / \text{KgY})$$

$$L_{\min} = \frac{2,214}{0,21} = 10,543 \quad (\text{Nm}^3 / \text{KgY})$$

$$L_{\min} = \frac{0}{0,23} \quad (\text{Kg/KgY})$$

$$L_{\min} = \frac{3,163}{0,23} = 13,752 \quad (\text{Kg/KgY})$$

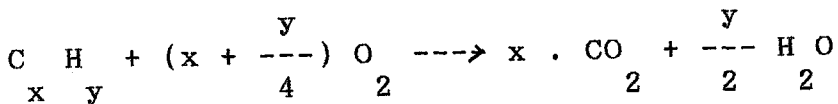
Gerçek Hava Miktarı :

$$L_{\text{ger}} = n \cdot L_{\min}$$

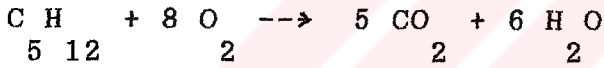
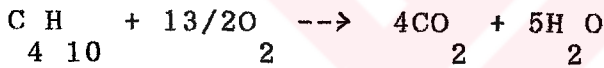
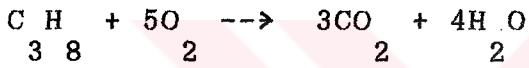
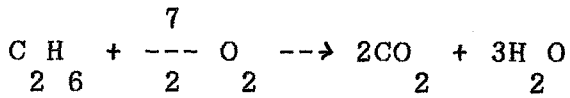
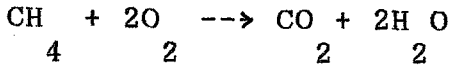
$$L_{\text{ger}} = 1,2 \cdot 10,543 = 12,6516 \quad (\text{Nm}^3 / \text{KgY})$$

2-2-b) Gaz Yakıt (Doğal Gaz) İçin Gerekli Hava Miktarı :

Gaz yakıtları için genel yanma denklemi :



Doğal gazın yanma denklemleri :



Yanma İçin Gerekli Minimum Oksijen Miktarı :

$$O_{\min} = \frac{1}{100} \left(\sum_{i=1}^n \text{C}_i \text{H}_i \cdot \left(x_i + \frac{y_i}{4} \right) - O \right) \quad (\text{Nm}^3 / \text{Nm}^3 \text{ Y})$$

$$O_{\min} = \frac{1}{100} \left(2\text{C}_4\text{H}_{10} + \frac{7}{2} \cdot \text{C}_2\text{H}_6 + 5 \cdot \text{C}_3\text{H}_8 + \frac{13}{2} \cdot \text{C}_4\text{H}_{10} + 8\text{C}_5\text{H}_{12} - O \right) \quad (\text{Nm}^3 / \text{Nm}^3 \text{ y})$$

$$O_{\min} = \frac{1}{100} \left(2 \cdot 85 + \frac{7}{2} \cdot 7 + 5 \cdot 3 + 6,5 \cdot 2 + 8 \cdot 1 - 0,02 \right)$$

$$O_{\min} = 2,3 \quad \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{Nm}^3 \text{ Y}} \right)$$

$$L_{\min} = \frac{O_{\min}}{0,21} \quad \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{Nm}^3 \text{ Y}} \right)$$

$$L_{\min} = \frac{2,3}{0,21} = 10,975 \quad \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{Nm}^3 \text{ Y}} \right)$$

$$L_{\text{ger}} = n \cdot L_{\min} \quad \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{Nm}^3 \text{ Y}} \right)$$

$$L = 1,05 \cdot 10,975 = 11,524 \quad \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{Nm}^3 \text{ Y}} \right)$$

2-3- ÖZGÜL DUMAN MİKTARININ TAYİNİ :

2-3- a) Sıvı Yakıtlar İçin Özgül Duman Miktarı :

$$V_{\text{CO}_2} = \frac{V_{\text{m}}}{C} \cdot c = \frac{22,4}{12} \cdot c = 1,868 \cdot c \quad \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{KgY}} \right)$$

$$V_{\text{CO}_2} = 1,868 \cdot 0,8458 = 1,58 \quad \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{KgY}} \right)$$

$$V_{\frac{H_2O}{2}} = \frac{V_m \frac{H_2O}{2}}{m \frac{H_2}{2}} \cdot h + \frac{V_m \frac{H_2O}{2}}{m \frac{H_2}{2}} \cdot w = 11,2 \cdot h + 1,244 \cdot w = 1,244(W+9h)$$

$$V_{\frac{H_2O}{2}} = 1,244 \frac{(0,0239 + 9 \cdot 10 \cdot 9)}{100} = 1,221 \quad (\text{Nm}^3 / \text{KgY})$$

$$V_{\frac{SO_2}{2}} = \frac{V_m \frac{SO_2}{2}}{m \frac{S}{2}} \cdot s = 0,7 \cdot s \quad (\text{Nm}^3 / \text{KgY})$$

$$V_{\frac{SO_2}{2}} = 0,7 \cdot 0,04 = 0,028 \quad (\text{Nm}^3 / \text{KgY})$$

$$V_{\frac{N_2}{2}} = \frac{V_m \frac{N_2}{2}}{m \frac{N}{2}} \cdot N + 0,79 \cdot L_{\min} = 0,8 N + 0,79 L_{\min} \quad (\text{Nm}^3 / \text{KgY})$$

$$V_{\frac{N_2}{2}} = \frac{0,8 \cdot 0,112}{100} + 0,79 \cdot 10,543 = 8,33 \quad (\text{Nm}^3 / \text{KgY})$$

Bu ifadelerin toplamı teorik özgül yaş duman miktarı adını alır. Ve V_{gt} indisi ile gösterilir. V_{gt} ifadesinden $V_{SO_2} + V_{H_2O}$

toplamı çıkartıldığında teorik özgül kuru duman miktarı bulunur.

$$V_{gt} = V_{CO_2} + V_{H_2O} + V_{SO_2} + V_N \quad (Nm^3 / KgY)$$

$$V_{gt} = 1,58 + 0,028 + 1,221 + 8,33 = 11,159 \quad (Nm^3 / KgY)$$

$$V_{gt \text{ kuru}} = V_{gt} - (V_{SO_2} + V_{H_2O}) \quad (Nm^3 / KgY)$$

$$V_{gt \text{ kuru}} = 11,159 - (0,028 + 1,221) = 0,991 \quad (Nm^3 / KgY)$$

Gerçek özgül yaş duman miktarı :

$$V_g = V_{gt} + (n-1) L_{min}$$

$$V_g = 11,159 + (1,2-1) \cdot 10,543 = 13,267 \quad (Nm^3 / KgY)$$

$$V_{g \text{ kuru}} = V_{gt \text{ kuru}} + (n-1) L_{\text{min}} \quad (Nm / KgY)^3$$

$$V_{g \text{ kuru}} = 9,91 + (1,2-1) \cdot 10,543 = 12,02 \quad (Nm / KgY)^3$$

Yanma Ürünlerinin hacimsel konsantrasyonları :

$$X_{CO_2} = \frac{V_{CO_2}}{V_g} = \frac{1,58}{13,267} = 0,119$$

$$X_{SO_2} = \frac{V_{SO_2}}{V_g} = \frac{0,028}{13,267} = 2,11 \cdot 10^{-3}$$

$$X_{H_2O} = \frac{V_{H_2O}}{V_g} = \frac{1,221}{13,267} = 0,092$$

$$X_{N_2} = \frac{V_{N_2}}{V_g} = \frac{8,33}{13,2667} = 0,628$$

2-3-b) Doğal Gaz İçin Özgül Duman Miktarı :

$$V_{CO_2} = \sum_{i=1}^n x_i \cdot \frac{C_i}{x_i} \cdot \frac{H_i}{y_i} + CO_2 \quad (Nm^3 / Nm^3 Y)$$

$$V_{CO_2} = CH_4 + 2 \cdot C_2H_6 + 3 \cdot C_3H_8 + 4 \cdot C_4H_{10} + 5 \cdot C_5H_{12} + CO_2 \quad (Nm^3 / Nm^3 Y)$$

$$V_{CO_2} = (85 + 2 \cdot 7 + 3 \cdot 3 + 4 \cdot 2 + 5 \cdot 1 + 3) / 100 = 1,24 \quad (Nm^3 / Nm^3 Y)$$

$$V_{H_2O} = \sum_{i=1}^n \frac{y_i}{2} \cdot \frac{C_i}{x_i} \cdot \frac{H_i}{y_i} + H_2O \quad (Nm^3 / Nm^3 Y)$$

$$V_{H_2O} = 2CH_4 + 3C_2H_6 + 4C_3H_8 + 5C_4H_{10} + 6C_5H_{12} + H_2O \quad (Nm^3 / Nm^3 Y)$$

$$V_{H_2O} = (2 \cdot 85 + 3 \cdot 7 + 4 \cdot 3 + 5 \cdot 2 + 6 \cdot 1) / 100 = 2,19 \quad (Nm^3 / Nm^3 Y)$$

$$V_{N^2} = 0,05 + 0,79 \cdot 10,975 = 8,72 \quad (\text{Nm}^3 / \text{Nm}^3 \text{ Y})$$

$$V_{gt} = V_{CO_2} + V_{H_2O} + V_{N^2} \quad (\text{Nm}^3 / \text{Nm}^3 \text{ Y})$$

$$V_{gt} = 1,24 + 2,19 + 8,72 = 12,15 \quad (\text{Nm}^3 / \text{Nm}^3 \text{ Y})$$

$$V_g = V_{gt} + (n-1) L_{min} \quad (\text{Nm}^3 / \text{Nm}^3 \text{ Y})$$

$$V_g = 12,15 + (1,05-1) \cdot 10,975 = 12,699 \quad (\text{Nm}^3 / \text{Nm}^3 \text{ Y})$$

$$V_{g \text{ kuru}} = V_g - V_{H_2O} \quad (\text{Nm}^3 / \text{Nm}^3 \text{ Y})$$

$$V_{g \text{ kuru}} = 12,699 - 2,19 = 10,509 \quad (\text{Nm}^3 / \text{Nm}^3 \text{ Y})$$

Yanma Ürünlerinin Hacimsel Konsantrasyonları :

$$X_{\text{CO}_2} = \frac{\frac{V_{\text{CO}_2}}{2}}{V_g} = \frac{1,24}{12,699} = 0,098$$

$$X_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{\frac{V_{\text{H}_2\text{O}}}{2}}{V_g} = \frac{2,19}{12,699} = 0,173$$

$$X_{\text{N}_2} = \frac{\frac{V_{\text{N}_2}}{2}}{V_g} = \frac{8,72}{12,699} = 0,687$$

Tablo 2-1

YAKACAKLARDAKİ ÇEŞİTLİ ELEMANLARIN ÖZELLİKLERİ VE ISIL DEĞERLERİ :

| n Veya eşik | Formül | Mol Kütlesi | Yogunluk (Kg/m ³) | Üst Isıl Deger (H ^o) | | Alt Isıl Deger (Hu) | |
|----------------|--------------------------------|----------------|----------------------------------|----------------------------------|--------|---------------------|--------|
| | | | | kJ/Nm ³ | kJ/kg | kJ/Nm ³ | kJ/kg |
| n | C | 12,01 | - | - | 32779 | - | 32779 |
| jen | H ₂ | 2,016 | 0,085 | 12109 | 142100 | 10246 | 120070 |
| en | O ₂ | 32,0 | 1,355 | - | - | - | - |
| | N | 28,01 | 1,192 | - | - | - | - |
| ondioksit | CO ₂ | 44,01 | 1,874 | - | - | - | - |
| omonoksit | CO | 28,01 | 1,185 | 11990 | 10110 | 11990 | 10110 |
| | CH ₄ | 16,04 | 0,681 | 37706 | 55530 | 33943 | 49995 |
| | C ₂ H ₆ | 30,07 | 1,236 | 66060 | 51921 | 60434 | 47490 |
| un | C ₃ H ₈ | 44,09 | 1,916 | 94042 | 50400 | 86515 | 46371 |
| an | C ₄ H ₁₀ | 58,12 | 2,534 | 121874 | 49590 | 112448 | 45769 |
| tan | C ₅ H ₁₂ | 72,15 | 3,050 | 149781 | 49065 | 138492 | 45371 |
| zan | C ₆ H ₁₄ | 86,17 | 3,64 | 177430 | 48706 | 164390 | 45131 |
| t | S | 32,06 | - | - | 9257 | - | 9257 |
| jen- r | H ₂ S | 34,08 | 1,459 | 24069 | 16506 | 22169 | 15204 |
| tdioksit | SO ₂ | 64,06 | 2,776 | - | - | - | - |
| hari | H ₂ O | 18,02 | 0,762 | - | - | - | - |
| | - | 28,9 | 1,227 | - | - | - | - |

3- KAZAN TERMİK HESAPLARI :

3-1- YANMA ODASI SICAKLIĞININ HESABI :

Yanma odası, kısmen alevle, kısmen ışın saçan gazlarla doludur. Yani ocak, alev bölmesi ve radyasyon bölmesi olarak iki kısımdan oluşur.

Alev hacmi, alevle dolduğu kabul edilen hacimdir. Bu hacmin sonunda oluşan ortalama sıcaklık T_g ile gösterilir. Alev hacminin yüksekliği, ocağın cinsine, yakacağın cinsine ve yanma odasının dizaynına, yanmanın iyilik derecesi gibi faktörlere bağlıdır.

Ocak sıcaklığı hesabına ait bir çok metot vardır. Ancak bu metotların hiçbiri kesin sonuc vermemektedir. Belirli bir yaklaşıklıkla ocak sıcaklığı hesaplanabilmektedir. Bu çalışmada ocak sıcaklığı hesaplanırken bazı kabuller yapılmıştır.;

- 1- Sıcaklık, bütün ocak içinde sabittir. Bu bağlamda ortalama bir sıcaklık alınır.
- 2- Ocak içinde gazın bileşimi ve özgül ısısı aynıdır.
- 3- Alev emissivitesi için bütün ocağı kapsayan ortalama bir değer alınır.
- 4- Alevin ocağı tamamen doldurduğu kabul edilir.
- 5- Yanmanın ocak çıkışında son bulduğu kabul edilir.

Yakacağın yanması sonucunda oluşan ısı, konveksiyon ve radyasyonla ocak ısıtma yüzeylerine geçer. Isıtılan tarafta akışkan olarak genellikle su kullanılır. Ocağı çevreleyen ve ısı alabilen su ile temastaki duvarlara radyasyonla geçen ısı alev ve sıcak gazlardan gelir. Alev ışınımı, is ve tane-cik ışınımından meydana gelir. Tanecik ışınımı katı yakıt-lar için geçerli olduğundan burada hesaplanmayacaktır. Is ışınımına gelince, doğal gaz alevi büyük oranda hafif hid-rokordonları içerdiğinden is oluşmaz. Dolayısıyla alev ışınımı olmaz. Doğal gazın bileşimindeki C miktarı diğer yakıtlara göre daha az, hidrojen miktarı daha fazla oldu-ğundan mavi alevle yanar. Bu nedenle, sadece sıcak gazlar-dan meydana gelen gaz ışınımı söz konusudur. Gaz ışınımı yakıtın bileşiminde bulunan CO ve su buharı oranı ile ar-²tar. Yanma bölümünde incelendiği gibi, doğal gazın yanması sonucu oluşan su buharı fuel-oil'egöre yaklaşık 1,7 kat da-ha fazladır. Doğal gazın bu olumlu özelliklerine karşılık gaz ışınımındaki artış alev ışınımının yokluğunu karşılaya-maz. Hesaplarda görüleceği gibi ocakta meydana gelen alev-den sıvı yakıtı göre %39 daha az bir radyasyonla ısı trans-feri yapılabilmektedir. Böylece ocak çıkışında gaz sıcaklı-ğ^oı sıvı yakıtı nazaran 130 C daha fazla olabilmektedir. Bu fazlalık yakma biçimine, hava fazlalık katsayısı değerine ve çeşitli faktörlere göre daha farklı olabilmektedir.

Ocak sıcaklığının fazla seçilmesi ocağın refrakter malzemesinin tahribatına neden olur. Ayrıca azot oksitlerin oluşumuna oldukça etkisi vardır. Düşük seçilmesi halinde ise tutuşma güçleşir, yanma verimi azalır, ısıtma yüzeyleri büyür. Kazan dizaynı yapılırken tüm bu faktörler göz önüne alınmalıdır.

Yakıtın yanmasıyla meydana gelen ısı, çevreye iletilmeyip yalnızca yanma ürünlerini ısıtmak amacıyla kullanılırsa adyabatik ocak sıcaklığı elde edilirdi. Gerçekte yakıtın yanmasıyla oluşan ısı ocak ısıtma yüzeylerine iletileceğinden bu sıcaklığa ulaşılması mümkün olmayacaktır. Bu nedenle bu çalışmada, ocaktaki adyabatik ocak sıcaklığı hesaplanmamıştır.

Yapılan kabuller sonucunda ocaktaki ısı dengesi aşağıdaki şekilde yazılabilir.:

$$V_g (i_{th} - i_g) = Q_R + Q_K$$

V_g : Duman gazlarının normal şartlara indirgenmiş debisi. (Nm³/h)

i_{th} : Duman gazının alacağı teorik entalpi (Kcal/Nm³)

i_g : Ocak çıkışındaki gaz entalpisi (Kcal/Nm³)

Q_R : Radyasyonla transfer edilen ısı miktarı (Kcal/h)

Q_K : Konveksiyonla transfer edilen ısı miktarı (Kcal/h)

Yakacağın ocakta yanması sonucunda ortaya çıkan ısı esas itibariyle radyasyonla çevreye iletilmektedir. Radyasyonla iletilen ısıya nazaran konveksiyonla iletilen ısı miktarı çok küçük olduğundan ihmal edilebilir. Bu çalışmada ihmal edilmiştir.

Ocak ısıtma yüzeylerine transfer edilen Q_R radyasyon ısısı Stefan - Boltzman kanununa göre aşağıdaki şekilde yazılabilir.;

$$Q_R = A_R \times \epsilon \times \left(\frac{T_g + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_w + 273}{100} \right)^4 \quad (\text{Kcal/h})$$

A_R : Radyasyon yapan yüzeyin alanı (m²)

ϵ : Alev ve ocak duvarları arasındaki ortak radyasyon katsayısı.

Duman gazlarının alacağı teorik entalpi i_{th} ise;

$$i_{th} = \frac{B.H_u + V \cdot \frac{i}{L}}{V_g}$$

ifadesiyle bulunur. Burada;

B: Yakıt miktarı (Kg/h)

Hu: Yakıtın alt ısıl değeri (Kcal/Nm)

I_L : Yakma havasının entalpisi (Kcal/Nm³)

V_L : Yakma havasının debisi (Nm³/h)

$V_L = B.n.L_{min}$ (Nm³/h) eşitliğinden bulunur.

Böylece ocaktaki ısı dengesi:

$$V_L (i_{th} - i_g) = \frac{\delta}{R} \times A \times \left(\frac{T_g + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_w + 273}{100} \right)^4$$

halini alır. Sonuç olarak

$$X = \frac{\frac{\delta}{R} \times A \times 10^{-8}}{V_g} \quad \text{olmak üzere}$$

$i_{th} - i_g = X (T_g^4 - T_w^4)$ (Kcal/Nm³) eşitliği yazılır.

Sıvı yakacak ve gaz ocaklarında:

$$X = \frac{\epsilon_o \times A_q}{\left(\frac{1}{\epsilon_a} + \frac{A_d}{A} \left(\frac{1}{\epsilon_d} - 1 \right) \right) \cdot V_g} \times 10^{-8}$$

denkleminde hesaplanacaktır.

ϵ_0 : Siyah cimse ait emissivite katsayısı olup 4.96×10^{-8} değerindedir.

A_q : Alevin dış yüzeyi (m^2)

$$A_q = \pi \cdot d \cdot l_a + \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

A_q : Yüzeyi su ile (yada su boruları ile) kaplı ocak duvarlarının yüzeyi (m^2)

Alev borulu kazanlarda;

$$A_q = \pi \cdot d \cdot L + \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

Su borulu kazanlarda ise,

$$A_d = (Z-1) a + da \cdot \pi \cdot l$$

L : Alev borusu boyu (m)

Z : Boru sayısı

da : Boru dış çapı (m)

a : Boru eksenleri arası mesafe (m)

l : Su borusu boyu (m)

la : Alev boyu (m)

ϵ_d : Ocak duvarlarına ait ortalama emissivite.

Su borulu kazanlarda ϵ_d değeri yerine ϵ_{dm} katsayısı tanımlanmıştır.

$$\epsilon_{dm} = \frac{\sum_{i=1}^n \psi \cdot \epsilon_d \cdot A_d}{\sum_{i=1}^n (A_d + A_r)}$$

ψ : Ocak duvarlarına yerleştirilen boruların çapına, aralarındaki uzaklığa, refrakter yüzeyden olan uzaklıklarına ve boru dizisi sayısına bağlı katsayı

A_r : Refrakter yüzeyi

ϵ_a : Sıvı yakacak yada gaz yakacak alevine ait toplam ortalama alev emissivitesi. Her iki ocak tipi içinde farklı yoldan hesaplanır. Gaz yakacak alevinde:

$$\epsilon_a = \epsilon_g$$

Şeklinde hesaplanır. Sıvı yakacak alevinde is radyasyonu olması nedeniyle

$$\epsilon_a = \epsilon_{al} + (1 - \epsilon_d) \cdot \epsilon_g$$

şeklinde hesaplanır. Bu formüllerde;

ϵ_{al} : Is radyasyonu içeren ortalama alev emissivitesi

ϵ_g : Gaz emissivitesi

ϵ_{al} : C.Hm.S

C : Is radyasyonuna ait bir katsayı olup, $27 \times 10^{-8} \text{ m}^2 \text{ h/Kcal}$ degerindedir.

Hm: Ortalama alev yükü (Kcal/Nm^3)

S : Eşdeğer tabaka kalınlığı (m)

Bir kazanın birim ocak hacminde yakılabilecek yakıt miktarı, ortalama alev yükü ile belirlenir. Burada alevin ocağı tamamen doldurduğu kabulü yapıldığından alev hacmi ocak hacmine eşit alınır. Sıvı ve gaz yakıt ocakları için yük degerleri birbirine yakındır.

Bu nedenle, sıvı yakıttan gaz yakıtı olan dönüşümde, ocak hacminde bir değışme yapılmaksızın, kazanda aynı ısı üretimini sağlayacak miktarda gaz yakıt yakılabilir.

$$Hm = \frac{B.Hu}{V_o}$$

V_o : Ocak hacmi (m^3)

ϵ_g gaz emissivitesinin hesabı:

$$\epsilon_g = \epsilon_{CO_2} + \epsilon_{H_2O} - \Delta\epsilon$$

ϵ_{CO_2} : CO₂ gazının emissivitesi (Dyg-4-1)

ϵ_{H_2O} : H₂O'nun emissivitesi (Dyg-4-1)

$\Delta\epsilon$: H₂O ve CO₂ gazının bir arada bulunmasından ileri gelen

düzeltilme katsayısı. Aşağıdaki tablodan bulunur.

Tablo 3-1-1 $\Delta\epsilon$ Değerleri

| PCO ₂ cm.ata | T oK | P H ₂ O (cm.ata) | | |
|----------------------------|---------|--------------------------------|-------|-------|
| | | 5 | 30 | 100 |
| 5 | 400 | 0 | 0,014 | 0,034 |
| | 800 | 0,003 | 0,012 | 0,018 |
| | 1200 | 0,007 | 0,020 | 0,035 |
| 30 | 400 | 0 | 0,017 | 0,043 |
| | 800 | 0,008 | 0,024 | 0,032 |
| | 1200 | 0,018 | 0,047 | 0,052 |
| 100 | 400 | 0 | 0,017 | 0,043 |
| | 800 | 0,013 | 0,025 | 0,033 |
| | 1200 | 0,030 | 0,049 | 0,054 |

P_{CO₂} : CO₂ gazının kısmi basıncı

$P_{\text{H}_2\text{O}}$: Su buharının kısmi basıncı

P_{CO_2} ve $P_{\text{H}_2\text{O}}$ değerleri aynı zamanda bu gazların yanma bölü-

münde hesaplanan hacimsel konsantrasyonlarına eşittir.

ϵ_{CO_2} ve $\epsilon_{\text{H}_2\text{O}}$ değerlerini diyagramdan bulabilmek için

geçici olarak T_g ocak sıcaklığı kabul edilir. Daha sonra X denkleminde ϵ_g değeri yerine konularak X değeri bulunur. Ve

$$i_{th} - i_g = X (T_g + 273)^4 - (T_w + 273)^4$$

ifadesinden i_g ve dolayısıyla T_g sıcaklığı bulunur. Deneme

yanılma yoluyla başlangıçta kabul edilen değere eşit çıkınca-ya kadar hesaplara devam edilir.

3-2 KONVEKSİYON YÜZEYLERİNDE ISI TRANSFERİ HESABI:

Duman gazları yanma odasından çıktıktan sonra, kazanın muhtelif bölümlerinde ısıtma yüzeylerini geçerek, suyu buharlaştırmak için gerekli ısıyı verirler. Bu bölümlerde konveksiyonla ısı transferi önem kazanmaktadır. Bu nedenle konveksiyon yüzeyi olarak adlandırılırlar.

Buhar kazanının konveksiyon yüzeyleri, belirli kısımlara bölünür. Bu bölme işlemini yaparken, duman gazının normal şartlardaki hızının sabit kaldığı yani normal olarak sabit kesitteki duman kanallarının bölge oluşturmasına dikkat edilmelidir.

Isıtma yüzeyine dumanın giriş sıcaklığı bellidir. Çıkış sıcaklığı önceden tahmin edilir. Yapılan hesaplamalar sonucunda çıkış sıcaklığı başta kabul edilen değere yakınsayınca ya kadar hesaplara iterasyon sürdürülür.

Bu çalışmada kazanda ısı geçişi beş bölümde incelenmiştir. Bunlar:

- 1) Alev borusunda ısı transferi
- 2) Ateş kutusunda ısı transferi
- 3) İkinci çekim duman borularında ısı transferi
- 4) Duman kutusunda ısı transferi
- 5) Üçüncü çekim duman borularında ısı transferi

Söz konusu ısıtma yüzeylerinin su tarafındaki sıcaklık sabittir ve T_s doyma sıcaklığına eşittir. Bu bölümlerde ısı transferi gaz radyasyonu ve konveksiyonla gerçekleşir. Gaz sıcaklığının çok yüksek olması nedeniyle bu yüzeylerde aynı yönlü paralel akım şekli tercih edilmiştir.

Asıl ısıtma yüzeyi adı verilen bu yüzeylerde ısı transferi aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir.

$$Q = K.A.\Delta T_m = Vg.\Delta i$$

K: Toplam ısı geçirme katsayısı ($\text{Kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$)

A: Isıtma yüzeyi alanı (m^2)

ΔT_m : Logaritmik (ortalama) sıcaklık farkı ($^\circ\text{C}$)

Vg: Duman gazı debisi (Nm^3/h)

Δi : Gazın entalpisindeki azalma (Kcal/Nm^3)

3-2-1 -K Toplam ısı katsayısının tayini:

Duman gazı ile cidar arasındaki ısı iletim katsayısını gösteren K değeri, konveksiyon ve radyasyon yüzeysel ısı iletim katsayılarının toplamına eşittir.

$$K = \alpha_K + \alpha_R$$

α_K : Konveksiyon yüzeysel ısı iletim katsayısı aşağıdaki eşitlikten bulunur.

$$\alpha_K = 23,7 \times L^{-0,05} \times d_i^{-0,16} \times W_R^{0,79} \times b \quad (\text{Kcal/m}^2 \text{ h C})$$

Bu ayrı tarafından verilmiştir.

L: Söz konusu ısıtma yüzeyinin boyu (m)

d_i : Söz konusu ısıtma yüzeyinin çapı (m)

W_R : Duman gazlarının gerçek hızı (m/s)

b: Ortalama sıcaklık değerine bağlı katsayı (Tablo 3-1)

W_R : Duman gazlarının gerçek hızı:

$$W_R = W_o \times \frac{T_{ort} + 273}{273} \quad (\text{m/s})$$

Duman gazlarının normal şartlardaki hızı demek olan

W_o aşağıdaki ifadeden bulunur:

$$W_o = \frac{V_g}{\frac{\pi \cdot d_h^2}{4} \times 3600} \quad (\text{m/s})$$

d_h : Hidrolik çap (m)

V_g : Duman gazlarının normal şartlara indirgenmiş debisi (Nm³/h)

Hidrolik çap alev borusu ve duman boruları gibi bölümler-
lerde iç çapa eşit olmaktadır. Duman kutusu ve ateş kutusunda-

$$dh = \frac{4xalan}{çevre}$$

olarak alınmaktadır. Bu bağlamda ateş kutusunda :

$$dh = \frac{4.A}{u} = \frac{4 \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{1}{2} \cdot x}{\frac{\pi \cdot d}{2} + d} = \frac{\pi \cdot d \cdot x}{\pi + 2} \quad (m) \text{ formülünden bulunur.}$$

Duman kutusunda:

$$dh = \frac{4 \cdot \frac{\pi (D-d)^2}{4} \cdot \frac{1}{2}}{\frac{\pi (D+d)}{2} + (D-d)} = \frac{D-d}{\frac{2(D-d)}{\pi(D-d)} + L} \quad (m) \text{ olmaktadır.}$$

α_R : Radyasyon Yüzeysel Isı İletim Katsayısı;

$$\alpha_R : \epsilon_g \times \epsilon_{ox} \frac{(T_{ort} + 273)^4 - (T + 273)^4}{(T_{ort} - T) \cdot W}$$

ϵ_o : Siyah cismin emissivite katsayısı olup, $4,96 \times 10^{-8}$ değerindedir.

Tort: Giriş ve çıkış sıcaklık değerlerinin ortalaması ($^{\circ}C$)

T_w : Isıtma yüzeylerinin su tarafındaki sıcaklığı ($^{\circ}C$)

$$T_w = T_s + 15 \quad (^{\circ}C)$$

3-2-2 - A Isıtma Yüzeyi Alanlarının Tayini :

Isıtma yüzeyleri, kazanın konstrüktif yapısına göre hesaplanırlar. Bu çalışmada skoç tipi kazan için ısıtma yüzeyleri hesaplanmıştır.

a) Alev Borusunda :

Bu bölümde ısıtma yüzeyi, alevin düz veya ondüleli (dalgalı) olmasına bağlı olarak farklı şekilde hesaplanmaktadır. Ayrıca duman gazı ile temas etmeyen ölü bölgeler yani refrakter malzeme ile kaplı bölgeler göz önüne alınarak %10'luk ölü bölge kabulü yapılır. O halde:

Alev borusu düz ise :

$$A = 0,9 \times \pi \times D \times L \quad (m^2)$$

Alev borusu dalgalı ise :

$$A = 0,9 \times \frac{(D_i + D_d)^2}{2} \times \pi \cdot L_{al} \times 1,14 \text{ (m}^2\text{)}$$

L : Alev boyu (m)
al

b) Ateş Kutusunda :

Bu bölümde %20 ölü bölge tayini yapılır.

$$A = \left(\frac{2 \pi D^2}{4} - \frac{\pi d_k^2}{4} + \pi D L_{pk} - A_{pk} - n \cdot \frac{\pi d^2}{4} \right) \cdot 0,8 \text{ (m}^2\text{)}$$

D: Ateş kutusu çapı

Alev borusu çapına bağlı olarak D=1,87. alev borusu olacak şekilde alınır.

L: Ateş kutusu boyu (700 - 800 mm)

A_{pk}: Patlama kapığı alanı (m²)

d_k: Alev borusu çapı (m)

d : II.Çekim duman borularının çapı

n: II.Çekim duman boruları sayısı

c) II. ve III.Çekim Duman Borularında :

Bu bölümde de %10 kadar ölü bölge tayini yapılarak;

$$A = 0,9 \pi l n x d x l \text{ (m}^2\text{)}$$

n: Duman borusu sayısı

d: Duman borusu çapı (m)

l: Duman borusu uzunluğu (m)

d) Ön Duman Kutusunda :

$$A = \left(\frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} - n \cdot \frac{\pi d^2}{4} - n \cdot \frac{\pi d^2}{3} - \frac{\pi d^2}{4} \right) \cdot 0,8 \text{ (m}^2\text{)}$$

D: Duman kutusu çapı (m)

dk: Alev borusu çapı (m)

n : II.Çekim duman boruları sayısı
2

n : III.Çekim duman boruları sayısı
3

d : II.Çekim duman borusu çapı (m)
2

d : III.Çekim duman borusu çapı (m)
3

%20 ölü bölge tayini yapılmıştır.

3-2-3 Δ Tm Ortalama Logaritmik Sıcaklık Farkının Hesaplanması:

Tg: Isıtma yüzeyine duman gazlarının giriş sıcaklığı (°C)

Tç: Isıtma yüzeyinden duman gazlarının çıkış sıcaklığı (°C)

T_w : Isıtma yüzeyinin su tarafındaki sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)

T_w yüzey sıcaklığı sabit olup doyma sıcaklığından 15°C daha fazla alınmıştır.

$$T_w = T_s + 15 \quad (^{\circ}\text{C})$$

Bu bilgiler ışığında ΔT_m aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$\Delta T_m = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{\ln \frac{T_{\max}}{T_{\min}}} \quad (^{\circ}\text{C})$$

$$\Delta T_m = \frac{T_g - T_c}{\ln \frac{T_g - T_w}{T - T_w}} \quad (^{\circ}\text{C})$$

Yukarıdaki ifadelerde görüldüğü gibi, konveksiyonla olan ısı transferi duman gazlarının miktarına ve yüzeylerle olan sıcaklık farkına bağlıdır. Ayrıca gazın bileşimindeki değişikliklerde gerek konveksiyon ve gerekse ışınlama olan ısı transferini etkilemektedir.

Tablo 3-1 T_m - b Değerleri

| T _m (°C) | b | T _m (°C) | b | T _m (°C) | b |
|---------------------|-------|---------------------|-------|---------------------|-------|
| 50 | 0,154 | 400 | 0,101 | 750 | 0,081 |
| 100 | 0,142 | 450 | 0,097 | 800 | 0,080 |
| 150 | 0,132 | 500 | 0,093 | 850 | 0,079 |
| 200 | 0,124 | 550 | 0,090 | 900 | 0,078 |
| 250 | 0,117 | 600 | 0,087 | 950 | 0,077 |
| 300 | 0,111 | 650 | 0,085 | 1000 | 0,076 |
| 350 | 0,106 | 700 | 0,083 | 1050 | 0,075 |

4. KAZAN TERMİK HESABI ÖRNEĞİ :

KAZAN TEKNİK VERİLERİ :

Kazan kapasitesi : 1.200.000 Kcal/h

Besleme suyu sıcaklığı : 60 °C

Çevre sıcaklığı : 25 °C

Buhar Cinsi : Doymuş buhar

Alev-Duman borulu.

Alev borusu boyu : 2,63 m

Alev borusu çapı (Düz) : 915/1020 mm

Kısa duman boruları boyu : 3 m

Uzun duman boruları boyu : 3,87 m.

Duman boruları çapı : 94/101 mm

Duman boruları sayısı : 29

4-1 FUEL-OİL KAZANI :

4-1 1) ISIL VERİM = 0,85 (kabul)

4-1 2) YAKIT MEKTARI :

$$B_h = \frac{\frac{Q_k}{\eta_k \cdot Hu}}{\eta_k \cdot Hu} = \frac{1.200.000}{0,85 \cdot 9496} = 149 \text{ kg/h}$$

4-1 3) OCAK SICAKLIĞI :

$$i_{th} = \frac{\frac{B \cdot Hu}{L} + \frac{V \cdot i}{L}}{V_g} = \frac{149 \cdot 9496 + 1885 \cdot 6}{1979} = 720,57 \text{ Kcal/Nm}^3$$

$$V_L = B_h \cdot n \cdot L^3 = 149 \cdot 1,2 \cdot 10,543 = 1885 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

$$V_g = B_h \cdot V_g = 149 \cdot 13,284 = 1979 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

Radyasyon Yapan Alev Dış Yüzeyi :

$$A_a = \pi \cdot d \cdot l + \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \pi \cdot 0,915 \cdot 1,836 + \pi \cdot \frac{0,915^2}{4} = 5,899 \text{ m}^2$$

$$(l = \frac{1,35}{\frac{\pi \cdot 0,967^2}{4}} = 1,836 \text{ m})$$

Radyasyon Alan Yüzeyin Alanı :

$$Ad = \pi \cdot d \cdot L + \frac{\pi d^2}{4} = \pi \cdot 0,91 \cdot 2,63 + \frac{\pi \cdot 0,91^2}{4} = 8,1692 \text{ m}^2$$

Alevin Eşdeğer Tabaka Kalınlığı :

$$S = \frac{4 \cdot V}{A}$$

Alev hacmi ocak hacmine eşit kabul edilmiştir. Her bir alev hacmi başına 110 kg. sıvı yakacak yakıldığı kabul edilirse ortalama alev hacmi :

$$Val = \frac{Bh}{110} = 149/110 = 1,35 \text{ m}^3 \text{ olacaktır.}$$

Bu Durumda Ortalama Alev Yüğü :

$$Hm = \frac{B \cdot Hu}{Val} = \frac{149 \cdot 9496}{1,35} = 1,048 \times 10^6 \text{ Kcal/Nm}^3$$

$$S = \frac{4.1,35}{\pi \cdot di \cdot l + 2 \pi \cdot \frac{di^2}{4}} = \frac{4.1,35}{\pi \cdot 0,915 \cdot 1,8 + 2 \pi \cdot \frac{0,915^2}{4}} = 0,818 \text{ m}$$

Ortalama Alev Emissivitesi :

$$\epsilon_{al} = C_x H_m x S = 27 \times 10^{-8} \times 1,048 \times 10^6 \times 0,818 = 0,231$$

(Is radyasyonu için $C = 27 \times 10^{-8}$)

$$P_{\text{CO}_2} = 0,112 \text{ ata}$$

$$P_{\text{H}_2\text{O}} = 0,09 \text{ ata}$$

Gazın eşdeğer tabaka kalınlığı alevinkine eşit alınır.

$$P_{\text{CO}_2} \times S = 0,112 \times 0,818 = 0,0916 \text{ mata}$$

$$P_{\text{H}_2\text{O}} \times S = 0,09 \times 0,818 = 0,0736 \text{ mata}$$

$T_g = 1200^\circ \text{C}$ kabul edilirse :

$$\epsilon_{\text{CO}_2} = 0,095 \quad (\text{Dyg-4-1})$$

$$\epsilon_{\text{H}_2\text{O}} = 0,074 \quad (\text{Dyg-4-1})$$

$$\epsilon_g = \epsilon_{\text{CO}_2} + \epsilon_{\text{H}_2\text{O}} - \Delta\epsilon = 0,095 + 0,104 - 0,007 = 0,192$$

$$\epsilon_a = \epsilon_g + (1 - \epsilon_g) \cdot \epsilon_{al}$$

$$\epsilon_a = 0,192 + (1 - 0,192) \cdot 0,231 = 0,356$$

$$X = \frac{4,96 \times 5,899}{1979 \left(\frac{1}{0,356} + \frac{5,899}{8,1692} \left(\frac{1}{0,9} - 1 \right) \right)} = 5,117 \times 10^{-3}$$

$$i_{th} - i_o = X \left(\frac{T_g + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_w + 273}{100} \right)^4$$

$$T_w = T_s + 15^\circ \text{C} = 170 + 15 = 185^\circ \text{C}$$

$$720,57 - i_o = 5,117 \times 10^{-3} \left(\frac{1200 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{185 + 273}{100} \right)^4$$

$$\dot{I}_o = 482 \text{ Kcal/Nm}^3$$

$$T_o = 1205 \text{ }^\circ\text{C}$$

4-1 4) KONVEKSİYON YÜZEYLERİ :

a) ALEV BORUSUNDA :

$$T_{\text{Ç}} = 1050 \text{ }^\circ\text{C} \text{ (Kabul)}$$

$$T_g = 1200 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_m = \frac{1200 - 1050}{\ln \frac{1200 - 185}{1050 - 185}} = 938 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{ort}} = \frac{1200 + 1050}{2} = 1125 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$W_o = \frac{1979}{3600 \times \frac{\pi \cdot d_i}{4}} = 0,836 \text{ m/s}$$

$$W_R = 0,836 \times \frac{1125 + 273}{273} = 4,28 \text{ m/s}$$

$$\alpha_K = 23,7 \times 2,63^{-0,05} \times 0,915^{-0,16} \times 4,28^{0,79} \times 0,074 = 5,418 \text{ (Kcal/m}^2 \text{ h C)}$$

Eşdeğer tabaka kalınlığı alev borusuna eşit alınır.

$$P_{CO_2} \times S = 0,112 \times 0,967 = 0,108 \text{ mata}$$

$$P_{H_2O} \times S = 0,09 \times 0,967 = 0,087 \text{ mata}$$

$$\epsilon_{H_2O} = 0,12 \times 0,63 = 0,0756 \text{ (Dyg-4-1)}$$

$$\epsilon_{CO_2} = 0,1 \text{ (Dyg-4-1)}$$

$$\epsilon_g = 0,172 \text{ ''}$$

$$\alpha_R = \epsilon_g \times \frac{4,96 \times 10^{-8}}{\epsilon} \times \frac{(T_{ort} + 273)^4 - (T_w + 273)^4}{(T_{ort} - T_w)}$$

$$\alpha_R = 0,172 \times 4,96 \times 10^{-8} \times \frac{(1125 + 2731)^4 - (185 + 273)^4}{(1125 - 185)}$$

$$\alpha_R = 34,26 \text{ (Kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C)}$$

$$K = \alpha_K + \alpha_R = 5,418 + 34,26 = 39,68 \text{ (Kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C)}$$

$$A = 0,9 \times \pi \times 0,967 \times 1,39 = 3,8 \text{ m}^2$$

$$Q = K \cdot A \cdot \Delta T_m = V_g \cdot \Delta i$$

$$i = 71,15 \text{ Kcal/KgY}$$

$$i_o = 480 - 71,15 = 409 \text{ Kcal/KgY}$$

$$T_c = 1050 \text{ }^\circ\text{C}$$

b) ATEŞ KUTUSUNDA :

$$T_c = 850 \text{ }^\circ\text{C (Kabul)}$$

$$T_g = 1050 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$A = \left(\frac{2\pi D^2}{4} - A_{pk} - n \cdot \frac{d^2}{4} - \frac{\pi dk^2}{4} + \pi DL \right) \cdot 0,8$$

(%20 Ölü yüzey kabulü yapıldı)

$$A_{pk} = \frac{\pi \cdot pk^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,6^2}{4} = 0,283 \text{ m}^2$$

D: Ateş kutusu çapı (1,81 m)

D= 1,87 x D alev borusu (Di = 1711 mm, Dd = 1907)

L = (700-800) mm (kabul)

L = 70 cm.

$$A = \frac{2 \pi \cdot 1,81^2}{4} - 0,283 - 29 \times \frac{0,0975^2 \cdot \pi}{4} - \frac{\pi \cdot 0,97^2}{4} + \pi \cdot 1,81 \times 0,7$$

$$A = 7,888 \text{ m}^2 \times 0,8 = 6,31 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \times L = \frac{\pi \cdot 1,81^2}{4} \times 0,7 = 1,8 \text{ m}^3$$

$$S = \frac{4.V}{A} = \frac{4.1.8}{6,31} = 1,141 \text{ m}$$

$$\Delta T_m = \frac{1050 - 850}{\ln \frac{1050-185}{850-185}} = 760,62 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$dh = \frac{\pi \cdot d}{\pi + 2} = \frac{\pi \cdot 1,81}{\pi + 2} = 1,105 \text{ m.}$$

$$T_{ort} = \frac{1050 + 850}{2}$$

$$T_{ort} = 950 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$W_R = W_o \times \frac{T_{ort} + 273}{273} = 0,573 \times \frac{950 + 273}{273} \text{ (m/s)}$$

$$W = 2,568 \text{ (m/s)}$$

$$\alpha_K = 23,7 \times L^{-0,05} \times d_i^{-0,16} \times W_R^{0,79} \times b$$

$$\alpha_K = 23,7 \times 0,7^{-0,05} \times 1,71^{-0,16} \times 2,568^{0,79} \times 0,077$$

$$\alpha_K = 3,59 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$$

$$P_{\text{CO}_2} \times S = 0,112 \times 1,141 = 0,128 \text{ mata}$$

$$\epsilon_{\text{CO}_2} = 0,12 \text{ (Dyg-4-1)}$$

$$P_{\text{H}_2\text{O}} \times S = 0,09 \times 1,141 = 0,103 \text{ mata}$$

$$\epsilon_{\text{H}_2\text{O}} = 0,16 \times 0,63 = 0,1008 \text{ (Dyg-4-1)}$$

$$\epsilon_g = 0,21$$

$$\alpha_R = 0,21 \times 4,96 \times 10^{-8} \times \frac{(950+273)^4 - (185+273)^4}{(950 - 185)}$$

$$\alpha_R = 29,86 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$$

$$K = 33,45 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$$

$$Q = K.A \Delta T_m = \Delta i.Vg$$

$$\Delta i = \frac{33,45 \times 6,31 \times 760,62}{1979} = 81,12 \quad (\text{Kcal/KgY})$$

$$i = 410 - 81,12 = 328 \quad (\text{Kcal/KgY})$$

$$T_c = 853 \quad ^\circ\text{C}$$

c) II.ÇEKİM DUMAN BORULARINDA :

$$T_c = 545 \quad ^\circ\text{C}$$

$$T_g = 853 \quad ^\circ\text{C}$$

% 10 Ölü bölge tayini yapıldı.

$$A = 0,9 \times \pi \times n \times d \times l = 0,9 \times \pi \times 29 \times 0,094 \times 3 = 23,12 \text{ m}^2$$

$$S = \frac{4 \times d \times l}{4 \times l + 2 \times d} = \frac{4 \times 0,094 \times 3}{4 \times 3 + 2 \times 0,094} = 0,0925 \text{ m}$$

$$P_{\text{CO}_2} \times S = 0,112 \times 0,093 = 0,01 \text{ mata}$$

$$P_{\text{H}_2\text{O}} \times S = 0,09 \times 0,093 = 0,008 \text{ mata}$$

$$\epsilon_{\text{CO}_2} = 0,05 \quad (\text{Dyg-4-1})$$

$$\epsilon_{\text{H}_2\text{O}} = 0,028 \times 0,61 = 0,0598 \quad (\text{Dyg-4-1})$$

$$\Delta T_m = \frac{850 - 555}{\ln \frac{850 - 555}{555 - 188}} = 503 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{ort}} = \frac{545 + 850}{2} = 698 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\alpha_R = 0,0598 \times 4,96 \times 10^{-8} \frac{(698 + 273)^4 - (185 + 273)^4}{698 - 185}$$

$$\alpha_R = 4,885 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$$

$$W_o = \frac{1979}{29 \times \frac{11}{4} \times 0,094 \times 3600} = 2,732 \text{ m/s}$$

$$W_R = 2,732 \times \frac{698 + 273}{273} = 9,717 \text{ m/s}$$

$$\alpha_K = 23,7 \times 3^{-0,05} \times 0,094^{-0,16} \times 9,717^{0,79} \times 0,083 = 16,38 \text{ Kcal/m h C}^{\circ}$$

$$K = 16,38 + 4,885 = 21,262 = \text{Kcal/m h C}^{\circ}$$

$$Q = K.A.\Delta T_m = Vg.\Delta i$$

$$\Delta i = \frac{21,265 \times 23,12 \times 503}{1979} = 125 \text{ (Kcal/KgY)}$$

$$i = 325 - 125 = 200 \text{ (Kcal/KgY)}$$

$$T = 551^{\circ} \text{ C}$$

4-1 4-d) ÖN DUMAN KUTUSUNDA :

$$T_{\varphi} = 535^{\circ} \text{ C}$$

$$T_g = 545^{\circ} \text{ C}$$

%20 Ölü Bölge Kabulü Yapıldı

$$D_i = 0,95 \text{ m}$$

$$D_d = 1,05 \text{ m}$$

$$D = 1 \text{ m} \quad (D_i = 0,95)$$

$$L = 0,8 \text{ m}$$

$$d: \text{Külhan çapı} : 0,9 \text{ m}$$

$$A = \left(\frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} \right) \cdot 2 + \pi DL$$

$$A = \left(\frac{\pi \cdot 1^2}{4} - \frac{\pi \cdot 0,9^2}{4} \right) \cdot 2 + \pi \cdot 1 \cdot 0,8 = 2,249 \text{ m}^2$$

$$S = \frac{L(D^2 - d^2)}{0,5(D^2 - d^2) + \pi DL} = \frac{0,8(1 - 0,9^2)}{0,5(1 - 0,9^2) + 1 \cdot 0,8} = 0,17 \text{ m}$$

$$P_{\text{CO}_2} \times S = 0,112 \times 0,17 = 0,019 \text{ mata}$$

$$P_{\text{H}_2\text{O}} \times S = 0,09 \times 0,17 = 0,0183 \text{ mata}$$

$$\epsilon_{\text{CO}_2} = 0,06 \quad (\text{Dyg-4-1})$$

$$\epsilon_{\text{H}_2\text{O}} = 0,07 \times 0,6 = 0,042 \quad (\text{Dyg-4-1})$$

$$= 0,095$$

$$\Delta T_m = \frac{545 - 535}{\ln \frac{545 - 185}{535 - 185}} = 354,97 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{ort} = \frac{535 + 545}{2} = 540 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

$$W_o = \frac{1979}{\frac{\pi}{4} \times 0,9^2 \times 3600} = 0,86 \text{ m/s}$$

$$W_R = \frac{273 + 540}{273} = 1,295 \text{ m/s} \quad W_R = 0,86 \times \frac{273+540}{273} = 1,295 \text{ m/s}$$

$$\alpha_K = 23,7 \times 0,8^{-0,05} \times 0,95^{-0,16} \times 1,295^{0,79} \times 0,092$$

$$\alpha_K = 2,726 \text{ } ^2 \text{ } ^{\circ} \text{ Kcal/m h C}$$

$$\alpha_R = 0,095 \times 4,96 \times 10^{-8} \times \frac{(540+273)^4 - (185+273)^4}{(540-185)} = 5,215 \text{ } ^2 \text{ } ^{\circ} \text{ Kcal/m h C}$$

$$K = 7,94 \text{ } ^2 \text{ } ^{\circ} \text{ Kcal/m h C}$$

$$\Delta i = \frac{7,94 \times 2,062 \times 354,97}{1979} = 2,936 \text{ Kcal/KgY}$$

$$I = 198 - 2,936 = 195 \text{ Kcal/KgY}$$

$$T = 535 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

e) II.ÇEKİM DUMAN BORULARINDA

$$T_{\text{ç}} = 358 \text{ }^{\circ}\text{C} \text{ (Kabul)}$$

$$T_{\text{g}} = 535 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

%10 Ölü Bölge Tayini Yapıldı.

$$A = 0,9 \times \pi \times n \times d \times l = 0,9 \times \pi \times 29 \times 0,094 \times 3,87 = 29,82 \text{ m}^2$$

$$S = \frac{4d_l}{4l+2d} = \frac{4 \times 0,094 \times 3,87}{4 \times 3,87 + 2 \times 0,94} = 0,093$$

$$P_{\text{CO}_2} \quad X_S = 0,112 \times 0,093 = 0,01 \text{ mata}$$

$$P_{\text{H}_2\text{O}} \quad X_S = 0,09 \times 0,093 = 0,008 \text{ mata}$$

$$\sum_{\text{CO}_2} = 0,05$$

$$\sum_{\text{H}_2\text{O}} = 0,05 \times 0,6 = 0,03$$

$$\sum_g = 0,073$$

$$\Delta T_m = \frac{535-358}{\ln \frac{535-185}{358-185}} = 251 \text{ } ^\circ \text{C}$$

$$T_{ort} = \frac{358+535}{2} = 446,5 \text{ } ^\circ \text{C}$$

$$\alpha_R = 0,073 \times 4,96 \times 10^{-8} \times \frac{(447+273)^4 - (185+273)^4}{(447 - 185)} = 3,1 \text{ Kcal/m h } ^\circ \text{C}$$

$$\alpha_K = 23,7 \times 3,87^{-0,05} \times 0,094^{-0,16} \times 7,2^{0,79} \times 0,097 = 14,92 \text{ Kcal/m h } ^\circ \text{C}$$

$$K = 14,92 + 3,1 = 18,01 \text{ Kcal/m h } ^\circ \text{C}$$

$$Q = K.A.\Delta T_m = \Delta i.Vg$$

$$\Delta i = \frac{18,01 \times 29,84 \times 251}{1979} = 68,14 \text{ Kcal/KgY}$$

$$i_o = 198 - 68,14 = 129,86 \text{ Kcal/KgY}$$

$$T = 358 \text{ } ^\circ \text{C}$$

4-2 DOĞAL GAZ KAZANI HESAPLARI :

4-2- 1- ISIL VERİM = 0,83 (kabul)

$$4-2 - 2- B = \frac{1200000}{0,83.9405} = 154 \text{ Nm}^3 / \text{h}$$

4-2- 3- OCAK SICAKLIĞI :

$$\dot{m}_{th} = \frac{B.Hu+V \cdot \dot{m}_L}{V_g} = \frac{154.9405+1775.6}{1956} = 746 \text{ Kcal/Nm}^3$$

$$V_h = B.L = 154 \times 11.524 = 1774.96 = 1775 \text{ Nm}^3 / \text{h}$$

$$V_g = B.V_g = 154 \times 12,699 = 1955,65 = 1956 \text{ Nm}^3 / \text{h}$$

$$A_a = 5,899 \text{ m}^2$$

$$A_d = 8,1692 \text{ m}^2$$

$$S = \frac{4 V}{A} = \frac{4.1,35}{8,1692} = 0,661 \text{ m}$$

$$P_{CO_2} = 0,098 \text{ ata}$$

CO₂

$$P_{\text{H}_2\text{O}} = 0,173 \text{ ata}$$

$$P_{\text{CO}_2} \times S = 0,098 \times 0,661 = 0,064 \text{ mata}$$

$$P_{\text{H}_2\text{O}} \times S = 0,173 \times 0,661 = 0,1143 \text{ mata}$$

$$T = 1330^\circ \text{ C} \text{ kabul edilirse :}$$

$$\epsilon_{\text{CO}_2} = 0,08 \text{ (Dyg-4-1)}$$

$$\epsilon_{\text{H}_2\text{O}} = 0,13 \times 0,78 = 0,1014 \text{ (Dyg-4-1)}$$

$$\epsilon_g = 0,174$$

$$X = 3,16 \times 10^{-3}$$

$$i_o = 539 \text{ Kcal/Nm}^3$$

$$T = 1325^\circ \text{ C} \text{ olduğundan } T_g = 1330^\circ \text{ C} \text{ alınabilir.}$$

4-2-4 KONVEKSİYON YÜZEYLERİNİN TAYİNİ

a) ALEV BORUSUNDA :

$$T_{\text{ç}} = 170^{\circ} \text{ C (Kabul)}$$

$$T_{\text{g}} = 1330^{\circ} \text{ C}$$

$$\Delta T_{\text{m}} = \frac{1330 - 1170}{\ln \frac{1330 - 185}{1170 - 185}} = 1063^{\circ} \text{ C}$$

$$T_{\text{ort}} = \frac{1170 + 1330}{2} = 1250^{\circ} \text{ C}$$

$$W_0 = \frac{1956}{\frac{\pi}{4} \times 0,915^2 \times 3600} = 0,826 \text{ m/s}$$

$$W_R = 0,826 \times \left(\frac{1250 + 273}{273} \right) = 4,61 \text{ m/s}$$

$$\alpha_K = 23,7 \cdot 2,63^{-0,05} \cdot 0,915^{-0,16} \cdot 4,61^{0,79} \cdot 0,075 = 5,745 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h}^{\circ} \text{ C}$$

S- Eşdeğer Tabaka Kalınlığı

$$S = \frac{4.V}{A} = \frac{4.2,63 \times r_1 \cdot \frac{0,915^2}{4}}{2 \frac{r_1 d^2}{4} + r_1 d l} = 0,8 \text{ m}$$

$$P_{CO_2} \times S = 0,098 \times 0,8 = 0,0784 \text{ mata}$$

$$P_{H_2O} \times S = 0,173 \times 0,8 = 0,1384 \text{ mata}$$

$$\epsilon_{CO_2} = 0,095 \quad (\text{Dyg-4-1})$$

$$\epsilon_{H_2O} = 0,16 \times 0,74 = 0,0278 \quad (\text{Dyg-4-1})$$

$$\epsilon_g = 0,1228$$

$$\alpha_R = 0,1228 \times 4,96 \times 10^{-8} \times \frac{(1250+273)^4 - (185+273)^4}{(1250-185)}$$

$$\alpha_R = 30,52 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$$

$$K = \alpha_R + \alpha_K = 36,27 \text{ Kcal/m h } ^\circ\text{C}$$

$$Q = K.A.\Delta T_m = \Delta i.Vg$$

$$\Delta i = \frac{36,23 \times 3,8 \times 1063}{1956} = 74.9 \text{ Kcal/Nm}^3$$

$$i = 545 - 75 = 470 \text{ Kcal/Nm}^3$$

$$T = 1170 \text{ } ^\circ\text{C}$$

b) ATEŞ KUTUSUNDA :

$$T_c = 885 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ (Kabul)}$$

$$\Delta T_m = \frac{1170 - 885}{\ln \frac{1170 - 185}{885 - 185}} = 834 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{ort} = \frac{1170 + 885}{2} = 1028 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$W_o = \frac{1956}{\frac{\pi \times 1,105^2}{4} \times 3600} = 0,567 \text{ m/S}$$

$$W_R = 0,567 \times \frac{1028+273}{273} = 2,7 \text{ m/S}$$

$$\alpha_K = 23,7 \times 0,7^{-0,05} \times 1,71^{-0,16} \times 2,7^{0,79} \times 0,076 = 3,69 \text{ Kcal/m h } ^\circ\text{C}$$

$$S = \frac{4.V}{A} = 4 \cdot \frac{\pi D^2}{4} \times L = 1,141 \text{ m}$$

$$P_{\text{CO}_2} \times S = 0,098 \times 1,141 = 0,1118 \text{ mata}$$

$$P_{\text{H}_2\text{O}} \times S = 0,173 \times 1,141 = 0,197 \text{ mata}$$

$$\epsilon_{\text{CO}_2} = 0,1 \text{ (Dyg-4-1)}$$

$$\epsilon_{\text{H}_2\text{O}} = 0,2 \times 0,74 = 0,148 \text{ (Dyg-4-1)}$$

$$\epsilon_g = 0,248$$

$$\alpha_R = 0,248 \times 4,96 \times 10^{-8} \times \frac{(1028+273)^4 - (185+273)^4}{(1028-185)}$$

$$\alpha_R = 41.16 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$$

$$K = 41,16 + 3,69 = 44,89 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$$

$$Q = K.A.\Delta T_m = \Delta i.Vg$$

$$\Delta i = \frac{44,89 \times 6,31 \times 834}{1956} = 120,77 \text{ Kcal/Nm}^3$$

$$i = 470 - 120,77 = 349 \text{ Kcal/Nm}^3$$

$$T = 890 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T = 885 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ alınır.}$$

c) II.ÇEKİM DUMAN BORULARINDA :

$$T_{\text{ç}} = 558 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ (Kabul)}$$

$$T_g = 885 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_m = \frac{885 - 558}{\ln \frac{885-185}{558-185}} = 519 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{ort} = \frac{885+558}{2} = 721,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$W_o = \frac{1956}{29 \times \frac{11}{4} \times 0,094 \times 3600} = 2,7 \text{ m/s}$$

$$W_R = 2,7 \cdot \frac{722+273}{273} = 9,845 \text{ m/s}$$

$$\alpha_k = 23,7 \times 3,87^{-0,05} \times 0,094^{-0,16} \times 9,845^{0,79} \times 0,083^2 = 16,339 \text{ Kcal/m h } ^\circ\text{C}$$

$$S = 0,093 \text{ m}$$

$$P_{CO} \times S = 0,098 \times 0,093 = 0,009 \text{ mata}$$

$$\epsilon_{CO} = 0,04 \quad (\text{Dyg-4-1})$$

$$P_{H_2O} \times S = 0,173 \times 0,093 = 0,016 \text{ mata}$$

$$\epsilon_{\text{H}_2\text{O}} = 0,065 \times 0,7 = 0,0455 \quad (\text{Dyg-4-1})$$

$$\epsilon_g = 0,0855$$

$$\alpha_R = 0,0855 \times 4,96 \times 10^{-8} \times \frac{(722+273) - (185+273)}{(722-185)}$$

$$\alpha_R = 7,392 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$$

$$K = 7,392 + 16,339 = 23,79 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta i = \frac{KA \Delta T_m}{Vg} = \frac{23,79 \times 23,12 \times 519}{1956} = 145,95 \text{ Kcal/Nm}^3$$

$$i = 345 - 146 = 199 \text{ Kcal/Nm}^3$$

$T = 557 \text{ } ^\circ\text{C}$ olduğundan $558 \text{ } ^\circ\text{C}$ sıcaklık kabul edilebilir.

d) ÖN DUMAN KUTUSUNDA :

$$T_{\text{ç}} = 548 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{Kabul})$$

$$T_g = 558 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$P_{\text{CO}_2} = 0,098 \text{ ata}$$

$$P_{\frac{H_2O}{2}} = 0,173 \text{ ata}$$

$$P_{\frac{CO}{2}} \times S = 0,098 \times 0,17 = 0,01666 \text{ mata}$$

$$P_{H_2O} \times S = 0,173 \times 0,17 = 0,02941 \text{ mata}$$

$$\epsilon_{\frac{CO}{2}} = 0,057 \quad (\text{Dyg-4-1})$$

$$\epsilon_{\frac{H_2O}{2}} = 0,11 \times 0,72 = 0,0792 \quad (\text{Dyg-4-1})$$

$$\epsilon_g = 0,136$$

$$\Delta T_m = \frac{558-548}{\ln \frac{558-185}{548-185}} = 367,97 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{ort} = \frac{558+548}{2} = 553 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$W_o = \frac{1956}{\frac{r_1^2}{4} \times 0,9 \times 3600} = 0,854 \text{ m/s}$$

$$W_R = 0,854 \times \frac{273+548}{273} = 2,568 \text{ m/s}$$

$$\alpha_K = 2,157 \times 2,5689^{0,79} = 4,545 \text{ Kcal/m h } ^\circ\text{C}$$

$$\alpha_R = 0,136 \times 4,96 \times 10^{-8} \times \frac{(553+273)^4 - (185+273)^4}{553-185} = 7,737 \text{ Kcal/m h } ^\circ\text{C}$$

$$K = \alpha_K + \alpha_R = 7,737 + 4,545 = 12,282 \text{ Kcal/m h } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta i = \frac{12,28 \times 2,249 \times 367,97}{1956} = 5,19 \text{ Kcal/Nm}^3$$

$$i = 205 - 5,19 = 200 \text{ (Kcal/Nm}^3\text{)}$$

$$T_g = 548 \text{ } ^\circ\text{C}$$

e) III.ÇEKİM DUMAN BORULARINDA :

$$T_c = 365 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ (Kabul)}$$

$$\Delta T_m = \frac{548-365}{\ln \frac{548-365}{365-185}} = 260,88 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{ort} = \frac{548+365}{2} = 456,5 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

$$W_o = \frac{1956}{29 \times \frac{\pi}{4} \times 0,094^2 \times 3600} = 2,7 \text{ m/s}$$

$$W_R = 2,7 \times \frac{459+273}{273} = 7,239 \text{ m/s}$$

$$A = 29,82 \text{ m}^2$$

$$S = 0,093 \text{ m}$$

$$P_{CO_2} \times S = 0,098 \times 0,093 = 0,009 \text{ mata}$$

$$\epsilon_{CO_2} = 0,048 \text{ (Dyg 4-1)}$$

$$P_{H_2O} \times S = 0,173 \times 0,093 = 0,016 \text{ mata}$$

$$\epsilon_{H_2O} = 0,084 \times 0,7 = 0,0588 \text{ (Dyg 4-1)}$$

$$\epsilon_g = 0,1068$$

$$\alpha_R = 0,1068 \times 4,96 \times 10^{-8} \times \frac{(459+273)^4 - (185+273)^4}{(459-185)}$$

$$\alpha_R = 4,7 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$$

$$K = 4,7 + 14,36 = 19,06 \text{ m/s}$$

$$\Delta i = \frac{19,06 \times 29,82 \times 260,88}{1956} = 75,80 \text{ (Kcal/Nm}^3\text{)}$$

$$i = 200 - 75,86 = 124 \text{ (Kcal/Nm}^3\text{)}$$

$$T = 365 \text{ } ^\circ\text{C}$$

5. BRÜLÖRLER

5-1- SIVI YAKIT BRÜLÖRLERİ :

Yanma bölümünde açıklandığı gibi, sıvı fazındaki yakıtların yanabilmeleri için önce gaz fazına geçmeleri gerekmektedir. Bu nedenle sıvı yakıt brülörleri, buharlaştırmalı ve parçalamalı olarak iki ana gruba ayrılırlar. Bugün kullanılan üflelemeli monoblok brülörlerde yakıt, basınçlandırma esası ile parçalanmaktadır. Endüstriyel amaçlı brülörlerde yakıt basınçlı buhar, basınçlı hava veya dönel brülörlerde olduğu gibi santrifüj enerji kullanılarak parçalanmaktadır.

Küçük ve orta kapasitedeki üflelemeli monoblok brülörlerde, ısıtma yöntemiyle istenilen viskozite değerine getirilen sıvı yakıt, yakıt pompası ile basınçlandırılır. Daha sonra ince yarıkları içeren meme vasıtasıyla, yanma odasına püskürtülür. Yanma odasında yakıt hüzmesi çevresinden dönel olarak üflenen yakma havası ile karışan yakıt yakılır. Burada oluşan alev, dönme hareketine sahiptir. Bu durum alevin kararlılığını sağlar.

Yakıt taneciğinin yanması, esas olarak tanecik etrafında oluşan difüzyon alevi şeklindedir. Yanma odasına giren yakıt zerresi, alevden gelen ısı ile buharlaşır. Tanecikten ayrılan yakıt buharı, derhal tanecik etrafında O ile birleşerek yanar.

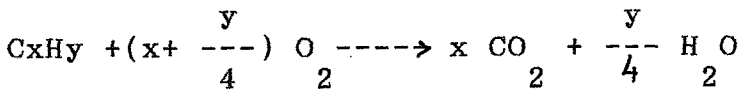
Yani yanmayı kontrol eden buharlaşma ve yakıt buharlarına oksijenin ulaşma hızıdır. Bu iki hız olayı kontrol eder.

Sıvı yakıt yüksek moleküllü hidrokarbonlardan oluştuğundan molekülde yanma oranı yüksektir. Yanma bölgesinde oluşan sınırlı oksijen beslemesi sonucu öncelikle yakıt moleküllerini oluşturan hidrojen yanmaya girer. Açığa çıkan karbon grupları yüksek sıcaklığın etkisiyle parlak sarı bir renk alır. Alevin sarı rengini ve yüksek radyasyon değerini veren budur. Bu karbon parçacıkları yanma odası boyunca yanmalarını tamamlarlar. Yanmasını tamamlayamayan karbon parçacıkları soğuk yüzeylerle temas edip, yanma odasını terkederse is oluşur. İyi bir yanmanın olabilmesi için yakıt iyi parçalanmalı. Hava ile iyi karışmalı, yanma odası boyutları yeterli olmalıdır.

100 KW mertebesine kadar mavi alevli brülörler geliştirilmiştir. Bu tip brülörler domestic kazanlarda kullanılmaktadır. Daha büyük kapasitelerde sarı alevli olan yüksek radyasyonlu kazanlar tercih edilmektedir.

5-2- DOĞAL GAZ BRÜLÖRLERİ :

Büyük oranda metan (CH_4) içeren doğal gazın yanma denklemi :



şeklindedir. Doğal gazdan yanma alanında faydalanabilmek için kontrollü yanmanın sağlanması gerekir. Kontrollü yanma, gaz ile havanın tam yanmayı sağlayacak şekilde karıştırılması ile meydana gelir. Bu amaçla gaz ve hava miktarları ayarlanır ve gaz karışımı meydana geldikten sonra tamamen yakılır.

Doğal gaz brülörleri hava ile karışım sistemlerine göre :

- Atmosferik brülörler
- Üflemlerli brülörler

olmak üzere ikiye ayrılırlar.

Atmosferik brülörlerde gaz kendi basıncı ile enjektörden çıkarken birincil hava ile karışır. Ve atmosferden aldığı ikincil hava ile tamamen yanar. Atmosferik brülörler yalnızca doğal gaz kazanları için imal edildiğinden bu çalışmada incelenmeyecektir.

5-2-1 ÜFLEMELİ BRÜLÖRLER :

Üflemlerli brülörlerde gerekli olan tüm hava bir fan ile sağlanmaktadır. Bu brülörleri, özel bir gaz kazanında kullanma şartı yoktur. Başka yakıtlar yakan kazanlarda bir dönüşüm işlemi ile kolaylıkla kullanılabilirler.

Üflemeleli brülörler hava fanının durumuna göre :

- Monoblok brülörler
- Duoblok brülörler

olmak üzere ikiye ayrılırlar. Hava fanının ve brülörün diğer aksamının aynı gövde üzerinde olduğu brülörlere monoblok brülör denir. Duoblok brülörde ise hava fanı brülörden ayrıdır. Bunlar 5.000.000 Kcal/h kapasiteden daha büyük sanayi brülörleridir. Bu çalışmada incelenmeyecektir.

Gaz brülörlerinde optimum yanmayı sağlamak için hava ve gaz debisinin, değişik çalışma koşullarında, istenilen sabit oranda tutulabilmesi gerekir. Monoblok brülörlerde hava basıncı, gaz basıncı ve kazan karşı basıncı dikkate alınarak optimum yanma sağlanabilir. Tam yanma için gerekli olan teorik hava debisinden daha fazla hava debisi verilerek hava basıncı ayarlanabilir. Bu ayarlamayı yapabilmek için çeşitli gaz/hava karışım ventilleri hazırlanmıştır.

Bunlardan bazıları şunlardır :

- Elektrohidrolik gaz-hava karışım ventilleri

Brülörün temin ettiği hava basıncı ve kazan karşı basıncı her an ölçülmekte ve buna göre gaz giriş basıncı, hava-gaz karışımını sabit tutacak şekilde ayarlanmaktadır.

- 20 - 30 KW ısıll güçlerinde kullanılmak üzere, tek kademeli yavaş uçan ventil ile gaz ayarı, sabit ayarlanmış hava kapağı ile hava ayarı yapılır.

- Çift kademeli yavaş açan ventil ile gaz, servomotor kumandalı hava kapağı ile hava ayarı yapılabilir.

(230 - 1400 KW ısıll güçlerinde)

- Tek kademeli hızlı açan ventil ile gaz, servomotor kumandalı yakıt-hava düzengeci ile hem hava ve hem gaz ayarı yapılabilir. (1400-7000 KW ısıll güçlerinde)

- Kademesiz hava ayarının yapıldığı durum.
(1400-4000 KW)

Üflemeli brülörlerde basınçlı doğal gaz, çok sayıdaki lüleden, içinde buldukları hava akımına yüksek hızla püskürtülür. Hava bir vantilatör tarafından cebri olarak temin edilir. Yüksek bir hızla karışan hava ile yakıt, bir türbülâtörde dönme hareketi verilerek yanma odasına gönderilir.

Üflemeli brülörde vantilatör hem yanma için havayı sağlar hemde kazandaki yük kayıplarının bir kısmını karşılar. Kazandaki gaz tarafı direnci küçük olduğunda normal tip üflemeli brülör kullanılır. Devir sayıları 1400 d/d gibi düşük mertebede olduğundan sessiz çalışırlar ve az enerji harcarlar. Kazandaki gaz tarafı direncinin yüksek olması halinde (Karşı basınçlı kazan) yüksek basınçlı üflemeli brülörler kullanılır.

Devir sayıları 2800 d/d gibi yüksek mertebelerde olduğundan fazla ses yaparlar ve daha çok enerji harcarlar.

Üflemeli brülörlerde yük değişimine göre yakıtla birlikte hava ayarını da yapmak mümkündür. Dolayısıyla kazan ve riminde azalma olmaksızın oransal kontrolle değişik yüklere inmek olasıdır. Hava fazlalık katsayısı, bu brülörlerde %1,05 ile %1,1 arasında tutulabilir.

5-2-1-a) MONOBLOK DOĞAL GAZ BRÜLÖRLERİ :

Bu Brülörler üç ana kısımdan oluşurlar ;

1- Yanma havasını temin eden kısım: Alüminyum gövde, elektrik ve elektronik kontrol elemanları, hava fanı, hava ayar klapesi, hava basınç şalteri gibi kısımlardan oluşur.

2- Gaz hattı elemanları: Gaz basıncı açıp/kapama, ayar ve kontrol armatürleri. Bunlarda gaz filtresi, regülatör, selenoidler, gaz basınç şalteri gibi elemanlardan oluşur.

3- Gaz-hava karışımını sağlayan kısım : Alev tutucu demek olan türbülötörler (Alevin stabilitesini ve geri tepmemesi sağlar), yanma kafası, ateşleme elektrotları, iyonizasyon elektrodu gibi elemanlardan oluşmuştur.

Monoblok doğal gaz brülörleri çalışma şekillerine göre üçe ayrılırlar :

- Tek kademeli brülörler
- İki kademeli brülörler
- Kademesiz (oransal) kapasite ayarlı brülörler

Tek Kademeli Monoblok Brülörler:

500.000 Kcal/h kapasiteye kadar üretilmektedirler. Brülörün monte edildiği kazana göre kapasite ayarı yapılmalıdır. Kazanın ısı ihtiyacı, doğal gazın alt ısı değerine bölünerek ne kadar yakıt ihtiyacı duyulduğu belirlenir. Daha sonra çalışma selenoidi bu debiyi verecek şekilde ayarlanır. Emniyet selenoidide aynı debiyi verecek şekilde ayarlanır. Böylece brülörün kapasitesi kazana göre ayarlandıktan sonra hava klapesi aracılığıyla yanma havası debisinde ayarlanır. Ayarlar yapıldıktan sonra brülörün verimli çalışıp çalışmadığını kontrol etmek için baca gazındaki CO_2 ve CO gazlarının yüzdeleri ölçülür. CO_2 yüzdesi %10 civarında olmalıdır.

CO miktarı ise maksimum %0,1 olmalıdır. CO_2 miktarını ayarlamak için hava klapesi açılıp kapanır.

İki Kademeli Monoblok Brülörler:

Bu brülörlerin kapasitesi 120.000 Kcal/h'tan büyüktür.

Bu tip brülörlerde iki sabit kapasite vardır. 1.kapasite brülörün maksimum kapasitesinin %40'ı olacak şekilde ayarlanmalıdır. Kazanın enerji ihtiyacı fazla olduğu durumlarda her iki kademede devrededir. Enerji ihtiyacı azalınca önce 2.kademe devreden çıkar. Böylece enerji tasarrufu sağlanmış olur.

İki kademeli brülörün gaz debisi ayarı, iki tane selenoid olduğu için önce brülörün takılacağı kazanın ısı ihtiyacına göre brülörün max.gaz debisi hesaplanır. Sonra bu debinin %40'ını verecek şekilde gaz sayacından yararlanılarak 1.kademe selenoidi ayarlanır. 1.Kademe selenoidinin ayarı bitince 2.kademe selenoidinin ayarına geçilir. Brülör tam kapasite ile çalışırken her iki selenoidde açık olduğundan hesaplanan gaz debisi geçecek şekilde 2.kademe selenoidide ayarlanır. Son olarak emniyet selenoidide bu debiyi geçirecek şekilde hesaplanır. Hava debisi ayarı ise hava klapesi ile yapılır. Karşı basınçlı kazanlarda da bu tip brülörler kullanılmaktadır.

Oransal Kontrollü Brülörler :

Bunlar sanayi amaçlı, büyük güçlü kazanlarda kullanılırlar. Monoblok brülörlerde 10 KW'tan 4000 KW'a kadar ulaşabilmektedir.

Dönel sanayi tipi brülörlerde ise üst sınır 30000 KW'a ulaşmaktadır. Tek kademeli brülörlerin kullanılmasına 300 KW'a kadar müsaade edilmesine rağmen genel olarak 100 KW'a kadar kullanılmaktadır. Çift kademeli brülörlerin kullanma sınırı merteye olarak 1000 KW'a kadardır. Daha büyük kapasitelerde oransal kontrollü brülör tercih edilmektedir.

Monoblok doğal gaz brülörlerinde fuel-oil brülörlerine göre emniyet faktörü daha çok önemlidir. Doğal gazın patlayıcı özelliğinden dolayı, ortaya çıkabilecek her türlü durumda emniyetli çalışmayı sağlamak için otomatik kontrol elemanları kurulmuştur.

Hava-gaz karışımının patlayabilmesi için belirli bir oranda karışmaları gerekir. Bu orana alt patlama limiti adı verilir. Doğal gazın alt patlama limiti hacimsel olarak %5'tir. Eğer bu karışıma doğal gaz ilave etmeye devam edilirse, hava eksikliğinden dolayı karışım patlamaz. Bunada üst patlama limiti adı verilir.

Monoblok Doğal Gaz Brülörlerinde Çalışma Ve Emniyet Elemanları

1) Kontrol Kutusu: Brülörün çalışmasını belli bir sıraya göre düzenler. Kazana takılan termostat veya presostat aldığı kumanda ile brülörü çalıştırır veya durdurur. Çalışma esnasında alev sönerse derhal gazı keser ve brülör arızaya girer.

Alev kontrol devresi, alevin sönüp sönmediğini kontrol eder. Üflelemeli brülörlerde ana alev gözlenir. Bu brülörlerde pilot alev bulunmaz. Alev doğrudan gözlenir. Bu işlem;

- Alevin yaydığı ultraviyole ışınlarla duyarlı UV fotoseller,

- Alevin iyonize olarak doğru akım geçirme özelliğine göre çalışan iyonizasyon elektrotları yardımıyla olur.

Doğal gaz yakıldığında sıvı yakıt brülörlerinde kullanılan fotosel kullanılamaz. Alevin donuk mavi rengi dolayısıyla daha farklı bir alev emniyet düzeni kullanılır. UV fotoseller genellikle 1.000.000 Kcal/h kapasiteden daha büyük brülörlerde ve çift yakıt brülörlerinde kullanılır.

Sıvı yakıt brülörlerinde kullanılan iyonizasyon elektrotları sürekli alev içinde kaldıklarından çabuk kirlenirler ve iş göremezler. Bu nedenle bunlar doğal gaz brülörlerinde kullanılamazlar.

Kuvvetli karışımın olduğu bölgelerde (brülör ağzı civarında) bütün alevin ürettiği yüksek frekanslı titreşimler göz önüne alınır. Fuel-oil veya doğal gazın gözlenmesi için 330-390 nanometre (mor ötesi koyu mavi arası) dalga boyu bandında çalışan fotoseller kullanılmaktadır. Ve yükseltici 100 Hz'nin üzerindeki titreşimler dikkate alınmaktadır.

2) Çalışma selenoidi: Brülör durduğunda veya arızaya geçtiğinde gazı keser. Gaz selenoidleri sızdırmaz ve A sınıfı olmalıdır. Ayrıca selenoidlerden max.miktarın %20'i ile %50'i ayarlanabilir.

3) Emniyet selenoidi: Elektriksel olarak çalışma selenoidine bağlıdır. Ve onun önünde bulunur. İkisi aynı anda açılır. Ve kapanır. Çalışma selenoidinde kaçak olduğundan gazın kesilmesi garantilenmiş olur.

4) Minimum gaz basınç şalteri: Brülörün randımanlı çalışması için gaz basıncının belirli bir seviyenin altına düşmemesi gerekir. Basınç düştüğü zaman şalteri kontrol kutusuna sinyal vererek brülörü durdurur. Ve arıza durumuna geçirir. (2,5-50 Mbar)

5) Yanma Havası Basınç Şalteri: Brülörün randımanlı çalışması için belirli oranda havaya ihtiyaç vardır. Yanma havası basıncı istenilen seviyeye ulaşınca hava basınç şalteri kontrol kutusuna sinyal vererek brülörün çalışmasını sağlar. Aksi halde brülör arızaya geçer.

Gaz boru hattında basınç altındaki her gaz armatürünün bir direnci ve buna bağlı olarak gaz basınç kaybı vardır.

Gaz giriş basıncından gaz boru hattındaki bütün armatrlerin ve brülörün yanma başına meydana gelen basıncı kaybını çıkardığımız zaman kazanın karşı basıncını yenecek ve yanmayı sağlayacak bir gaz basıncının kalması gerekir. Bu nedenle gaz boru hattındaki armatrlerin seçimine dikkat edilmelidir. Ekonomi açısından, istenilen gaz debisini sağlayan en küçük çaptaki armatrleri seçmek gerekir.



6- SIVI YAKITLI KAZANLARIN DOĞAL GAZA DÖNÜŞÜMÜ :

6-1 DÖNÜŞÜM İŞLEMİNDE ALINACAK OLAN TEDBİRLER :

Katı, sıvı veya gaz yakıt yakarak belirli miktarda akışkana, belirli bir sürede, belirli bir sıcaklık artışı veren, yani ısı enerjisi veren ısı deđiŐtirgeçlerine kazan adı verilir. Yakıtların yakılmasıyla oluşturulan ısıdan yararlanılarak istenilen sıcaklık, basınç ve miktarda buhar elde etmeye yarayan basınçlı kaplara buhar kazanı denir.

Isınma amacıyla sıcak su üreten kazanlar genel olarak çelik ve döküm kazanlar olmak üzere ikiye ayrılırlar. Bu sınıflandırma, yapıldıkları malzemeye göredir. Çalışma tarzına göre düşük sıcaklık kazanları, kondensasyon kazanları gibi bölümlere ayrılırlar. Ayrıca yakıt olarak doğal gaz kullanıldığından brülör tipine bağlı olarak atmosferik brülörlü kazanları, üflemeleli brülörlü kazanlar olmak üzere iki ayrılırlar.

Bir kazanın konstrüksüyonunu etkileyen en önemli faktör kullanılan yakıtın cinsidir. Yakıtlar bölümündede incelendiği gibi doğal gaz alevi sıvı yakıtla karşılaştırıldığında, doğal gaz alevinin çok daha az radyasyon kabiliyetinin olduğu görülr. Bu nedenle, doğal gaz kazanlarında radyasyon yüzeylerinin geliştirilmesi yönünde çalışmaların fazla bir önemi yoktur. Buna karşılık kazandaki taşınım (konveksiyonla) ısı geçiş yüzeyi büyük öneme sahiptir.

Üflelemeli brülörlü sıvı yakıt ve gaz kazanları arasında yapısal olarak bir farklılık olmadığından, her sıvı yakıt kazanı üflelemeli bir gaz brülörü ile donatılabilir.

Doğal gaz karbon ve hidrojenin bileşiminden oluşmuştur. Hidrojen oranının yüksek olması nedeniyle, sıvı yakıtta göre duman gazları içerisindeki su buharı oranı ve dolayısıyla su buharının yoğunlaşma noktası sıcaklığı yüksektir. Hava fazlalık katsayısı ne kadar düşükse, su buharının yoğunlaşma noktası sıcaklığı o kadar yüksektir. Bu durumda, dumandaki su buharı oranı yükselir. Hava fazlalık katsayısının düşük olması, kazan verimini pozitif yönde etkiler. Yakıt sarfiyatı azalır. Üflelemeli yakma sistemlerinde ekonomik nedenlerle mümkün olduğu kadar düşük hava fazlalık katsayısı amaçlanır. Ancak bu takdirde, su buharı yoğunlaşma noktası sıcaklığı yükseleceğinden kazanın düşük sıcaklıklarda çalışması halinde duman gazları içindeki su buharı yoğunlaşmaya başlar. Bu alay özellikle eski fuel-oil yakan çelik kazanların doğal gaz'a dönüştürülme-leri halinde korozyon problemine ve kısa zamanda kazanın işe yaramaz hale gelmesine neden olur. Bu korozyonun önlenmesi için kazan su sıcaklığının 55 C'tan aşağı düşmemesi gerekir. Bu nedenle 3 yollu veya 4 yollu karışım vanaları ile kazan-daki su sıcaklığının yüksek tutulması gerekir.

Döküm kazanların döküm işlemi sırasında oluşan, si içeren yüzeylerinin, bu tip korozyona özel direnci vardır. Bu nedenle, döküm kazanlarda, su sıcaklıklarını daha fazla düşürmek mümkündür. Yine bu nedenle döküm kazan ömürleri çok fazladır.

Doğal gaz yakıtlı iyi döküm kazanlarda, gerek yanmanın mükemmel olması, gerekse hava fazlalığının az olması nedeniyle verim yüksektir. Isıl verim %93 değerine ulaşmaktadır. Döküm kazanların konveksiyon yüzeylerinde, az miktarda yüzeyden çok fazla ısı geçişi gerçekleştirilebilir. (Kanat ve çıkıntılar nedeniyle) Bu kanatçıklı yüzeyler aynı zamanda ısıtma yüzeylerinde sıcak noktalar oluşturarak yoğunlaşmayı önlerler.

Çelik kazan tipleri içinde, fuel-oil için geliştirilmiş radyasyon tipi kazanlar doğal gaz yakmaya uygun değildir. Bu tip radyasyonlu kazanlarda duman yeterince soğutulamaz, baca sıcaklığı yüksek olur. Buda kazan veriminin düşmesine ve bacanın tahribine neden olur. Bu tip kazanlar doğal gaza dönüştürülmemeli, yeni bir doğal gaz kazanı ile değiştirilmelidir.

Doğal gaz yakmaya en uygun çelik kazan tipleri, sığ kazanlara benzer, özel üretilmiş silindirik formdaki kazan tipleridir. Bu kazanlarda enine ondüle külhan ve özel alaşımlı çelik malzemeler kullanılmaktadır. Boru ve kaynak bağlantıları farklı olup, kazan üretildikten sonra normalizasyon işlemi uygulanmaktadır.

Isıtma amacıyla sıcak su üretiminde, çelik kazanlarda doğal gaz kullanılırsa mutlaka 3 veya 4 yollu motorlu karıştırma vanası kullanılarak kazan suyu sıcaklığı yük değişimlerinden bağımsız olarak 90 ° C sıcaklıkta tutulmalıdır. Aksi halde düşük kazan suyu sıcaklıklarındaki yoğunlaşma nedeniyle çelik kazanlar kısa zamanda korozyona uğrayarak delinirler.

Çelik kazanların doğal gaz kullanımında özen gösterilmesi halinde 5-6 sene ömrü olmaktadır. Bu süre normalde 3-4 senedir. Döküm kazanlarda ise ömür 30 yıl mertebesinde dir. Bugün Avrupa'da döküm üretimi, toplam üretimin %80'ine ulaşmaktadır.

Kazan ısı hesaplarında görüldüğü gibi, fuel-oil ile çalışan kazanda, yakıt olarak doğal gaz kullanılması halinde kazan dizayn dışı çalışmaya zorlanacaktır.

Sıvı yakıtlı kazanın, doğal gaz dönüştürülmesine karar verildiğinde bir takım tedbirler alınması gerekir. Bunlar kazan verimini iyileştirici tedbirlerin yanında bir takım konstrüktif tedbirlerdir.

Duman gazlarından istifade amacıyla sistemde ekonomayzer kullanılarak su buharının atık enerjisinden yararlanılabilir. Bu olay baca bölümünde incelenmiştir. Ayrıca duman borularını içine türbülötörler konulabilir.

Konveksiyonla ısı transferi bölümünde görüldüğü gibi, duman borularında taşınım ile ısı transferi önem kazanmaktadır. Bu Bölümlerde, türbülantör yerleştirilerek gaz hızları arttırılabilir. Böylece, duman borularında suya daha fazla enerji vererek kazan verimi iyileştirilebilir. Böylece duman borularında gaz sıcaklığı düşer ve kazanın ömrü artar.

Kazan güvenliğini ve ömrünü arttırıcı diğer tedbirler kazanın konstrüktif yapısıyla ilgilidirler. Doğal gaz yakılması halinde mevcut brülör değiştirilir. Doğal gaz yakımına uygun brülör seçilir. Doğal gaz yanması halinde, alevin brülörden çıkış sıcaklığı ile uç noktadaki değer arasında artan yönde fark vardır. Bunun nedeni gaz alevinin radyasyon değerinin düşük olmasıdır. Böylece alevin uç noktası sıcak olmaktadır. Bu durum şu tedbirlerin alınmasını gerektirir.

- Kazan boruları aynalara kaynaklanmalı ve uçlar dışarıya çok taşmamalıdır.

(Kazan aynaları duman borularına mutlaka kaynakla bağlanmalıdır. Uçların dışarı taşmaları halinde, yüksek gaz sıcaklığından dolayı boru uçları eriyebilir.)

- Gaz brülörü kapasitesi, kazan kapasitesine uygun seçilmelidir.

- Yanma odası gerekenden fazla refrakter malzeme ile kaplanmamalıdır. Bu suretle ocak ısı tranferi yüzeyi artırılır. Skoç tipi bir kazanda sadece brülör adapte kapagında, brülör namlusunun etrafının refrakter malzeme ile kaplanması yeterlidir.

- Sıvı yakıtlı kazanda, doğal gaz kullanılması halinde en yüksek sıcaklık farkı ocakta olduğundan külhanın ondüleli olmasına dikkat edilir. Böylece ocakta ısı transfer yüzeyi artar. Külhan düz ise, eğer imkanı varsa ondüleli ile değiştirilmelidir.

- Kazanda, yüzeylerin temizliğine önem verilmelidir. Aksi takdirde ısıtma yüzeylerinde sıcaklık artar. Buda kazan malzemesinde tahribata neden olur. Ayrıca su tarafının bakımı ve korunmasında ihmal edilmemelidir. Kullanılan suyun niteliği PH'ı, geçici ve kalıcı sertlik oluşturan ionlar, alkali yapı zaman içinde sisteme zarar verir. Su tarafında kireç ve kalker oluşmasına müsaade edilmemelidir. Suyun sisteme zarar vermesini önlemek için tasfiye cihazı veya su kalitesini arttıracak bazı kimyasal katkıları kullanılır.

Kazandan, çevreye olan ısı transferi azaltmak amacıyla kazan izolasyonuna dikkat edilmelidir. Duman kutusu kazan dışında ise, kazan içine alınmalıdır.

6-2- GAZ BORU HATTI ELEMANLARI :

1- Küresel Vana: Gaz hattına giren gazı elle mekanik olarak kesmek amacıyla kullanılır. Doğal gazda kullanılmaya uygun vanalar olmalıdır.

2- Filtre: Gaz borularından gelebilecek toz v.s pisliklerin hassas kontrol vanalarına zarar vermemeleri için hattın başında kullanılır. Filtreler kaset içinde yıkanabilir. Sentetik, üç kat malzemedendir. Filtre kapasının üzerinde diğeransiyel manometre veya presostat bağlamak için iki adet ölçü nipeli bulunur.

3- Manometreler: İşletme ve test esnasında, değişik kademelerde gaz basıncını görebilmeyi sağlar. Özellikle basınç regülatöründen önce ve sonra konulur.

4- Presostat: (Basınç otomatığı) ayarlanan basınçta gaz basıncını sürekli kontrol altında tutar. Tesisattaki gaz basıncı, brülörün çalışabileceği minimum basınç değerlerinin altına düşünce selenoid vanaya kumanda ederek gaz beslemesini keser. Büyük sistemlerde aynı zamanda üst basıncı kontrol eden ayrı bir basınç otomatığı daha kullanılabilir.

5- Basınç Regülatörü: İyi bir yanmanın sağlanması için gaz basıncı sabit olmalıdır. Regülatör, değişken giriş basıncı ve debiye karşılık çıkış basıncını sürekli sabit tutar.

Şebeke basıncını, bürlörde gerekli sabit besleme basıncına düşürür. Girişteki basınç ne kadar değişirse değişsin regülatör çıkışında sabit bir değer elde edilir. Bu brülörün düzgün çalışması için şarttır. Çıkış basıncı isteğe göre ayarlanabilir. Basınç rüglatörü aynı zamanda kullanılacak doğal gaz debisininide ayarlar.

6- Selenoid Valf: (Manyetik ventil) Gaz kontrol hattının sonunda yer alırlar. Brülör durduğunda gazı kesen en önemli kontrol elemanıdır. Kesin sızdırmazdır. Gaz kesme süresi 1 sn.'nin altındadır. Açma süresi hızlı veya yavaş olabilir. Avrupa'da %10 voltaj değişiminde çalışacak şekilde üretilmektedir. Türkiye şartlarında bu tolerans daha geniş olmalıdır. 300000 Kcal/h gücün üzerinde, Alman normlarına göre iki adet kullanılmaları zorunludur.

Oransal kontrollü hatlarda motorlu vana kullanılır. Ve pnömatik veya elektronik kontrolla geçen gaz debisi ayarlanabilir.

7- Kombine Manyetik Ventiller: Küçük tesislerde gaz kontrol hattı elemanları yerine manyetik ventil kullanılır. Bu cihaz, basınç regülatörü, emniyet ventili ve manyetik kumanda vanasını birlikte içerir.

8- Gaz Kaçak Kontrolü Elemanı: Büyük tesislerde manyetik veya motorlu vanaların sızdırmazlığını otomatik olarak test eden cihazlara gaz kaçak kontrolü adı verilir. Bunlar basınç veya vakum prensibine göre çalışırlar. İki manyetik valf arasına bağlanırlar. Eğer kaçak varsa (30 lt/h'tan fazla) yakma sistemini durdurur. Ve alarm verirler.

6-3- DOĞAL GAZA DÖNÜŞÜMDE BACALAR :

Bir kazanın bağlı bulunduğu bacanın görevi, yanma sonucu oluşan gazları atmosfere atmak ve aynı zamanda doğal çekimle çalışan kazanlarda gerekli yanma havasını emmektir.

Kazanların verimli çalışmaları yanında yangın ile yapı sağlamlığı ve benzeri yönlerden bacanın

- Kesitinin belirlenmesi
- Yüksekliğinin belirlenmesi
- Malzemesinin seçimi
- Konstrüksiyonu

gibi hususlara dikkat etmek gerekir.

Yanma olayı sonunda meydana gelen CO_2 , SO_2 , Nox gibi yanma ürünleri ve partiküller yanında su buharıda baca gazı (duman) ile birlikte dışarı atılmaktadır.

Eğer baca malzemesi ve konstrüksiyonu gerekli şartları sağlamıyorsa baca gazındaki su buharı difüzyonu (geçiş) olayı meydana gelir. Pratik olarak:

1 Litre fuel-oil yanmasından 1 kg. su buharı

³
1 Nm Doğal gaz yanmasından 1,5 kg. su buharı

açığa çıktığından doğal gaz kullanılması halinde yoğunlaşma daha fazla meydana gelir. Yanma hesapları bölümünde incelenen gibi, doğal gaz yakılması halinde su buharı miktarı, fuel-oil yakılması halinde oluşan su buharı miktarından yaklaşık 1.7 kat daha fazla olmaktadır. Bu nedenle yakıt olarak doğal gaz kullanıldığında, duman gazı yoğunlaştırıcısı kullanılmak suretiyle, atık enerji faydalı hale getirilir ve kazan verimi yükseltilebilir. Böylece yakıtın üst ısı değerine göre tanımlanan verim değerine ulaşılır. Duman gazının su buharı yoğunlaşma noktasına kadar soğutulmasıyla, su buharı yoğunlaştırılarak geri kazanılır. Doğal gazın yanması sonucunda oluşan su buharının çığ noktası 56°C 'dir. Bu değer fuel-oil'de 49°C 'dir. Ancak fuel-oil bileşiminde S bulunması nedeniyle baca gazları en çok 160°C 'a kadar soğutulabilir. Çünkü 160°C sıcaklıkta S su buharı ile reaksiyona girerek H_2SO_4 oluşmasına neden olur. Bu da korozyona yol açar. Oysa doğal gazın bileşiminde S miktarı yok denecek kadar az olduğundan 56°C 'a kadar inmek mümkündür.

Atık baca gazındaki ısı enerjisinden suyun yoğuşma sıcaklığının üzerinde yararlanıldığı takdirde kullanılan ısı değiştirgecine ekonomayzer adı verilir. Böylece ısınma amacıyla kurulmuş merkezi ısıtma sistemi için gerekli olan alçak basınçlı sıcak suyun tamamı, baca gazı atık ısısından karşılanabilir. Radyatörden suyun çıkış sıcaklığının 56 °C'ın üzerinde olması halinde ekonomayzerden çıkış sıcaklığı bu değerde olması gerekir. Böylece, su buharının yoğuşması söz konusu değildir.

7- SONUÇ :

Bu çalışmada, fuel-oil ile çalışan skoç tipi bir kazanda, yakıt olarak doğal gaz kullanılması halinde kazanda meydana gelen yanma ve ısı transferi değişimleri incelenmiştir.

Doğal gazın yakılması halinde yanma ürünlerinden olan su buharı miktarı, fuel-oil'e göre yaklaşık 1,7 kat daha fazladır. Su buharının emissivitesi yüksek olup, gaz radyasyonu ile ısı transferinin artmasına neden olmaktadır. Ancak, yakıt olarak doğal gaz kullanıldığından, ısı radyasyonu meydana gelmektedir. Buna karşılık fuel-oil'de ısı radyasyonu ve gaz radyasyonu meydana gelmektedir. Doğal gazın yanması sonucu oluşan yüksek miktardaki su buharı, ısı radyasyonunun yokluğunu karşılayamaz. Böylece ışınlama ile olan ısı transferi, fuel-oil'de daha fazla olmaktadır. Bu durum en fazla ocakta etkisini göstermektedir. Işınlama ısı transferinin daha az olması sonucunda, doğal gazlı kazanda, ocak çıkış sıcaklığı yaklaşık 150 C daha fazla olmaktadır.

Fuel-oil'den doğal gaza dönüşümde, konveksiyon yüzeylerinde ısı transferi artar. Su buharı miktarının yüksek olmasından dolayı taşınım ile ısı transfer katsayısı artar. Ayrıca ocaktan gazların daha sıcak gelmesinde konveksiyon yüzeylerinde ısı transferinin artmasına neden olur.

Su buharı miktarının fazla olması alt ısı değerine göre tarif edilen kazan veriminin azalmasına neden olur. Ancak bu durum bir takım ilave tedbirler ile önlenmektedir. Doğal gazın bileşiminde bulunan kükürt miktarının yok denecek kadar az olması burada avantaj sağlamaktadır. Ekonomayzer entegrasyonu, türbülator yerleştirilmesi gibi tedbirler sayesinde, kazan verimi arttırılarak üst ısı değerine göre tarif edilen verim değerine yaklaşmaktadır. Baca gazı sıcaklığı, doğal gaz yakılması halinde istenilen değere indirilebilmektedir. Oysa fuel-oil yakılması halinde H_2SO_4 gibi asitlerin teşekkül etmesi, sıcaklığın belirli bir seviyede 160 C gibi bir değerde tutulmasına neden olmaktadır.

Doğal gazın temiz bir yakıt olması, bileşiminde S olması çevre kirliliğini büyük ölçüde önlemektedir. Doğal gaz tam olarak yandığı için is vermez. Yakıttan kaynaklanan SO_2 , SO_3 , emisyonlarını yapmaması günümüzün en güncel konularından olan çevre kirliliğine büyük çözüm getirmektedir. Doğal gazın yakıt olarak kullanılmasının en büyük nedenlerinden biride budur.

Doğal gaz ekonomik olması yönünden de tercih edilmektedir. Depolanma probleminin olmaması, yakıt ön hazırlığının olmaması, iş gücünden yapılan tasarruf büyük ölçüde ekonomi sağlamaktadır. Ayrıca dünyadaki doğal gaz rezervlerinin çokluğuda, doğal gazın yakıt olarak kullanılmasının tercih edilmesine neden olmaktadır.

ÖZGEÇMİŞ

AYŞE AKAR

DOĞUM TARİHİ : 2 Temmuz 1970

DOĞUM YERİ : İSTANBUL

ÖĞRENİM : ŞİŞLİ LİSESİ 1984 - 1987

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ 1987 - 1992

Makina Fakültesi Enerji

Ana Bilim Dalı

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ 1992 -

Fen Bilimleri Enstitüsü

Enerji Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans Öğrenimi

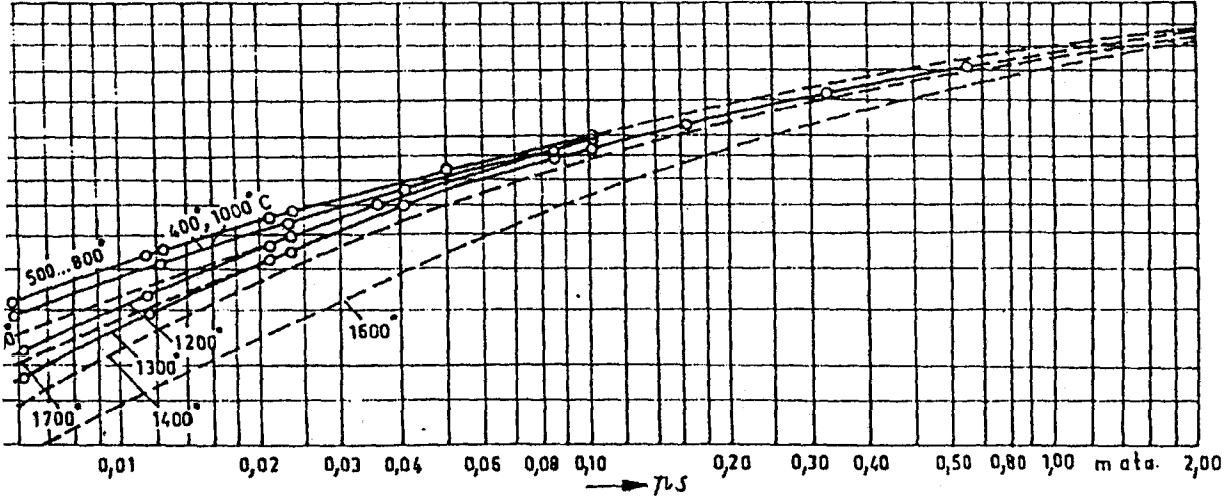
İŞ TECRÜBESİ : 1993 Yılından beri özel
sektörde çalışmaktayım.

LİSAN BİLGİSİ : İngilizce

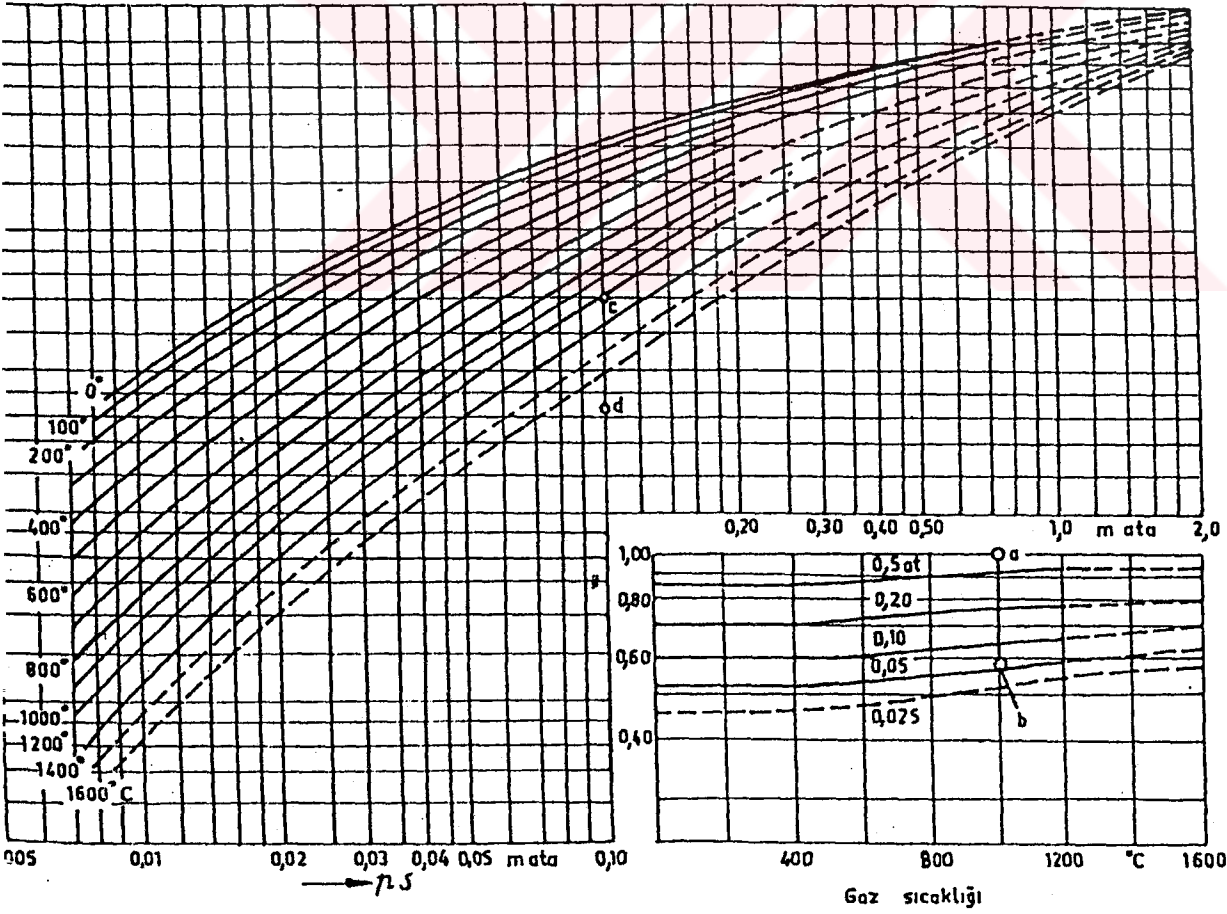
KAYNAKLAR :

- 1- Alpin, Kemal Dagsöz, 1993. "Bacalar". Tesisat Dergisi.
- 2- Arısoy, Ahmet, 1992. "Kazanların Doğal Gaza Dönüşümü". Doğal Gaz Dergisi.
- 3- Bilgiç, Metin, 1991. "Endüstriyel Kazanlarda Doğal Gaz Kullanımı ve Dönüşümü". Makina Mühendisleri Odası, Seminer Notları.
- 4- Baloğlu, Fatih Eren, 1992. "Doğal Gaz Yakıtlı Kazanlar". Termodinamik Dergisi.
- 5- Çetinkaya, Uğur, 1993 "Doğal Gaz Dönüşümünde Kazanlarda Etkin Isı Kullanımına İlişkin Ek Önlemler". Kimya Mühendisleri Odası, Doğal Gaz Okulu Notları.
- 6- Deniz, Orhan. Yayınlanmamış Ders Notları.
- 7- Genceli, Osman F.1991." Doğal Gaza İlişkin Genel Bilgiler". Makina Mühendisleri Odası, Seminer Notları.
- 8- Önönü, Eren S.1991. "Monoblok Gaz Brülörünün Doğal Gazdaki Kullanımı ve Ekonomik Yakılması". Tesisat Dergisi.
- 9- Kadırgan, Neşet. 1993. "Doğal Gazın Yanma Özellikleri, Yanma Ürünleri, Hava Kirliliği". Kimya Mühendisleri Odası, Doğal Gaz Okulu Notları.
- 10- Kakaç, Sadık, 1987. Isı İletimi.
- 11- Lisowski, Joe. 1990. "The Firing Of Natural Gas In Boilers". Doğal Gaz Dergisi.
- 12- Onat, K., Genceli O.F., Arısoy A., 1988. "Buhar Kazanlarının Isıl Hesapları" Denklem Matbaası.
- 13- Öztürk, Sami. 1992. "Doğal Gaz ve Standartlar". Termodinamik Dergisi.
- 14-Sungu, Burhan, Yayınlanmamış Ders Notları.
- 15- T.D.D.F Notları, 1991
- 16- Isısan Çalışmaları, No: 45

Diyagram 4-1 CO₂ İÇİN EMİSİVİTE [2]

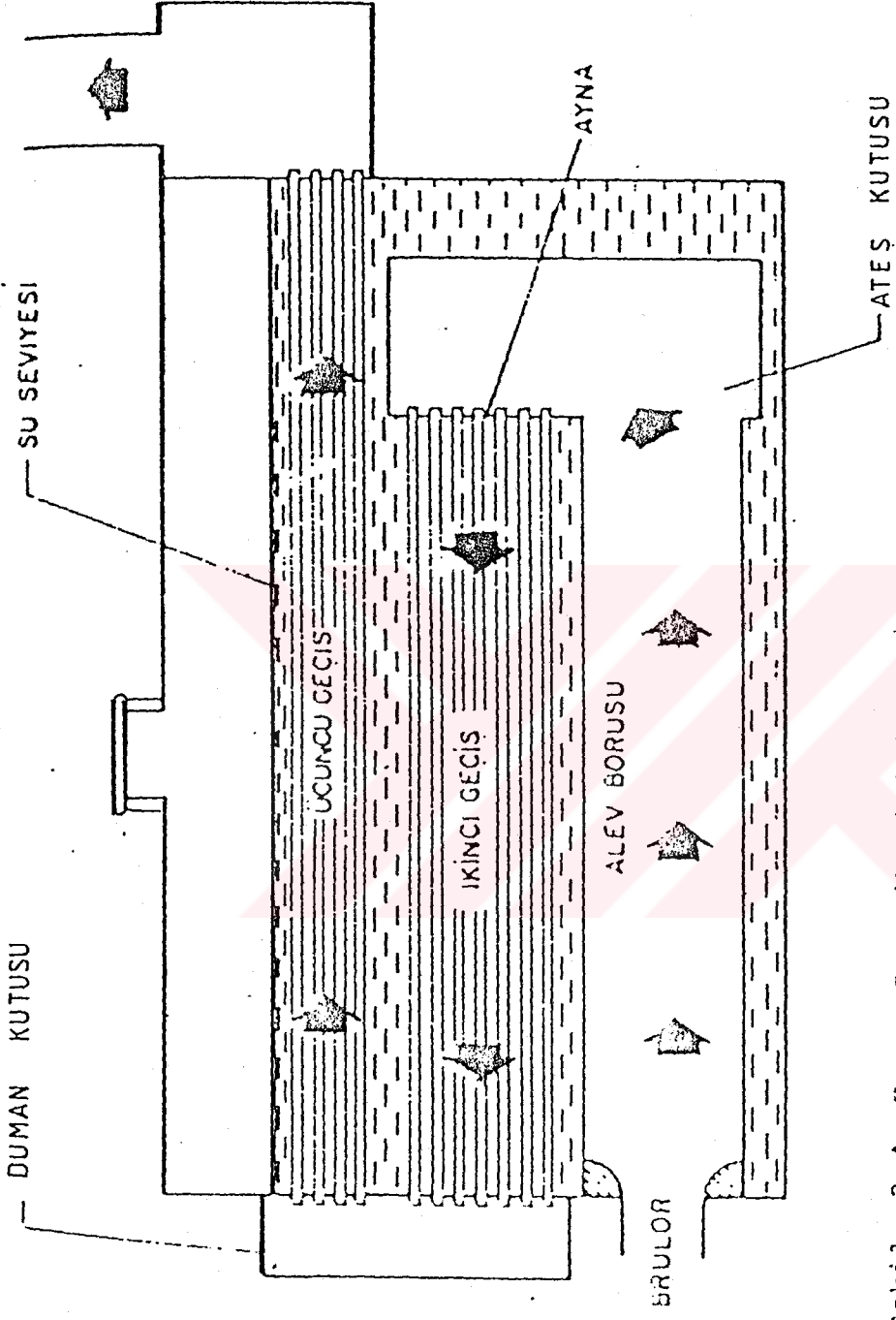


SU BUHARI İÇİN EMİSİVİTE

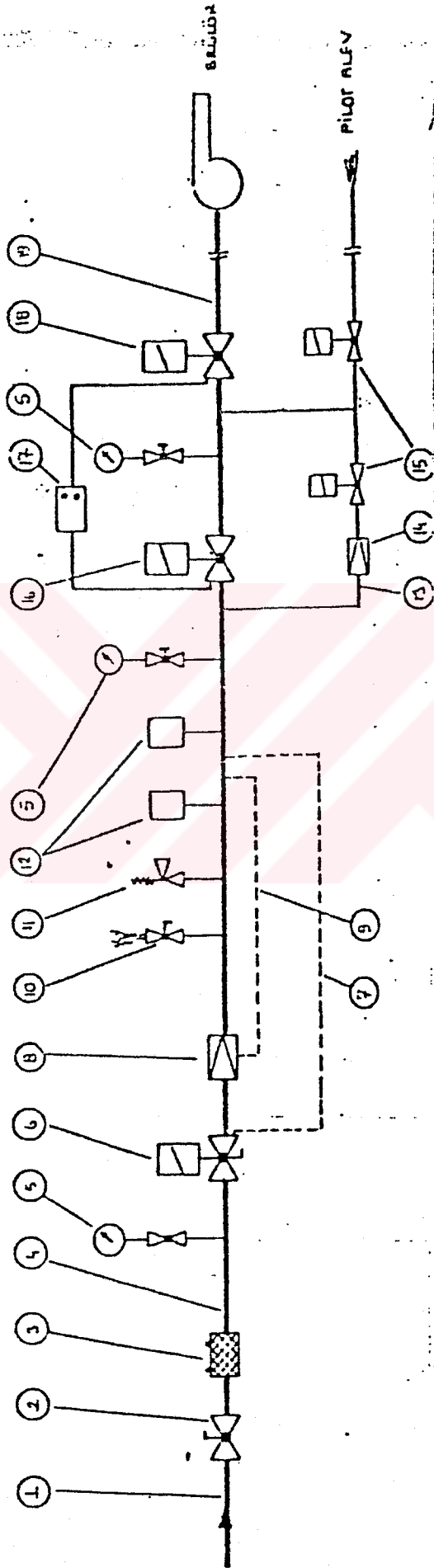


Eckert-Schmidt)

Prof. K. Onat -Buhar Kazanları Termik Hesapları) dan alınmıştır



Şekil: 3.4. Kazan Şematik Çizimi



GAZ KONTROL İMATTI

TR YATIRIM YÖNETİM KURULU
 KOMBİNEASYON MERKEZİ