

57565



YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SIVI YAKIT VE KÖMÜR İLE
ÇALIŞAN KAZANLARIN
DOĞALGAZA DÖNÜŞTÜRÜLMESİ VE
KARŞILAŞILACAK PROBLEMLERİN ÇÖZÜMÜ

Mak.Müh. Murat TAN

F.B.E. Makina Mühendisliği Anabilim Dalında
hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Y.Doç.Dr. Recep ÖZTÜRK

İSTANBUL, 1996

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iii
1. GENEL BİLGİLER	1
2. DOĞALGAZIN KULLANIM ALANLARI	2
3. DOĞALGAZIN ÖZELLİKLERİ	3
4. YANMA HAKKINDA BİLGİLER	4
4.1. SIVI YAKITIN YANMASI	4
4.2. GAZ YAKITIN YANMASI	6
4.2.1. KİNETİK YANMA	6
4.2.1.1 NORMAL YANMA	7
4.2.1.2 BİR TÜRBİLANS LI AKIM İÇİNDE BİR HOMOJEN KARIŞIMIN YANMASI	8
4.2.2. DİFÜZYON YANMA	9
4.2.2.1. LAMİNAR ALEV	9
4.2.2.2. LAMİNAR ALEVDEN TÜRBİLANS LI ALEVE GEÇİŞ	10
4.3. YANMA	10
5. DOĞALGAZIN YANMA REAKSİYONU	12
6. HAVA FAZLALIK KATSAYISI	15
6.1. HAVA FAZLALIK KATSAYISININ HESAPLANMASI	16
7. ISI TRANSFERİ	19
8. ISIL DEĞERİ	20
9. YANMA VERİMİ	21

10. ISIL VERİM	22
11. YANMA HIZI	24
12. TUTUŞMA	24
12.1. TUTUŞMA SICAKLIĞI	25
12.2. TUTUŞMA GECİKMESİ	27
12.3. MİNİMUM TUTUŞMA ENERJİSİ	27
13. ALEV	27
13.1. ALEV SICAKLIĞI	27
13.2. ALEVLENME LİMİTİ	28
13.3. ALEV YAPISI	31
13.4. ALEV ISI YAYILIMI ÖZELLİKLERİ	32
13.4.1. PARLAK ALEV	32
13.4.2. PARLAK OLMAYAN ALEVLER	35
13.4.3. SIVI YAKIT ALEVLERİ	35
14. DOĞALGAZ VE FUEL OIL'İN KARŞILAŞTIRILMASI	36
14.1. ALEV KARAKTERİSTİĞİ	38
15. GAZ YAKICILAR	43
15.1. ÖN KARIŞTIRMA YAKICILAR	45
15.2. KISMİ ÖN KARIŞTIRMALI YAKICILAR	47
15.3. DIŞ KARIŞTIRMA YAKICILAR	48
15.4. KOMBİNE GAZ-SIVI YAKIT YAKICILARI	50
16. KAZANLARIN DOĞALGAZA DÖNÜŞÜMÜ	55
16.1. DOĞALGAZ VE FUEL OIL'İN ENTALPİ SICAKLIK DİYAGRAMININ ELDE EDİLMESİ	55

İÇİN GEREKLİ HESAPLAR	
16.2. KAZAN İÇİNDEKİ ISI TRANSFERİNİN	70
İNCELENMESİ	
16.2.1. FUEL OIL İÇİN TASARLANAN KAZANDA	71
OCAKTA ISI TRANSFERİ	
16.2.2. DOĞALGAZA DÖNÜŞÜM YAPILAN KAZANDA	82
OCAKTA ISI TRANSFERİ	
16.3. KAZANLARIN DOĞALGAZA DÖNÜŞÜMÜNDE	88
ELDE EDİLEN SONUÇLAR	
16.3.1. KAZANDA YAKITLARIN KARŞILAŞTIRILMASI	88
16.3.2. KAZAN İÇİNDEKİ ISI TRANSFERİ	90
16.3.3. DÖNÜŞÜMDE DİKKAT EDİLECEK HUSUSLAR	96
16.3.4. KAZAN DAİRESİ DÜZENLEMESİ VE	106
EMNİYET TEDBİRLERİ	
16.3.5. GAZ BORU HATTI ELEMANLARI	107
17. DOĞALGAZA DÖNÜŞÜMDE BACALAR	108
18. DÖNÜŞÜMÜN EKONOMİK YÖNÜ	109
18.1. VERİM	110
18.2. İŞ GÜCÜ	111
18.3. YAKIT ÖN HAZIRLIĞI	111
18.4. BAKIM-ONARIM	111
19. SONUÇ	112

TEŐEKKÖR

Bu tezin hazırlanmasında desteklerini benden esirgemeyen öncelikle ailerne, Sn. Cemil AYDIN'a, Y.Doç.Dr. Recep ÖZTÜRK'e, Arş.Gör. Övün İÇİN'a, Arş.Gör. Süleyman TOKAY'a, Arş.Gör. Muammer AKGÜN'e ve Kımyager Begüm AYDIN'a teşekkür ederim.

Murat TAN



ÖZET:

Bu çalışmada, kömür ve fuel oil yakan kazanların doğalgaza dönüştürülmesi işlemi incelenmiştir. Bu durumda kazan kapasiteleri ve sıcaklık dağılımları birbirinden farklı özellikler göstermektedir.

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

Doğalgaz, S içermediğinden yanma sonunda SO_x oluşmaz. Dolayısıyla korozif etkisi olan H₂SO₄ oluşmaz. Böylece, baca gazı sıcaklığı düşük tutulabilmektedir.

Her ne kadar yakıtın yanma verimi hakkında araştırmalar yaptım. Sonuç olarak yakıtın üst değerinin tam olarak kullanılmadığı ısı kayıplarının olduğu ve bu ısı kayıplarının minimuma indirilmesi gerektiğini gördüm.

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

SUMMARY

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

I worked about nature gas, fuel oil, coal's burning efficiency. And as a result I have seen that the fuels top values couldn't get % 100. There were heat loss and we have to cancel it.

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

1- GENEL BİLGİLER

İnsanoğlu tarafından binlerce yıldan beri bilinmesine rağmen doğalgazın yaygın olarak kullanılması 1960 yıllarından sonradır. Doğalgazın çeşitli yollarla yeryüzüne çıkararak yıldırım gibi bazı dış etkenler yardımıyla yanması çağlar boyu insanların özel ilgisini çekmiştir.

Organik teoriye göre diğer fosil yakacaklar gibi doğalgaz' da milyonlarca yıl önce yaşanmış bitki ve hayvan artıklarından oluşmuştur. Yeryüzü kabukları arasına gömülen bu artıklar basınç ve ısı etkisiyle kimyasal değişikliklere uğrayarak doğalgazı meydana getirmiştir.

Genelde doğalgaz'a sıradağ yamaçlarında petrol yatakları ile birlikte veya serbest olarak rastlanılmaktadır. Bugün üretilen doğalgaz'ın yaklaşık % 40 kadarı petrol ile aynı yataklardan % 60 kadarı ise petrol bulunmayan yataklardan sağlanmaktadır.

1986 yılı itibarı ile dünyadaki güvenilir rezerv miktarı yaklaşık 100 Trilyon m³ değerindedir. Bu miktarın en büyük oranı %43'ü S.S.C.B.'de % 13'ü İrlanda % 5.6'sı A.B.D.'de %4.2'si Katar'da % 3.6'sı Cezayir'de % 2'si Norveç ve Hollanda'dadır. Ayrıca Endonezya ve civarındaki adalarda da zengin doğalgaz kaynaklarına rastlanmıştır.

Yurdumuzda ise yapılan bütün araştırmalara rağmen henüz bir doğalgaz rezerv'i bulunamamıştır. Mardin civarındaki yaklaşık 1 milyar m³ ile Trakya'daki rezervin 14 milyar m³ olduğu tahmin edilmektedir. (Genceli, Osman F. 1991)

Hükümetimiz ile S.S.C.B. hükümeti arasında yapılan 18 EYLÜL 1984 tarihli anlaşmaya göre yurdumuza S.S.C.B.'den 1988'de 3.5

milyar m³ 1992'de 4.7 milyar m³ ve 1993'de 5 milyar m³ doğal gazın ithal edilmesi ve her geçen sene itibarı ile isteğe bağlı olarak artırılması koşulu ile ithal edilmesi kararlaştırılmıştır.

2- DOĞALGAZIN KULLANIM ALANLARI

Doğalgaz'ın ilk modern üretim ve tüketim tekniklerine A.B.D.'de Eric Gölü yakınında yaklaşık 10 m derinlikten 4 cm çapında borular ile çıkarılan doğalgaz Freodaina şehrinin aydınlatılması için kullanılmıştır. İlk endüstriyel kullanım ise 1841 yılında yine A.B.D.'nin Batı Vırgınia eyaletindeki tuz üretim tesislerinde görülmüştür.

Günümüzde doğalgaz yakacak ve hammadde olarak çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Yakacak olarak termik santrallerde elektrik enerjisi üretimi için endüstri kuruluşlarında ısıtma kurutma pişirme Isıl işlem fırınlarında kaynak işlemleri ve buhar üretimi için konut ve iş yerlerinde ise sıcak su pişirme kurutma ısıtma ve soğutma işlemleri için doğrudan kullanılabilir. Doğalgazın bileşiminde bulunan hidrokarbonlar nedeni ile sanayide amonyak, metanol, hidrojen ve petrokimya ürünlerinin sentezinde mürekkep, zamk, dinamit, gübre gibi maddelerin üretiminde doğalgaz doğrudan hammadde olarak kullanılır. Bugün dünyadaki metanol üretiminin % 70'i doğalgaz ile sağlanmaktadır. Diğer bir taraftan özellikle A.B.D.'deki Kansas New Mexico Oklahoma Texas ve Utah'taki kuyulardan çıkarılan doğalgaz içinde %2-7 Helium bulunması nedeniyle buralardan elde edilen doğalgaz Helium üretiminin ana kaynağını oluşturmaktadır.

3- DOĞALGAZ'IN ÖZELLİKLERİ

Doğalgaz esas olarak metan ve metana göre daha az oranda olmak üzere etan ve propan gibi hidrokarbonlardan ve karbondioksit hidrojen sülfür ile helium gazlarından meydana gelen renksiz kokusuz bir gazdır. Ayrıca çok küçük yüzdelerde olmak üzere oksijen ve argon gazlarının bulunduğu doğalgaz kaynaklarında rastlanabilir. Ticari kullanıma arz edilen doğalgaz'da genellikle %80-95 arasında metan %5 - 10 arasında etan ve propan bulunur. Geri kalan yüzde genellikle azottur. Alt ısı değeri 30-45 MJ/Nm³ havaya göre yoğunluğu ise 0.58 - 0.79 arasındadır. Doğalgaz mavi bir alevle yanar ve hava ile belirli oranda karıştığında patlayıcı özelliği vardır. Eğer doğalgaz rezervinde kükürt var ise üretilen doğalgazda da hidrojen sülfür görülür. Bu bileşenin dağıtım şebekelerinde ve kullanma yerlerinde yaratabileceği korozyon problemlerini önlemek amacıyla ile doğalgaz şebekeye verilmeden önce genellikle temizlenir. Kullanıma sunulan doğalgaz içindeki kükürtün ihmal edilebilir seviyede olması nedeniyle yakılma sonunda oluşan duman gazında kükürt dioksit yok denecek kadar azdır. Duman gazında kükürt dioksit bulunması insan sağlığı ve çevreye olumsuz etki yapmaktadır. Bu olumsuz etki ve asit çığ noktası oluşmaması için duman gazının en fazla 140-160 C değerine kadar indirilebilmesi kömür fuel oil gibi diğer fosil yakacakların en önemli sakıncalarıdır. Doğalgazın yakılması ile oluşan duman gazı 60 C sıcaklığına kadar düşürülebilmesi nedeni ile ısı transferi yüzeyleri artırılarak daha fazla bir ısı transferi ile baca yüksekliği ve baca aspiratörü gücü azaltılarak daha az bir yatırım ve işletme masrafları ile karşılaşılır.

Doğalgaz içinde yanmayan madde bulunmadığı için tümü yanar hava ile çok iyi karışabildiğinden hava fazlalık katsayısı bir civarındadır. Yanmamış yakacak kaybı yoktur baca kaybı ise diğer yakacaklara göre çok küçüktür.

Sıvı ve katı yakacaklarda duman gazı ile sürüklenen kurum kül gibi yanmamış maddelerin ısı transferi yüzeylerine yapışarak meydana getirdiği ısı direnç problemi doğalgazda çok azdır. Isı transferi yüzeyleri temiz kaldığından kurum üfleme cihazları daha az çalıştırılır. Bu nedenle bu cihazların harcadığı buhar ve enerji sarfiyatı azalır. Doğalgaz yakan kazanların periyodik bakımları daha uzun zaman dilimlerinde yapıldığından bakım masrafları azalır.

Yakacak olarak kullanıldığında doğalgaz'ın diğer yakacaklarda olduğu gibi depolama ve yakıt hazırlanması problemleri yoktur. Dağıtım şebekelerinden geldiği gibi yakıcılarda yakılabilir.

4- YANMA HAKKINDA BİLGİLER

4.1 SIVI YAKITIN YANMASI

Endüstriyel ocaklarda fırınlarda sıvı yakıtlar çoğunlukla yakmadan önce püskürtülür. Bu nedenle sıvı yakıtın yanmasının ana safhaları

- a) Püskürtme
- b) Ara karıştırma, ön ısıtma ve buharlaştırmanın yardımcı olduğu ve önde geldiği tutuşma
- c) Sıvı yakıt zerrelerinin yanması

Sıvı yakıtın püskürtülmesi bir püskürtücü vasıtası ile bir yakıt jetinin zerrelere ayrışmasıdır. Proses sadece püskürtücünün basıncı yüzey gerilim kuvvetini aştığı zaman mümkündür.

Sıvı yakıtın ateşlenmesi tutuşması aşağıdaki gibi olur. Püskürtülen yakıt yüksek bir sıcaklıkta bir ortama girmesi üzerine buharlaşmaya başlar. Önce bir zerrinin yüzeyinde şekillendirilen buhar-hava karışımı tutuşur. Bu sıcaklık yakıtın tutuşma sıcaklığı olarak adlandırılır.

Buharlaşma daha küçük ölçülü zerreler ile artar ve sıcaklığın 800 C 'nin üzerine yükselmesi ile keskin bir şekilde azalır. Bu çoğu sıvı yakıtların 800 C 'nin üzerindeki sıcaklıklarda kaynadığı olayıyla açıklanabilir.

Genellikle bir sıvı yakıtın kaynama noktası tutuşma noktasından daha düşüktür. 500 C'nin üzerinde sıcaklıklarda yakıtın tutuşma modelinin ilk olarak oksijenin yakıt molekülleri içine girdiği ve sonra yavaş oksidasyon zincir prosesinin olduğu bir homojen karışımdaki gibi aynı olduğu deneysel olarak bulunmuştur. 500 C üzerindeki sıcaklıklarda yakıt molekülleri termik çatlamanın başlangıcına yakalanır. Tutuşma prosesi sıcaklığın artması ile hızlandırılır.

Yakıt yanmasının tüm safhaları hem yakıt zerrelerinin yüzeyinde hem de yakınında olur. Yanan zerreler belli bir yol içinde bir diğerini etkiler ve hep birlikte bir alev şekline dönüşür. Onun için sıvı yakıt yanmasının kanunlarını anlamak için tek bir zerrinin yanma mekanizmasını anlamamız gerekir. Bununla beraber genel sonuçlar sadece tek zerrinin yanma mekanizması yakıtın püskürtülmesine benzer olursa mümkündür.

Deneysel olarakta gösterilmiş olduğu gibi bu benzerlik mevcuttur. Eksik yanma ve alev sıcaklığını her ikisinde ilgilendirir. Bu zerreler grubunun ve püskürtülen yakıtın yanma sabitlerinin karşılaştırılması da iyi bir uyum göstermiştir.

Sıvı yakıtların kaynama noktası her zaman tutuşma noktasından daha küçüktür, öyle ki sıvı yakıtların yanması buhar fazında olur. Sıvı yakıtın yanması gaz ortam ve sıvı yüzeyi arasında ısı alışverişini gerektirir. Bu nedenle proses heterojendir. Geniş zerrelerde yanma daha uygundur ve böyle zerreler daha küçük zerreliden yanmadan daha uzun olur. Bir zerrinin yanma zamanı, bir zerrinin boyutlarının ısı ve kütle alışverişi prosesi boyunca nasıl değiştiğinin çözülmesi ile bulunabilir.

Böylece bir zerrinin yanma zamanı , onun yoğunluğu, sıvının buharlaşma duyulur ısısı ile direkt bir şekilde ve sıvının termik iletgenliği, gaz ortam ve zerre yüzeyi arasında sıcaklık farkı ile ters orantılıdır.

4.2. GAZ YAKITIN YANMASI

Gazların yanması sabit hacim içinde olur ve homojendir, ya kinetik ya da doğal difüzyon olur.

4.2.1 KİNETİK YANMA

Tutuşma olur olmaz, yakıtın yanma kısmından bir diğerine ısı transferi ile birleştirildiği alev prosesi yaygınlaşmaya başlar. Bu ısı transferi prosesi konstrüksiyon ve difüzyon kanunları ile kontrol edilir, ve alevin doğallığına kuvvetli şekilde bağlıdır. Eğer alev bir

durgun veya laminar hareket eden karışım olarak yayılıyor,ise ısı transferinin asıl formu molekül sel ısı kondüksiyonudur.Bu temiz kondüksiyon prosesi normal yanma olarak adlandırılmıştır.

Bir gaz-oksitleyici karışımının girdaplı hareketi ile girdaplı difüzyon, geniş bir kısma yayılmaya başlar. Sert şartlar altında alev kocaman bir hızda yayılmaya başlar,ve bir patlayıcı dalgaya benzer şekildedir. Bu tip alev yayılmasına patlama yanması veya basit bir şekilde patlama denilir.

.2.1.1 NORMAL YANMA

Bir yakıt karışımının ateşlenmesi üzerine belli bir yanma cephesi görülür.Bu cephenin gerisinde yanma ürünleri vardır, ve ondan önce ateşlenmemiş yanabilir karışım vardır.Yakıt karışımı ve yanma ürünleri arasındaki sıcaklık farkı,karışımın yeni kısımlarının ısını ateşleme noktasına yükseltmesine neden olur ve yanma cephesi hareket eder.Gaz yanmasının çoğu olaylarında alev cephesi çok incedir,ve yaklaşık olarak bir yüzey olarak sayılmalıdır.

Bir durgun yakıt karışımının alev cephesi belli bir oranda hareket eder.

$$U_{st} = dn/dt \quad [m/s]$$

dn =Alev cephesinin dt zamanında hareket ettiği mesafedir.

Bu alev yayılma hızı normal yanma oranı olarak adlandırılır. Kendiliginden tutuşma T_{ig} noktasında olur, fakat yavaş reaksiyon T_{ig}' noktasına yükselinceye kadar devam eder.Hızlı reaksiyon ,alev cephesinin %ch kimyasal kalınlığına uyduğu T_{ig}' den T_c 'ye kadar dar bir sıcaklık aralığıyla olur.Cephenin termik kalınlığı %th, şiddetli

kimyasal reaksiyonu geliştirdikten sonra yakıt karışımının Tig'ne ısıtıldığı bölgedir.

Normal yanmada yayılma oranını etkileyen en önemli faktörler , yakıt karışımının bileşimi, karışımın veya bileşenlerinin ön ısıtılmasının sıcaklığı ve karışımın basıncıdır.

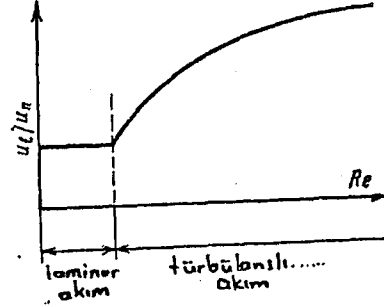
Tüm yakıt gazlarının, normal yanma oranının maksimumunda olduğu belli bir gaz-hava oranı vardır.Bu maksimum yanma oranı asla stokiyometrik oranla çakışmaz, fakat her zaman yakıt karışımındaki bir gaz içeriği fazlalığına doğru değiştirilir.

4.2.1.2 BİR TÜRBİLANSLI AKIM İÇİNDE BİR HOMOJEN KARIŞIMIN YANMASI

Türbilanslı şartlar altında yanma, bir durgun veya orta derece laminar hareket eden yanmadan pratik metalurjide çok daha sık karşılaşılan bir olaydır.Türbilanslı akımlarda bir homojen karışımın yanma mekanizmasında iki farklı görüş vardır.

İlk görüşe göre, alev cephesinin son derece geliştirildiği ve akımın bileşenlerin etkisiyle eğrildiği türbilanslı yanmanın, laminar yanmanın daha karışık özel bir olayı olarak sayılır.

İkinci görüşe göre türbilanslı yanma, tek başına hacimlerin birbiri arasında karışmasında olan bir proses diye düşünülür. İlk görüş modern biçimde daha kabul edilebilir.Türbilansın genel seviyesinin bir ölçüsü.ana akım oranı veya Reynold sayısı olabilir. Türbilanslı yanma oranının (U_t) Re 'a nasıl bağlı olduğu deneyler ile bulunur.Örneğin türbilanslı alev yayılmasının normal yanma oranına oranı (U_t/U_n) Re 'un artmasıyla nasıl hızlı bir şekilde arttığı RESİM 1'de gösterilmiştir.(Pritchard.et al,1978)



ŞEKİL[1] U_t/U_n oranının Re sayısına bağılılığı

4.2.2 DİFÜZYON YANMA

Aynı hacim içinde karıştırma ve yanmanın olduğu gaz yakıtın difüzyon yanması modern uygulamada yaygın bir şekilde kullanılır. Kinetik yanma gibi difüzyon yanmada yanma cephesinde şekillenir. Difüzyon yanmada karıştırma prosesleri önemlidir.

4.2.2.1 LAMİNAR ALEV

Laminar düzgün alevin analizi ilk kez Burke ve Schuman tarafından yapılmış olan molekül difüzyon kavramını uygulayarak yapılabilir. Onlar gaz ve havanın aynı hızda hareket ettiği bir halka biçiminde hava akımı vasıtasıyla çevreleyen bir gaz yakıt akımının bir tüp içinde yanmasını incelemişlerdir. Yanma cephesinde yakıt ve havanın stokiometrik oranda olduğunu belirtmişlerdir. Burke ve Schuman tarafından elde edilen deneysel ve analitiksel veriler

alev uzunluğunun W/D 'ye (D =Difüzyon katsayısı W =gazın akım oranı) orantılı olduğunu göstermiştir.

4.2.2.2 LAMİNAR ALEVDEN TÜRBİLANSLI ALEVE GEÇİŞ

Düzgün bir alevden türbilanslı aleve şekil değiştirdiği belli bir hız(kritik hız) vardır.Bu kritik değerin altında bir akım hızı ile akım düzgündür.Hızın artması ile alev-hız kritik değere erişinceye kadar daha uzun olur.Kritik akım hızı ile alevin ucu titreşmeye başlar, ve sabit olmaz.Hız kritik değerin üzerine çıktığı zaman bu dengesizlik çok daha fazla gelişir , ve artan bir girdaba çevrilir.

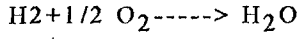
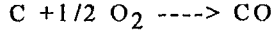
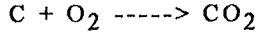
Alevin ayrılması yani türbilanslı akıma geçiş daha yüksek akım hızında daha önce başlar. Bu proseste türbilanslı alev uzunluğu görünür şekilde sabit kalır.Çok yüksek akım oranlarında alevin kritik ayrılma noktasının pozisyonu bağıl şekilde sabit kalır.Bu nokta nozül kenarından çok kısa bir uzaklıkta olur.

Difüzyon yanmasında alev uzunluğunun nozül çapına orantılı olduğu , ve yakıtın ilk konsantrasyonuna stokiometrik orana lineer bir şekilde bağlı olduğu ayrıca ön ısıtmanın alev uzunluğunu kısalttığı bulunmuştur.

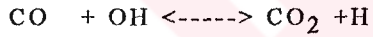
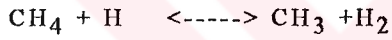
4.3 YANMA

Yanma gaz fazında işlemde yer alan partiküllerin çarpışması ve enerji transferi ile gerçekleşir, ve tüm diğer kimyasal tepkimeler gibi tepkiyen ve tepkime ürünleri oranlarına bağımlı olarak gelişir Diğer bir deyişle yanma oksijenve yakıtın bileşenleri ile ilgili kimyasal bir tepkimedir. En uygun oksijen kaynağında havadır. Oksijen havanın yaklaşık olarak hacimce %21'i dir.Havanın %79'luk

kısımında azot oluşturur. Yanma reaksiyonu için hava yerine saf oksijenin kullanımının gerektiği uygulamalarda vardır. Yanma kimyası genel olarak şöyle özetlenebilir.



Ancak yukarıdaki tepkimeler bir neticeyi varılan bir neticeyi, varılan son durumu simgeler. Havanın oksijeni ile karbon ve hidrojen içeren yakıtların yanması bir dizi tepkime ile gerçekleşir. Bu dizinde pek çok karasız geçiş bileşenleri oluşur. Belirlenen on altı geçiş tepkimesinden birkaçı:



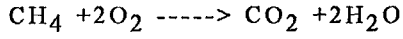
Yakıtın yanıcı bileşenlerinin oksijenle kimyasal bileşimi sonucu ortama ısı verilir. İşte yanıcı bileşenlerin tamamen yanarak ısıya dönüşmesine tam yanma denir. Katı ve sıvı yakıtların yanabilmesi için önce gaz fazına geçmesi ve dolayısıyla ortamdan ısı alması gerekmektedir. Gaz fazına geçen yakıtın ortama istenen ısıyı verebilmesi içinde tam yanmanın gerçekleşmesi sağlanmalıdır. Buda ortama verilen yeterli oksijen miktarı ile olur. Yeterli oksijenin sağlanabilmesi için yakıt-hava karışımının iyi sağlanması gerekir.

Doğalgaz gibi gaz yakıtlarının yanması niçin katı ve sıvı yakıtlarda olduğu gibi yanma öncesi işlemlere gerek yoktur, çünkü gaz fazındadırlar.

5. DOĞALGAZIN YANMA REKSİYONU

Doğalgazın yanma reaksiyonu diğer yakıtlarda olduğu gibi her bileşeni için bir kimyasal denklem ile ifade edilebilir. Bu denklemler yanma neticesinde çıkan ürünlerin hacimleri ile birlikte teoride gereken hava /gaz oranını hesaplamaya olanak verir.

Metan için yanma reaksiyonu =



Buna göre metanın yanması için 2 mol oksijen gerekir ve buda 9.52 mol havaya karşı gelir.

$$2 \text{ mol O}_2 \quad 100 \text{ mol hava}$$

$$1 \text{ mol CH}_4 \text{ -----} = 9.52 \text{ mol hava}$$

$$1 \text{ mol CH}_4 \quad 21 \text{ mol O}_2$$

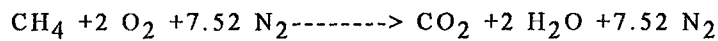
Yanma reaksiyonuna girmeyen fakat havayla birlikte ortama giren azotuda şu şekilde hesaplıyabiliriz.

$$9.52 \text{ mol hava} \quad 79 \text{ mol N}_2$$

$$1 \text{ mol CH}_4 \text{ -----} = 7.52 \text{ mol N}_2$$

$$1 \text{ mol CH}_4 \quad 100 \text{ mol hava}$$

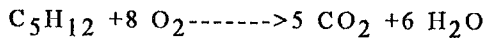
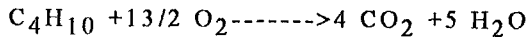
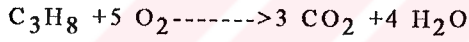
Havadaki azotuda dikkate alarak, yanma reaksiyonunu şöyle yazabiliriz.



METAN	98,857
ETAN	0,211
PROPAN	0,043
BÜTAN	0,017
PENTAN	0,033
AZOT	0,829
KARBONDİOKSİT	0,035
ÜST ISIL DEĞERİ	8950 kcal/Nm ³
YOĞUNLUK	0,6881 kg/Nm ³
NORMAL ŞARTLAR 15 ⁰ C ve 1,01325 bar mutlak basınçtır.	

TABLO 1 Sovyet doğalgazının bileşimi(% Hacim) (Sami,Öztürk 1992)

Tüm bileşenlerin yanma reaksiyonu:



100 mol doğalgaz baz alındığında =

Yanma için gereken O₂ miktarı,

2 mol O₂

7/2 mol O₂

(98.857 mol CH₄.-----)+(0.211 mol C₂H₆.-----)

1 mol CH₄

1 mol C₂H₆

5 mol O₂

13/2 mol O₂

+(0.043 mol C₃H₈.-----)+(0.017 mol C₄H₁₀.-----)

1 mol C₃H₈

1molC₄H₁₀

$$\begin{aligned}
 & 8 \text{ mol O}_2 \\
 & +(0.033 \text{ mol C}_5\text{H}_8 \text{-----}) = 199 \text{ mol O}_2 \\
 & 1 \text{ mol C}_5\text{H}_{12} \\
 & 1 \text{ mol doğalgazın yanması için gereken O}_2 \text{ miktarı=} \\
 & 199 \text{ mol O}_2 \\
 & (1 \text{ mol doğalgaz . -----}) = 1.99 \text{ mol O}_2 \\
 & 100 \text{ mol doğalgaz}
 \end{aligned}$$

Gereken hava miktarı:

$$\begin{aligned}
 & 100 \text{ mol hava} \\
 & (1.99 \text{ mol O}_2 \text{ . -----}) = 9.47 \text{ mol hava} \\
 & 21 \text{ mol O}_2
 \end{aligned}$$

Havayla birlikte ortama giren azot =

$$\begin{aligned}
 & 1.99 \text{ mol O}_2 \quad 79 \text{ mol N}_2 \\
 & (1 \text{ mol doğalgaz. -----} \text{ . -----}) = 7.48 \text{ mol N}_2 \\
 & 1 \text{ mol Doğ.gaz} \quad 21 \text{ mol O}_2
 \end{aligned}$$

Yanma ürünleri (CO₂ , N₂ , H₂O)

$$\begin{aligned}
 & 1 \text{ mol CO}_2 \quad 2 \text{ mol CO}_2 \\
 & (98.857 \text{ mol CH}_4 \text{ . -----}) + (0.211 \text{ mol C}_2\text{H}_6 \text{ . -----}) \\
 & 1 \text{ mol CH}_4 \quad 1 \text{ mol C}_2\text{H}_6 \\
 & 5 \text{ mol CO}_2 \\
 & +(0.033 \text{ mol C}_5\text{H}_{12} \text{ . -----}) = 99.64 \text{ mol CO}_2 \\
 & 1 \text{ mol C}_5\text{H}_{12} \\
 & 1 \text{ mol doğalgazın yanmasıyla çıkan CO}_2 = \\
 & 99.64 \text{ mol CO}_2 \\
 & (1 \text{ mol doğalgaz. -----}) = 0.99 \text{ mol CO}_2 \\
 & 100 \text{ mol doğalgaz}
 \end{aligned}$$

Yanma ürünlerindeki toplam çıkan CO_2 =

0.00035 mol CO_2 doğalgazdan gelen + 0.99 mol CO_2 gazın yanması sonucu çıkan =0.99 mol CO_2

Aynı yöntem ile, yanma ürünlerindeki H_2O miktarı=

$98.857 \times 2 + 0.211 \times 3 + 0.043 \times 4 + 0.017 \times 5 + 0.033 \times 6 = 198.8$ mol

1 mol doğalgazın yanmasıyla çıkan H_2O =

198.8 mol H_2O

(1 mol doğalgaz. -----) =1.98 mol H_2O

100 mol doğalgaz

Yanma ürünlerindeki toplam azot=

7.48 mol havadan gelen N_2 + 0.00829 mol doğalgazdan gelen=

7.488 mol N_2

6. HAVA FAZLALIK KATSAYISI

Bir önceki hesaplamalar, bize doğalgazın yanması ile ilgili temel bilgiler ve yanma noktasındaki gereken karışımın oranını veriyor. İşleyişte yanma prosesini stokiometrik koşullarda oluşturmak oldukça zordur. Sanayide kullanılan bazı brülörler teorik değerlere yakın hava/ gaz karışım oranında çalışabilselerde çoğu örneğin merkezi ısıtma kazanlarında kullanılan brülörler tam yanmanın gerçekleşmesi için gerekenden daha fazla miktarda havaya ihtiyaç duyarlar.

Yanmanın söz konusu olduğu, mesafe boyunca gaz ve hava akımlarının tam karışmasını sağlayabilmek için tam yanma için gerekli teorik hava miktarından fazlası sisteme verilir. İki akışkanın karışımı yetersiz ise ortama fazla oksijen verilerek moleküllerin çarpışma olasılığı arttırılacaktır.

Yanma ortamındaki gerçek yakma havası miktarının teorik yakma havası ihtiyacı oranına hava katsayısı denilir.

6.1 HAVA KATSAYISININ HESAPLANMASI

Yakıtın ve havanın brülöre akışı güvenilir bir şekilde ölçülebiliyorsa, hava katsayısının hesaplanmasında bir problem yoktur. Ama çoğu brülör sistemlerinde sisteme giren havanın ölçümünde zorluklarla karşılaşılır. Bu yüzden başka parametreler kullanılır. Örneğin baca gazı analizleri yapılır.

Yapısını bildiğimiz yakıta bağlı olarak stokiometrik şartlar altında yanma ürünlerinde çıkacak maksimum CO₂ miktarını bilebiliriz. Teorik yakma ihtiyacından fazla olan hava çıkan ürünlerin hacminde arttıracaktır. Ürün hacminin artması ise ürün içindeki CO₂ yüzdesini azaltacaktır.

Daha önce hesaplandığı gibi verilen doğalgaz bileşimine göre gereken teorik yakma havası 9.47 mol'dür. 1 mol gazın 9.47 mol havayla yanması sonucu çıkan ürünler (CO₂, H₂O, N₂) 10.46 mol olurken, kuru bazda (CO₂ ve N₂) 8.48 mol olacaktır. 1 mol doğalgazın %10 'luk bir fazla hava ile yakıldığını düşünürsek, yanma ürünlerinin toplam hacmi (CO₂ + H₂O + N₂ + O₂) = 9.47 * 0.10 = 0.947 mol fazla hava

Fazla hava (0.947 mol) + Yanma ürünleri (10.46 mol) = Yanma ürünlerinin toplam hacmi (11.407 mol)

Kuru bazda yanma ürünlerinin toplam hacmi 8.48 + 0.947 = 9.427 mol'dür.

CO₂ miktarının toplam yanma ürünleri içindeki mol oranı

0.99

----- x100 =10.5 %

9.427

Görülüyor ki, stokiometrik oranda kuru bazda yanma ürünlerindeki maximum CO₂ oranı % 11.67'den % 10 fazla hava verilmesiyle % 10.5 'ye düşüyor.

CO₂ max= Stokiometrik olarak kuru bazdaki yanma ürünleri içindeki olması gereken max. CO₂ miktarı(hacimsel%)

CO₂ ölçülen= Kuru bazdaki yanma ürünleri içindeki analizle ölçülen CO₂ miktarı(hacimsel %)

Hava katsayısı=1+CO₂ max-CO₂ ölçülen x V_{kuru min} (Baloğlu,Fatih.1992)

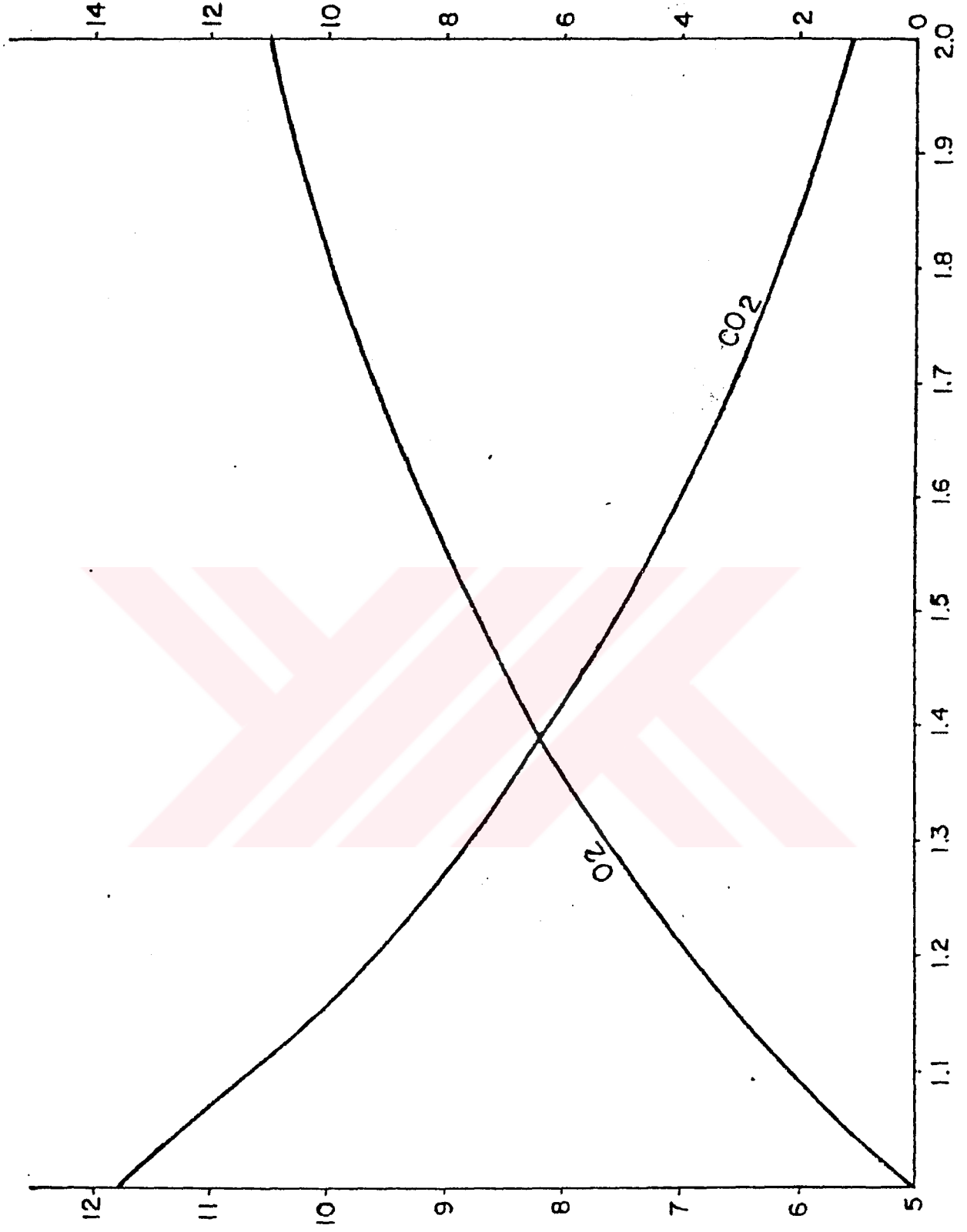
CO₂ ölçülen V_{a min}

V_{kuru min}=Birim hacimdeki yakıta göre teoride çıkması gereken yanma ürünlerinin kuru bazdaki toplam hacmi (hacim/hacim)

V_{a min}= Birim hacimdeki yakıta göre stokiometrik oranda gereken hava miktarı (hacim /hacim)

Bu hesaplamaları, sürekli yapmak pratik bir yöntem değildir. Hava katsayısını hesaplamak için en uygun yol CO₂ ve O₂ değerlerine karşı hava katsayısının çizildiği bir grafiktir. Bunun içinde brülöre yakıtı yakmak için verilen hava ayarı değiştirilerek baca gazı analizleri yapılır.Ve yukarıda verilen yöntemle hava katsayıları hesaplanır.Grafiği çizmek için yeterli kez tekrarlanan bu analizler sonucu gereğinde kullanılmak üzere bir grafik çizilir.

OKSİJENİN (O₂) HACİMSEL YÜZDESİ (KURU BAZDA)



KARBONDİOKSİTİN (CO₂) HACİMSEL YÜZDESİ (KURU BAZDA)

ŞEKİL 2 Teorik yanmada yanma ürünlerindeki CO₂ ve O₂'nin hava katsayısına göre değişimi

7. ISI TRANSFERİ

Sıcaklık farkından oluşan ısı transferi iletim (kondüksiyon) konveksiyon ve radyasyon şeklinde olur. İletim şeklindeki ısı transferi bir cismin bir kısmından diğer bir kısmına yada temasta olduğu diğer bir cisme ısı akışı olarak tanımlanmaktadır. Isı cismin sıcak kısmından soğuk kısmına iletilir.

Konveksiyon şeklindeki ısı transferi sıcak bir cismin yüzey boyunca akan daha az sıcaklıktaki bir akışkanın veya daha fazla sıcak bir akışkandan cismin yüzeyine olan ısı akışıdır.

Radyasyonla ısı transferi sıcaklık farklarının söz konusu olduğu ve cisimlerin birbirini gördüğü ortamda iki cismin bulunduğu ortamın sıcaklığını değiştirmeksizin elektromagnetik dalgalar etkisi ile devamlı bir enerji alışverişiyle olur. Ortam sıcaklığı değiştiğinde ve düşük sıcaklıklarda gazların radyasyon etkisi azalmaktadır. Başka bir deyişle radyasyonla ısı transferi iletim ve konveksiyon ısı transferinden yapısal olarak farklı olmasının sıcaklığa aşırı duyarlıdır.

Bir çok gazın (H, O₂, N₂ gibi) radyasyonu tutma ve yayma özelliği bulunmaktadır. Aydınlık bir aleve sahip olan kömür ve fuel oil, parlak alevi olmayan doğalgaza göre daha fazla radyasyona sahiptir. Ancak doğalgazın içinde kükürt olmaması nedeni ile daha temiz yanma ürünleri elde edilmekte, bu yüzden yanma ürünleri yüksek hız ile direkt olarak ısıtma ortamına gönderilerek ısı transferi arttırılmakta ve doğalgaz alevinin nispeten düşük olan radyasyon enerjisini içermesinin olumsuzluğu en aza indirilmektedir. Örneğin kağıt sektöründe kağıdın kurutulma aşamasında doğalgazın yanma ürünleri direkt olarak nemli kağıda verilerek kurutulur. Fuel oil yada

kömür kullanılan kazanların ısı transfer yüzeylerinde is kurum birikimi olduğundan kazan veriminde düşüş meydana gelmektedir.(Kakaç ,Sadık.1987)

8.ISIL DEĞERİ

Isıl değeri gaz yakıt için birim hacimdeki yakıtın içerdiği ısı enerjisine denir.Başka bir deyişle yanma reaksiyonu sırasında yakıtın ortama ısı biçiminde verdiği enerjidir.Yakıtın verdiği bu enerji yanma ürünlerinin yüksek sıcaklığı ile de kanıtlanmaktadır.Isıl değeri reaksiyonlar sırasında oluşan su buharının oluşum enerjisinde içermektedir.Yakıtın enerjisinin tümünü kullanabilmek için oluşan su buharının yoğuşturulması şarttır.Fırın ve kazan gibi yüksek sıcaklık ortamlarında su buharının yoğuşturulması mümkün olmadığı için burada suyun gizli ısısından yararlanılamaz. Bu yüzden biz ortama verilen ısı miktarı ile ilgileniyorsak yakıtın kullanılabilir ısısını düşünmeliyiz.Bu amaçla ısıl değerler için iki terim vardır.

Üst Isıl Değer =Yanma reaksiyonu boyunca açığa çıkan toplam ısı miktarı

Alt Isıl Değer = Su buharını yoğuşturmaksızın yakıtın yararlanılabilen ısı miktarı

Tüketicinin istediği yakıtın en yüksek verimle kullanımınıdır. Bu yüzden ısı kayıplarının en düşük seviyede tutulması gerekir.Yüksek sıcaklıkta baca gazlarının atılması ısı kaybı demektir. Eşanjörler vasıtasıyla artık enerjiyi faydalı hale getirmek mümkündür. Doğalgazın baca gazlarının soğutulması ile sadece baca gazlarındaki hissedilir ısı değil gizli ısının bir kısmı da geri kazanılır.Bu yakıtın üst ısıl değerine yakın bir değerdir.

Doğalgazda kayıp baca gazı baca gazının su buharının yoğuşma noktasına kadar soğutulmasıyla maximum düzeyde geri kazanılır. Bu sayede alt ısı değerini yerine üst ısı değerinden yararlanılır. Eşanjör kullanımında dikkat edilmesi gereken şart baca gazları ile ısıtılacak suyun giriş sıcaklığı su buharının yoğuşma noktasından mutlaka daha düşük olmalıdır. Baca gazlarının soğutulmasıyla doğalgazdan %20'ye varan tasarruf yapılabilir.

Fuel oil gibi sıvı ve katı yakıtların baca gazları kükürt içerdiği için baca gazlarının suyun yoğuşma noktasına kadar soğutulması düşünülemez. Baca gazları sıcaklığı 140-160 C 'den aşağı düşürülemez. Bu sıcaklığın altında SO₂ 'lerin suyla reaksiyonu sonucu korozyon oluşmaktadır.

9. YANMA VERİMİ

Açığa çıkan ısıdan max. düzeyde yararlanmak için teorik yanmanın sağlanması ve egzoz gazlarının oda sıcaklığına indirilmiş olması gerekmektedir. Oysa uygulamada tam yanmanın sağlanabilmesi için stokiometrik hava miktarından daha fazla ve daha az yakma havası verilerek hava katsayısı 1'den farklı tutulmaktadır. Ayrıca yanma ürünü gazlar ortam sıcaklığından daha yüksek bir sıcaklıkta dışarı atılmaktadır. Her iki durumda verim düşüşünün kaynağını gösterir.

Birinci olarak hava katsayısının 1'den farklı olduğu durumu inceleyelim. Hava katsayısının birden küçük olduğu durumda tam yanma gerçekleşemediği için CO gibi eksik yanma ürünleri ortaya çıkar. Böylece yakıt enerjisinin bir kısmından yararlanılamaz. Diğer taraftan fazla yakma havası kullanılması ($n > 1$) halinde ısı ortamdaki ilave hava tarafından tutulacaktır. Bu hava da reaksiyonda hiç yer

almamaktadır.Yani hava katsayısının 1'den az yada fazla olması durumunda yanma verimi düşmektedir.

İkinci olarak yanma ürünleri cihazın çalışma bölümünü ortam sıcaklığının daha üstünde bir sıcaklıkta terk ederek kullanılabilir ısının bir kısmını da eğer bu baca gazları değerlendirilmiyorsa, beraberinde sürükleyecektir.Bütün bu uygulamalarda yakıtın üst ısı değerinin tam olarak kullanılmadığı ısı kayıplarının olduğu ve bu ısı kayıplarının minimum'a indirilmesi gerektiği görülür.

10.ISIL VERİM

Kazan veya fırında oluşan tüm kayıplar düşüldükten sonra ısıtıcı akışkana (su, buhar, hava) geçen başka bir anlatımla yararlanılabilen ısı enerjisinin bu amaçla tüketilen yakıtın verebileceği enerji miktarına oranı şeklinde tanımlanır.

Kayıplar

Q_u = Yanma ürünlerinin yetersiz kullanımı ile ortaya çıkar

Q_w =Duvarlardan kaçan ısı miktarı

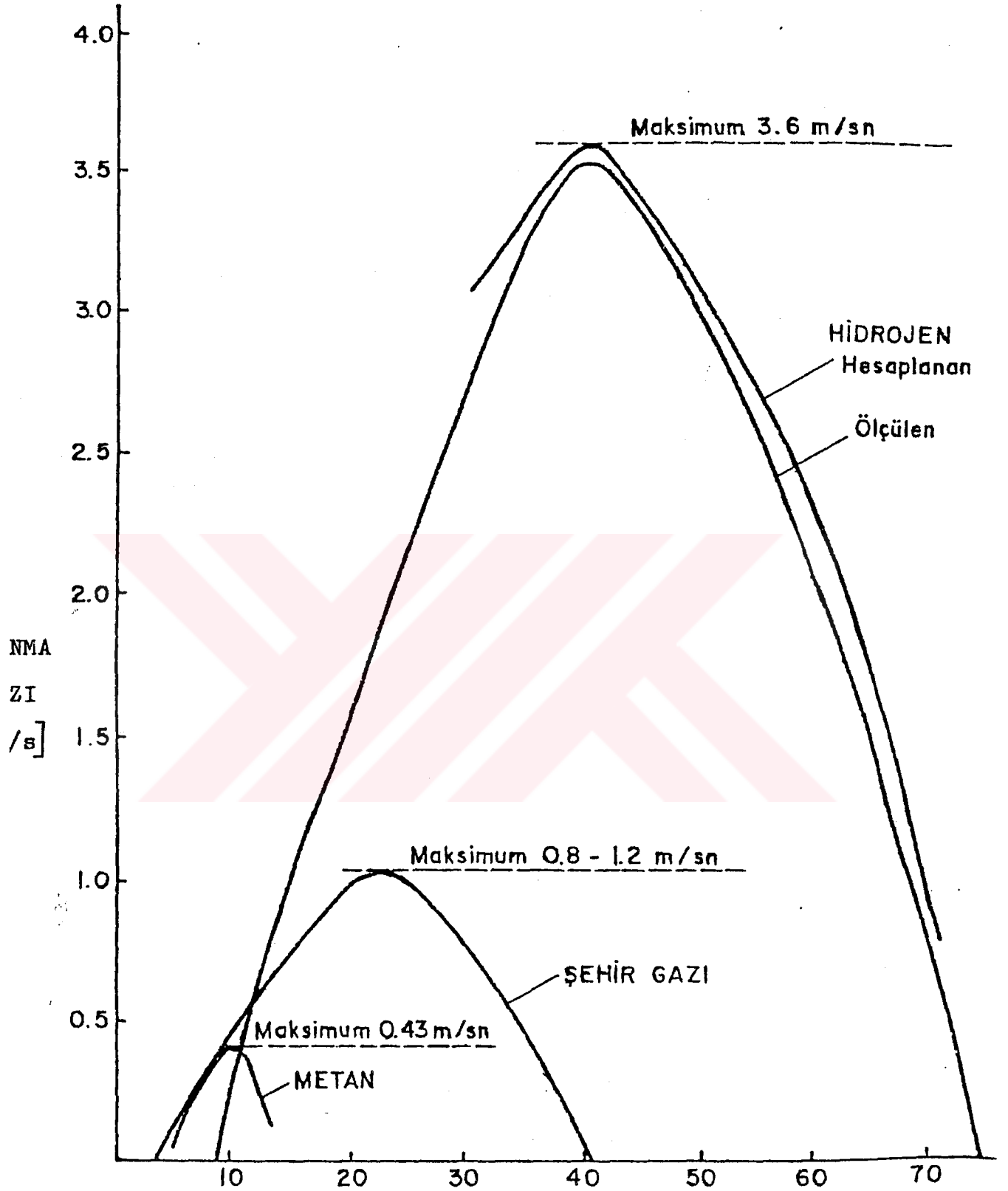
Q_a = Egzos gazları ile kaybolan ısı

Q_s = açıklar nedeni ile radyasyon ısı kaybı

	% η t

Katı yakıt kazanlarında Elle yüklemeli	65-75
Mekanik yüklemeli	75-80
Sıvı yakıt kazanlarında	75-94
Gaz yakıt kazanlarında	82-94

(Onat, ve diğerleri 1988)



ŞEKİL 3 Hava gaz karışımı içindeki gaz oranı % (Onat, ve diğerleri .1988)

Verimi artırmak için, fırınların dışarısı ile teması kesilerek radyasyon ve kondüksiyon ile ısı kayıpları azaltılmalı, baca gazlarından yararlanılmalı, giren gaz veya hava ön ısıtılmalı, iyi yanma sağlanmalıdır. Bu tip önlemlerin alınmasında sistem ekonomisi göz önünde bulundurulmalıdır.

11. YANMA HIZI

Yanma hızı, brülör başlığından çıkan alevin, hava/gaz karışımı içindeki geri gitme hızıdır. Kararlı bir alev elde etmek için yanma hızının, brülör başlığından gelen hava /gaz karışımının hızına eşit olması gerekir.

Gelen hava /gaz karışımında havanın stokiyometrik yanma için gereken miktarından fazla yakma havası söz konusu ise, gelen hava/gaz karışımının hızı artacak ve dolayısıyla alevin geri dönme hızı göreceli olarak düşecektir. Ya da stokiyometrik yanma için gereken teorik havadan daha az yakma havası söz konusu ise ortamdaki yetersiz yanmadan dolayı alevin hızı düşecektir.

12. TUTUŞMA

ATEŞLEME

Yanma ateşleme ile başlar, böylece karışımın oluşturduğu sistem öyle bir seviyeye gelir ki yanma tepkimeleri kendiliğinden gelişir. Ateşleme prosesi ister bir dizi tepkime, ister ısısal bir patlama olarak nitelendirilsin her iki durumda da ateşleme sıcaklığı, ateşlemenin oluşabileceği en düşük sıcaklığı simgeler. Ateşleme tanımı olarak nitelendirilen bu teorilerden ısısal patlama Mallard, La Chatelier ve

Nusselt tarafından ortaya atılmıştır. Buna göre yakıt ile oksijenin kimyasal tepkimesi tek kademelidir.

$$V \text{ tepkime} = k C_f C_o \exp(-E/RT)$$

$$V \text{ tepkime} = \text{Tepkime hızı}$$

$$E = \text{Aktivasyon enerjisi}$$

$$R = \text{Mutlak gaz sabiti}$$

$$T = \text{Mutlak sıcaklık}$$

$$k = \text{Denklem sabiti (Onat, ve diğerleri 1988)}$$

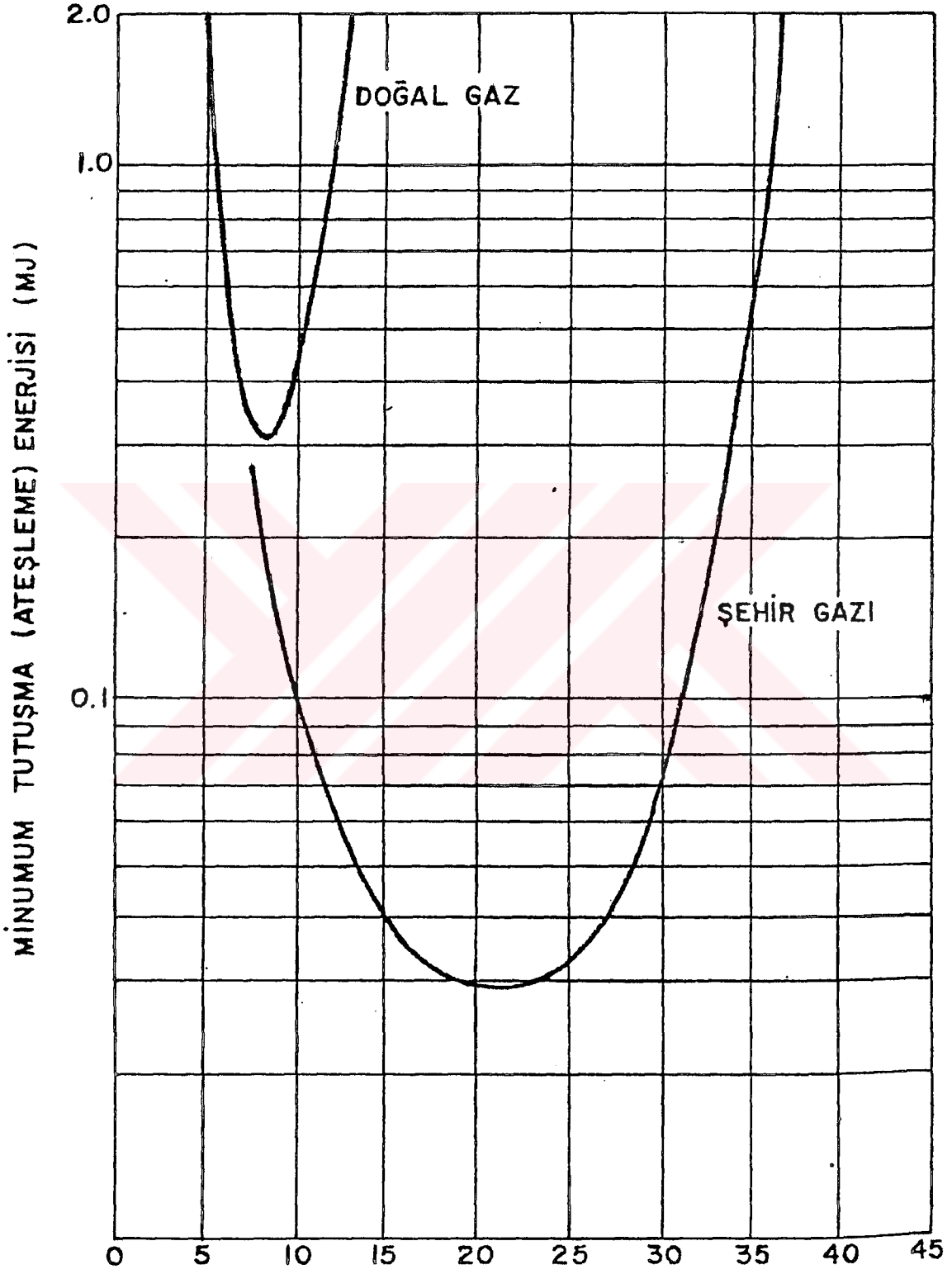
İlk aşamada tepkime hızı, ortamda bulunan oksijen ve yakıt konsantrasyonlarına bağlı olarak düşük olacak ancak ivmelenerek artacak ve yakıt/oksijen derişimleri azaldıkça sıfırlanacaktır. Zincir tepkime teorisinde ise, ateşleme tepkimesinin başlaması ile tepkimeler diğer tepkimeleri oluşturacak ve sonunda kararlı moleküllerin ortaya çıkması ile son bulacaktır.

12.1 TUTUŞMA SICAKLIĞI

Tutuşma tepkimeleri gelişirken, dış etkiler nedeniyle ortamdan uzaklaşan ısı ile düşen sıcaklık öyle bir seviyeye ulaşır ki bunun altında tutuşma söz konusu olmayacaktır. Durağan bir hacimde, yakıt ve oksijen karışımı ısıtıldığında tutuşmanın ilk gözlemlendiği andaki sıcaklık tutuşma sıcaklığı olarak belirtilir. Bu sıcaklık hava/yakıt oranına bağlı değildir. Deneyler sonucu belirlenen tutuşma sıcaklığı aşağıda verilmiştir.

Numune	Doğalgaz	H ₂	CH ₄	C ₅	C ₆	CO	C ₂ H ₂
C	750	580	620	293	244	650	335

(Onat, ve diğerleri 1988)



ŞEKİL 4 (Onat, ve diğerleri 1988)

12.2 TUTUŞMA GECİKMESİ

Tutuşma mekanizmasında bir süreç söz konusudur. Karışımın tutuşma şartlarına ulaşması belirli bir zaman alır. Genellikle bu saniyenin binde biri seviyesindedir.

12.3 MİNİMUM TUTUŞMA ENERJİSİ

Yanma reaksiyonunu başlatmak için gereken enerji miktarına minimum tutuşma enerjisi denir. Bu enerji miktarını ölçmek mümkündür. Elektrik enerjisi olarak en düşük tutuşma enerjisi doğalgaz için 0.3 MJ (71.7 kcal)'dür. Buna karşı gelen hava/gaz oranı 11.5 ve hava katsayısı da 1.17'dir.

Grafikte de görüldüğü gibi tutuşma limitlerine bağlı olarak gereken minimum enerjide artmaktadır. Şehir gazıyla doğalgazın limitlerini karşılaştırmalı olarak veren grafikte izlenebildiği gibi, doğalgazın tutuşması için gereken enerji miktarı daha fazladır. Yanmayı başlatmak için gereken ısı kullanıldığında doğalgaz için yaklaşık olarak 750 C tutuşma sıcaklığı olması gerekir.

13. ALEV

13.1 ALEV SICAKLIĞI

Bileşenleri bilinen herhangi bir karışım için alev sıcaklığı, yakıt ve havanın tam karışımının sağlanması halinde belirlenebilir. Doğalgaz için maximum alev sıcaklığı 1950 C'dir. Bu sıcaklıkta hava katsayısı 0.92'ye karşı gelir. Tabii ki değişen hava/gaz karışım kompozisyonuna göre bu sıcaklık düşürülebilir.

Pratikte herhangi bir proseste sıcaklık, alev sıcaklığından daha düşüktür.Çünkü ortamda ısı kayıpları söz konusudur. Bazı proseslerde daha yüksek sıcaklık gerekebilir.Bu durumda gazla saf oksijenin yanması sağlanarak maximum alev sıcaklığı 2781 C'ye kadar çıkartılabilir.

13.2 ALEVLENME LİMİTİ

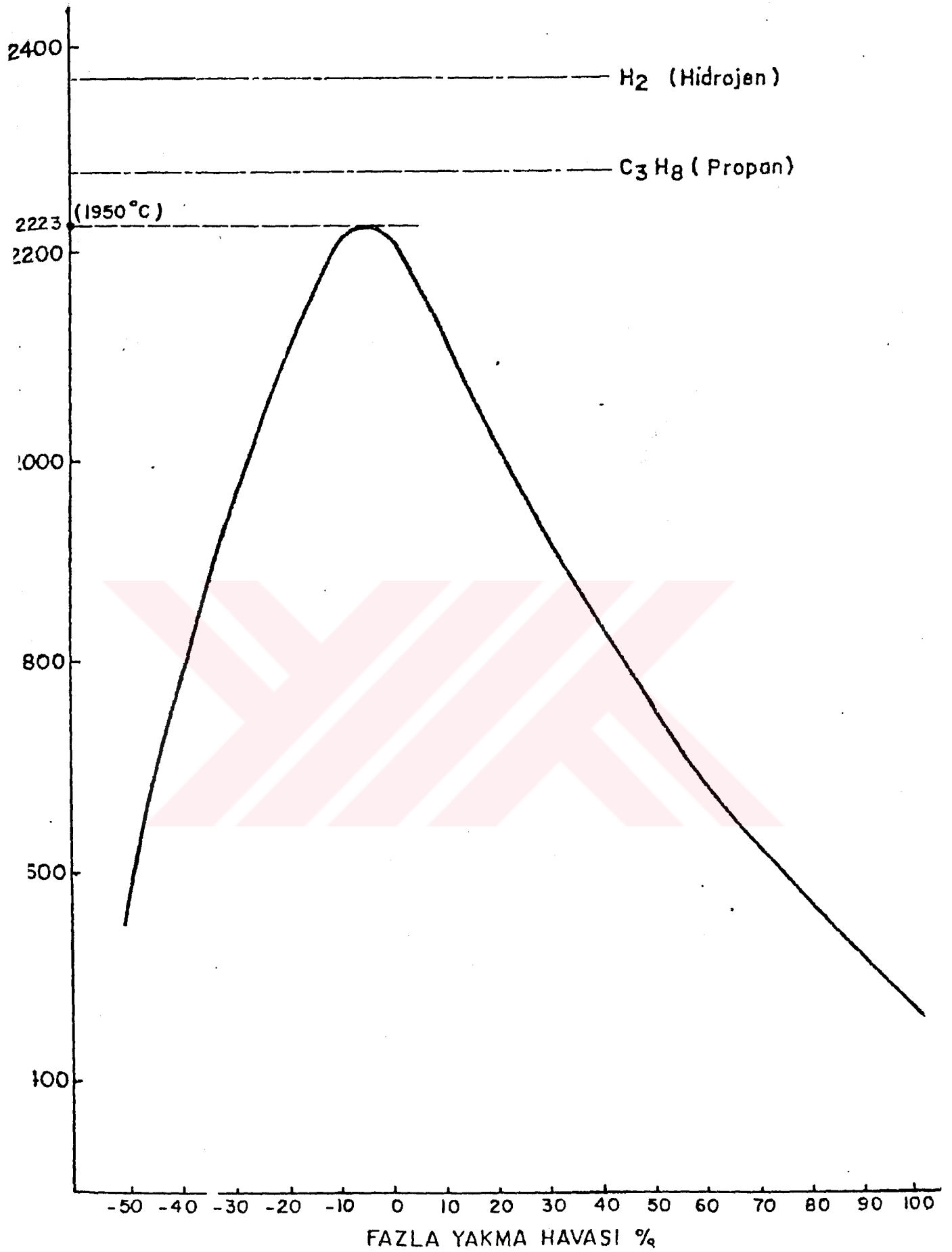
Herhangi bir yakıt/hava karışımı için teorik karışım limitleri vardır.Bu limitler dışında kararlı bir alev elde etmek mümkün olmaz.Bundan da anlaşılıyor ki, düzenli bir alev isteniyorsa, brülör sistemi gereken yakıt/hava miktarını vermelidir.

Belirli gazlar için kabul edilen limitleri aşağıda verilmiştir . Elbette bu limitler basınç, sıcaklık ve brülör tipine göre az da olsa değişiklikler gösterebilirler.

Alt ve Üst Alevlenme Limitleri (Hacimsel olarak %)

Yanıcı gazlar	Zu(min limit) %	Zo(max limit) %
CO	12.5	74.2
ETHYLENE	2.95	28.6
PROPLENE	2.40	10.3
PROPANE	2.37	9.50
n- BUTAN	1.86	9.05
i- BUTAN	1.83	8.43
HIDROJEN	4.00	75.0
ŞEHİR GAZI	4.00	40.0
METAN	5.30	14.9
DOĞALGAZ	5.40	14.5

(Bilgiç, Metin 1991)



ŞEKİL 5 (Onat, ve diğerleri 1988)

Bu limitler, yakıtın yakıt hava karışımı içindeki yüzgesi olarak ifade edilir.

$$\frac{\text{Yakıt}}{\text{Yakıt} + \text{Hava}} \times 100$$

Doğalgazın minimum ve maximum karışım sınırlarını hava katsayısı cinsinden ifade edersek :

Maximum limit için Hava katsayısı =0.6

Minimum limit için Hava katsayısı =1.8

Bu hava katsayılarının bulunuşunu görelim.

$$\text{Alevlenme limiti} = \frac{\text{Yakıt}}{\text{Yakıt} + \text{Hava}} \times 100$$

Hava= x mol

Yakıt=1 mol doğalgaz

Minimum limit(5.4) için hesaplama =

$$\frac{1}{1 + x} \times 100 = 5.4$$

$$1 + x$$

$$100 = 5.4 + 5.4x$$

$$x = 17.51 \text{ mol hava}$$

Stokiyometrik durumda 1 mol yakıt için 9.47 mol hava gerektiğini görmüştük.

$$17.51$$

$$\text{Hava katsayısı } n = \frac{17.51}{9.47} = 1.8$$

$$9.47$$

Maximum limit (14.5) için hesaplama

1

$$\text{----- } 100 = 14.5$$

$$1+ x$$

$$100= 14.5 +14.5x$$

$$x= 5.89 \text{ mol hava}$$

$$5.89$$

$$\text{Hava katsayısı } n= \text{-----} = 0.6 \text{ (Baloğlu,Fatih 1992)}$$

$$9.47$$

13.3 ALEV YAPISI

Alevin yapısının gelişmesi, yanıcı gazların havadaki oksijen ile birleşmesiyle olur. Yanıcı bir karışımın tutuşturulması ve alevi oluşturan proseste enerji dağılımının uygun olması halinde bir alev yaratılır. Başka bir deyişle, alevin başlatılması için istenen noktaya sürekli bir enerji sağlaması gerekir. Bu ise çeşitli şekillerde sağlanabilir. Örneğin:

1- Alev zarfından radyasyon

2- Alev zarfı içinde ve etrafında sıcak gaz dolaşımı

En basit bir tanımla hava ve yanıcı gazlar arasında yanmayı destekleyen bir sınır katmanının varlığını düşünebiliriz. Yanma olduğu zaman sınır katmanı bir alev yüzeyi içerir. Bu duruma laminar alev sistemi denebilir. Buradaki laminar kavramı, gazların akış hızının Reynolds sayısı ile ilgisinden kaynaklanmaktadır.

13.4. ALEV ISI YAYILIMI ÖZELLİKLERİ

13.4.1 PARLAK ALEV

Difüzyon alevleri endüstride, ısı yayılımının çok geniş alanlar boyunca seyrettiği fırınlarda geniş ölçülerde uygulanır. Gaz-hava karışım kontrolü ve brülör şekli sistemin performansını doğrudan etkiler. Buradaki ısı yayılımı, alev ile taşınan gazlardaki asılı karbon parçacıklarından kaynaklanan radyasyon şeklindedir. Karbon ise yakıttaki bileşenlerin yüksek ısıda ısıl bozunmalarla elementlere ayrılması ile oluşur. Difüzyon alevi ile ısıtılan fırınlarda konveksiyonel ısı transferi daha az önem taşırken ikinci roldeki ısı yayılımı alevden gene radyasyon ile ancak üç atomlu gazlardan (CO_2 , H_2O) verilen ısıdır.

Alevdeki partiküllerin ısı yoğunluğu arttıkça radyasyon enerjisi şeklinde ısı tekrar ortama verilir. Çok yüksek sıcaklık gerektiren işlemlerde yansıtıcı malzeme yanma gazlarının bir bölgeye toplanması sonucu zarar görebilir, dolayısıyla lokal aşırı ısınmalar ve fırın hasarları meydana gelir. Emniyetli ve etkili bir işlem için, yüksek ısı transfer katsayılarında çalışmak ve düşük yanma sıcaklıkları sağlamak gerekir. Bu da parlak alev ile mümkündür. Bu durum ön ısıtmadan geçmiş hava akımı ile yakıtın karışımının çok yavaş yapılmasını gerektirir. Böyle bir alev elde etmede yakıtın C/H oranından çok yakıt-hava karışım özellikleri önemlidir.

Ancak bazı yakıtların yanmasıyla oluşan alevler daha az aydınlatıcıdır. Bu tür yakıtlar, karbon yüzdesi fazla olan yakıtlarla karıştırılarak alevleri parlak hale getirilebilir.

KOMPOZİSYONU	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	CO ₂	N ₂
MOL %	94,4	3,22	0,6	0,2	0,07	0,05	1,46

ÜST ISIL DEĞER	9068 kcal/m ³	1019 Btu/ft ³
ALT ISIL DEĞER	8178 kcal/m ³	919 Btu/ft ³
$\frac{\text{ALT ISIL DEĞER}}{\text{ÜST ISIL DEĞER}}$	0,90	
YOĞUNLUK	0,586	
STOKİYOMETRİK HAVA/YAKIT ORANI	9,76 (HACİM/HACİM)	
BİRİM HACİMDEKİ DOĞAL GAZA GÖRE ÇIKAN ÜRÜN HACMİ	10,79 (HACİM/HACİM)	
$\frac{\text{YANMA ÜRÜNLERİNİNHACMİ}}{\text{ÜST ISIL DEĞER}}$	$\frac{10,79}{1019} = 0,0105$, $\frac{10,79}{9068} = 0,00118$	

m³ : 15 °C ve 1,01325 bar mutlak basınçtaki 1 m³ gazın hacmine karşı gelir.

TABLO 2 Doğalgaz için (Öztürk, Sami 1992)

KOMPOZİSYONU	C	H	S
AĞIRLIK %	85.1	10.9	4.0

ÜST ISIL DEĞER	10047 kcal/kg	18100 Btu/lb
ALT ISIL DEĞER	9472 kcal/kg	17065 Btu/lb
$\frac{\text{ALT ISIL DEĞER}}{\text{ÜST ISIL DEĞER}}$	0.94	
STOKİYOMETRİK HAVA/YAKIT ORANI	11.14 m ³ /kg	181.5 ft ³ /lb
BİRİM AĞIRLIKTAKİ FUEL-OİL'E GÖRE ÇIKAN ÜRÜN HACMİ	11.8 m ³ /kg fuel oil	192.3 ft ³ /lb
$\frac{\text{YANMA ÜRÜNLERİNİN HACMİ}}{\text{ÜST ISIL DEĞER}}$	$\frac{192.3}{18100} = 0.0106$, $\frac{11.8}{10047} = 0.00117$	

TABLO 3 Fuel oil için (Öztürk,Sami 1992)

13.4.2 PARLAK OLMAYAN ALEVLER

Bu tür alevler genellikle gaz yakıtlarda ve havanın sisteme verilisinde yakıtın parçalanmasını önleyici önlemler alındığı sistemlerde görülür. Gaz yakıt brülörlerinde parlak olmayan alev, gaz ve havanın alevin oluşmasından önce yani brülör yatağından önce karıştırılmasından doğar.

13.4.2 SIVI YAKIT ALEVLERİ

Sıvı yakıtların yanmasında gaz yakıt yanmasına ek olarak damıtma ve püskürtme aşamaları vardır. Daha sonra sıvı yakıt buharında termal parçalanma yer alır. Buna göre sıvı yakıtlar kullanılmak istenildiğinde, yakıtı küçük damlacıklar haline getirmeye yarayan bir sistem gerekmektedir. Böylece tutuşma ile bu damlacıklar buharlaşmaya başlayacak ve ortamda alev buldukça buharlaşma devam edecektir. Sıvı yakıtlarda hava ile ön karıştırma ancak yakıtın daha önceden buharlaştırılması ile söz konusu olabilir. Bu tür uygulamalar, damıtma aralığı dar ve arta kalan maddesi olmayan (Gaz yağı) sıvı yakıtlarda olur.

Genellikle hava-yakıt karışımı, sıvı yakıtın püskürtücü çıkışından sonra sağlanır. Bu işlem için, sıvı yakıt basıncı ikinci bir püskürtücü çıkışından sonra sağlanır. Bu işlem için, sıvı yakıt basıncı veya ikinci bir püskürtücü veya mekanik bir işlem yeterlidir. Sistemin karıştırma özelliği, alev cinsini ve dolayısıyla açığa çıkan ısı tipini, alev boyutlarını ve yanma verimini belirler.

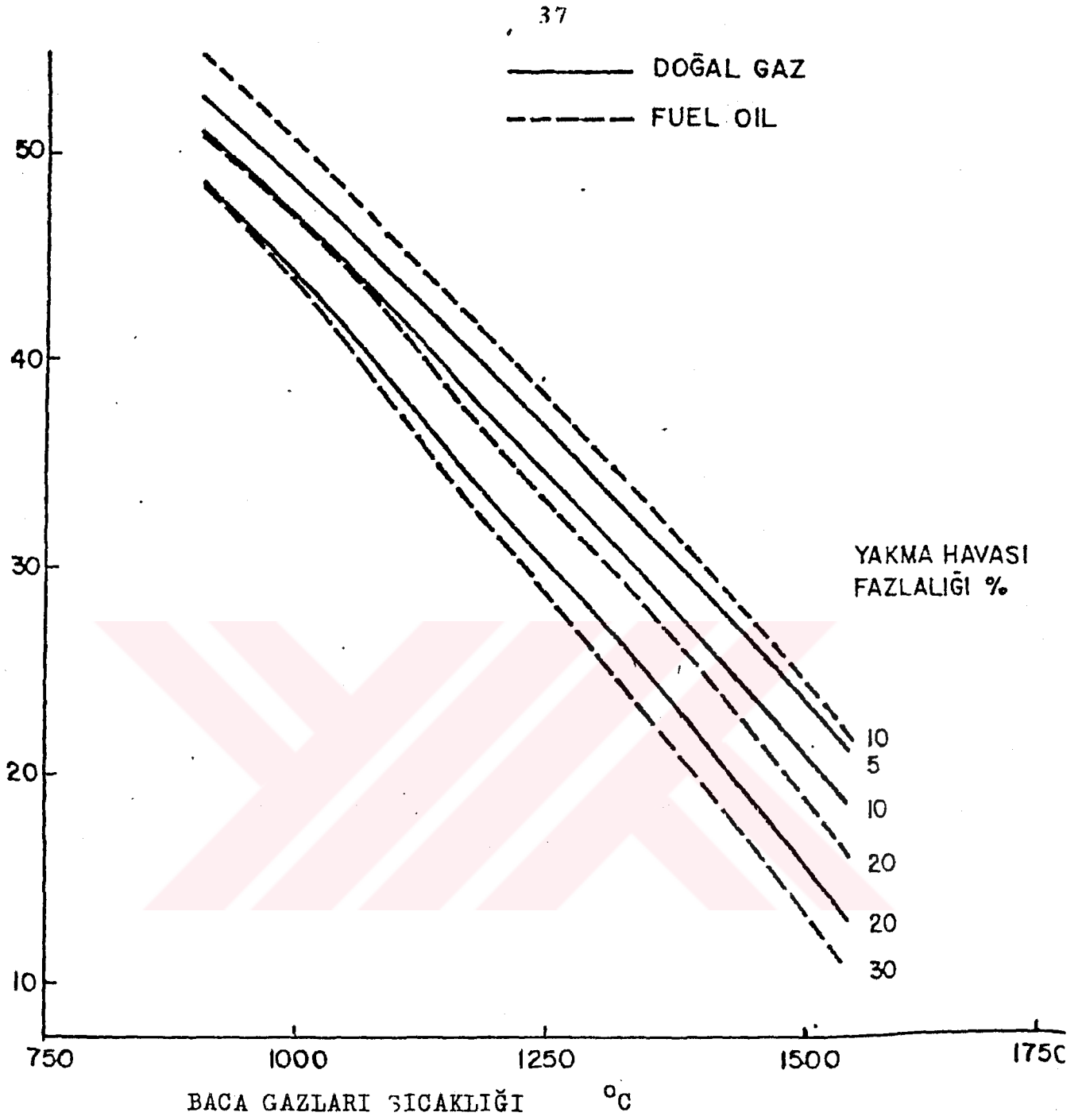
14. DOĞALGAZ VE FUEL OIL'İN KARŞILAŞTIRILMASI

Yüksek sıcaklık gereken proseslerde bilindiği gibi yakıt olarak fuel oil kullanılmaktadır. Fuel oil'den doğalgaza dönüşüm yapıldığında sistemde fuel oil'e göre bir takım farklı değerler elde edilecektir.

Bu bölümde böyle bir dönüşüm için fuel oil ve doğalgazın karşılaştırmalı olarak yanma özellikleri verilmiştir. Karşılaştırılması yapılan doğalgaz ve fuel oil'in özellikleri yukarıdaki Tablo 2 ve Tablo 3'de verilmiştir.

Farkların başında Alt ısı değer/Üst ısı değer oranı gelmektedir. Fuel oil'de bu oranın doğalgaza göre daha büyük olduğu görülür. Bu farklılık, yakıtların farklı C/H oranından gelir. Bunu biraz daha açarsak, doğalgaz hem kömür hemde fuel oil ile kıyaslandığında daha düşük C/H oranı ve dolayısıyla yanma ürünlerinde daha çok su buharı içerir. Böylece yanma gazlarıyla birlikte sürüklenip, kaybedilen suyun buharlaşma enerjisi doğalgazda daha çok olacaktır. Başka bir deyişle, bir kazanda aynı fazla hava miktarı kullanıldığında ve baca gazı sıcaklığı aynı olduğu durumda, doğalgaz ve ağır fuel oil yanmalarını karşılaştırırsak, doğalgazın ısı verimi diğerine göre %4.7 daha düşüktür. Ama teorideki bu fark, pratikteki ağır fuel oil'lerde tam yanmanın gerçekleşmesinin zorluğu ve ısı transfer yüzeylerindeki kirlenmeler nedeniyle ısı transferindeki düşüşler nedeniyle fuel oil'in doğalgaza göre bu avantajı zaten kaybolmaktadır.

Yanma ürünlerinin hacmi / Üst ısı değer oranı her iki yakıt da aynı fazla havayla yakıldığında hemen hemen aynı olur.



ŞEKİL 6 (Baloğlu, Fatih 1992)

Yanma Ürünlerinin Hacmi Yanma Ürünlerinin İçerdiği Isı

-----x-----

Üst Isıl Değer Yanma Ürünleri Hacmi

Yanma Ürünlerinin İçerdiği Isı Miktarı

= ----- (Deniz,Orhan 1991)

Üst Isıl Değer

Kullanılan fazla hava miktarının ve ürünlerin sıcaklığının aynı olduğu durumda, iki yakıt içinde üst ısıl değerlerine göre açığa çıkan gizli ısı aynı olur.

Görüldüğü gibi, yanma ürünlerinin içerdiği ısı miktarı /üst ısıl değer oranı her iki yakıt için de aynıdır. Ancak fuel oil'de kullanılabilir ısı, doğalgaza göre daha fazladır.(Fuel oil 'in yanmasıyla açığa çıkan su buharı doğalgaza göre daha az olduğu için)

Sistemden dışarı ısı atılmaktadır bu durumda çıkan baca gazları sıcaklığı ve yakma havası fazlalığı artarken, yakıtların kullanılabilir ısıları düşmektedir.

Fazla yakma havasını gösteren eğrilerin x eksenini kestiği noktalar, kullanılabilir ısı miktarının sıfır olduğu durumlardır. Başka bir deyişle, bu eğrilerin x eksenini kestiği noktadaki sıcaklıklar adyabatik alev sıcaklığıdır.

Bu şekil bize, doğalgazla fuel oil'i karşılaştırdığımızda aynı ısı verimliliğini hangi şartlarda elde edeceğimizi yada daha çok ısı verimliliği elde etmek için, doğalgazın yakma havasını fuel oil'e göre daha azaltmak ve/veya doğalgazın baca gazları sıcaklığını düşürmek gerektiğini gösterir.

14.1. ALEV KARAKTERİSTİĞİ

Alev karakteristiğini her iki yakıt için karşılaştırırsak, doğalgazın yanmasıyla oluşan alev, fuel oil'in yanmasıyla oluşan aleve

göre daha az ışık saçıcı yani daha az aydınlatıcıdır. Bu da ısı transferini de etkiler.

Uzun alevli bir fırında doğalgazın yanmasıyla fuel oil'in yanması karşılaştırılmış ve bir takım grafikler elde edilmiştir.

Bu fırının boyutları : uzunluğu 4.1 m olup, yanal alan $2 \times 1 \text{ m}^2$ 'dir.

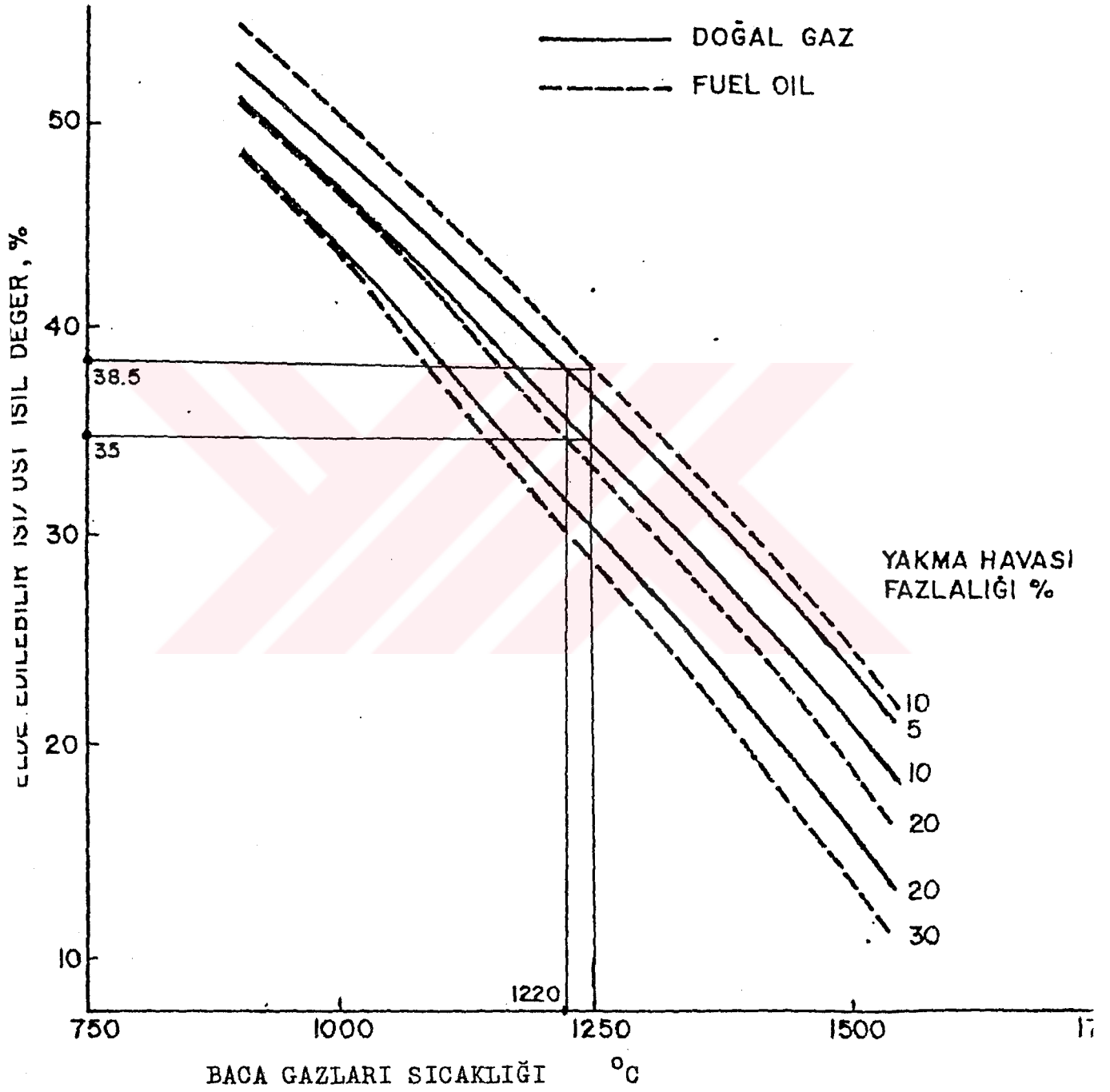
Fırın bir taraftan tek bir brülörle yakılıyor ve baca gazlarında fırının diğer tarafından alınıyor. Isı dağılımı fırının tüm alanına ulaştırılıyor. Fırına verilen ısı yükü 2.17 MW (1866200 kcal/h)'dir, ki bu da 0.25 MW/m^3 ($215000 \text{ kcal/m}^3\text{h}$) bir yanma yoğunluğu verir. Yakma havası önceden ısıtılmıyor.

Fuel oil alevinin ortalama emisivitesini hesaplamak oldukça zor olduğundan bu yakıt için hesaplamalar pratikte geçerli olabilecek değerleri kapsayan belirli bir aralıkta yapılmıştır. Doğal gazın yanmasıyla oluşan parlak olmayan alevin emisivitesi 0.16 ile 0.22 değerleri arasında değişir. Elbette bu değerler verilen ısı yüküne de bağlıdır.

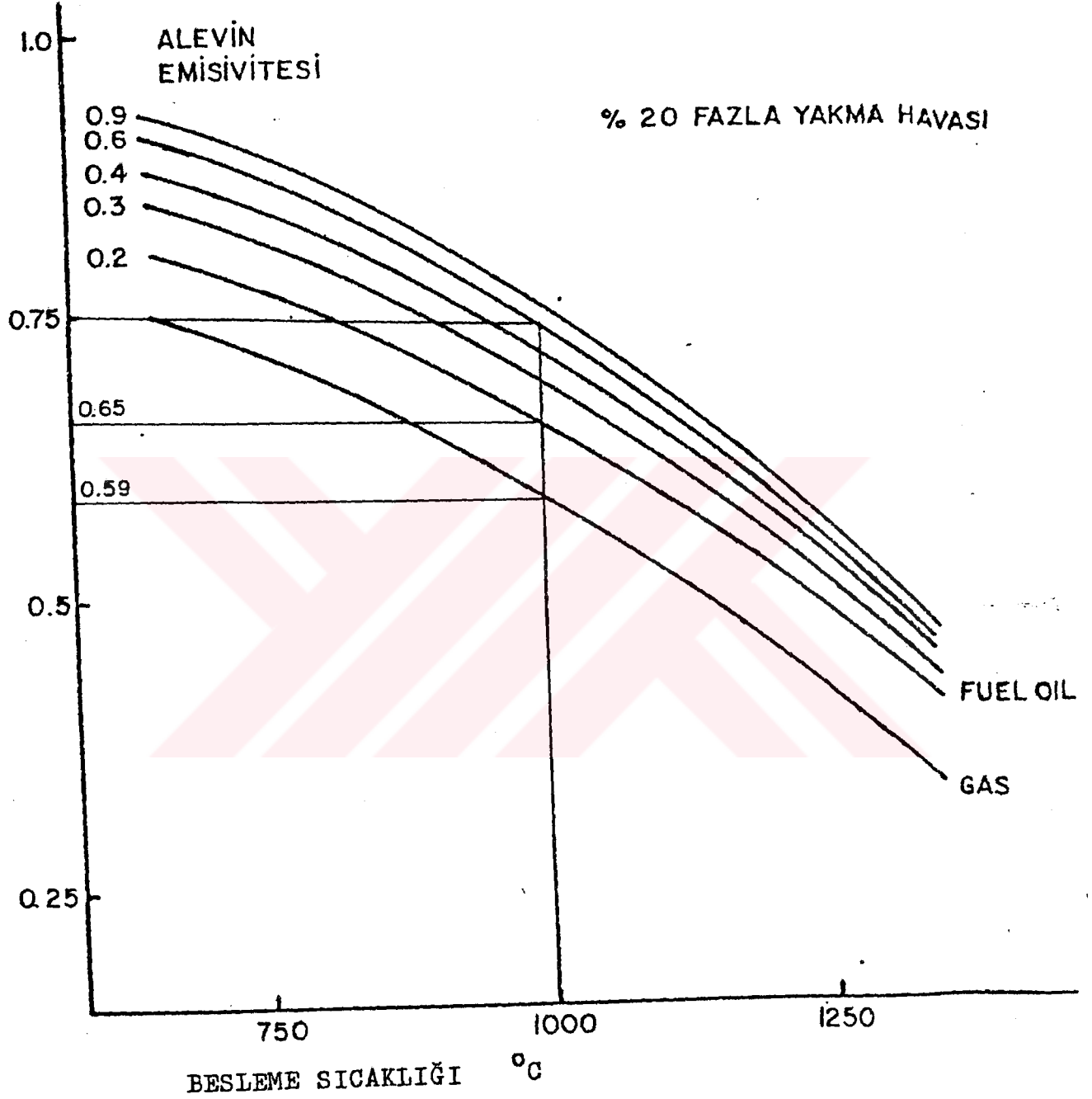
%20 fazla yakma havası kullanıldığı durumda, hem fuel oil hem de doğalgaz için gözlenen ısı transferinin giriş sıcaklığına göre değişimini veren bir grafiği inceleyelim.

Şekil incelendiğinde, benzer emisivite değerine karşı gelen ısı transfer miktarının, aynı baca gazı sıcaklığında, fuel oil'de doğalgaza göre %10 daha büyük olduğu görülür.

1000 C bir giriş sıcaklığında %20 fazla yakma havası kullanıldığında, 0.2 emisivite değerinde doğalgazın verdiği ısı 0.59 MW iken , fuel oil'in 0.65 MW'dır.



ŞEKİL 7 (Alpin,Kemal 1993)



ŞEKİL 8 (Bilgiç, Metin 1991)

Genelde fuel oil'in emisivitesini artırmamız ısı transferinide artırıyor. Örneklere, 1000 C bir giriş sıcaklığında ve emisivite 0.2 iken, ısı transferi 0.65 MW oluyor. Emisivite 0.6 ya çıktığı zaman ısı

transferi 0.75 MW'a çıkıyor. Ancak ısı transferindeki artış, emisivite artışına göre daha küçük oranda oluyor. Yani emisiviteyi 0.2 den 0.6 ya çıkardığımızda üç katlık bir emisivite artışı yapılırken, ısı transferi 0.65 MW dan 0.75 MW'a çıkarak 1.25 lik bir artış gösteriyor.

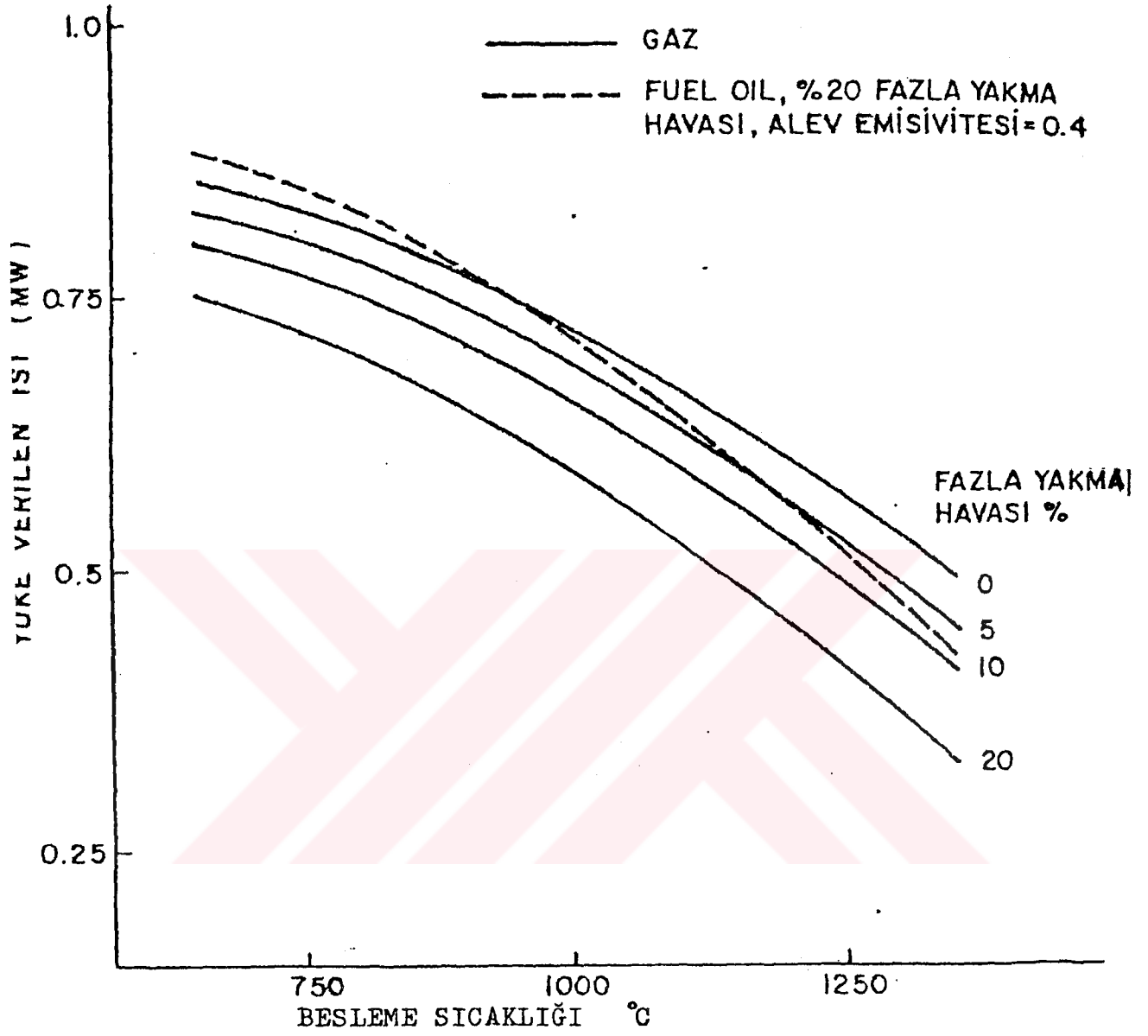
Bu grafik bize, aynı miktar fazla yakma havası %20 seviyesindeki doğalgaz ve fuel oil 'in karşılaştırmalarını veriyor. %20 fazla yakma havası, fuel oil için gerçekte uygulanan bir değer olmasına rağmen gaz yakıtlar için bu değerden daha az miktarda fazla yakma havasıyla çalışmak mümkündür.

Bu grafikte, fuel oil'in %20 lik fazla yakma havasıyla yakıldığı ve 0.4'lük bir emisiviteye sahip olduğu durumla, doğalgazın %0-20 'lik fazla yakma havası aralığında yanma durumları karşılaştırılmıştır.

0.4'lük emisivitede çalışmak ağır fuel oil için oldukça uygundur. Daha yüksek emisivite değerlerinde alevin hacmi ele alınan fırının hacmini dolduramamaktadır.

Doğalgazın daha az fazla yakma havasıyla yakılması ağır fuel oil lerin ısı transferi avantajlarını yok eder.

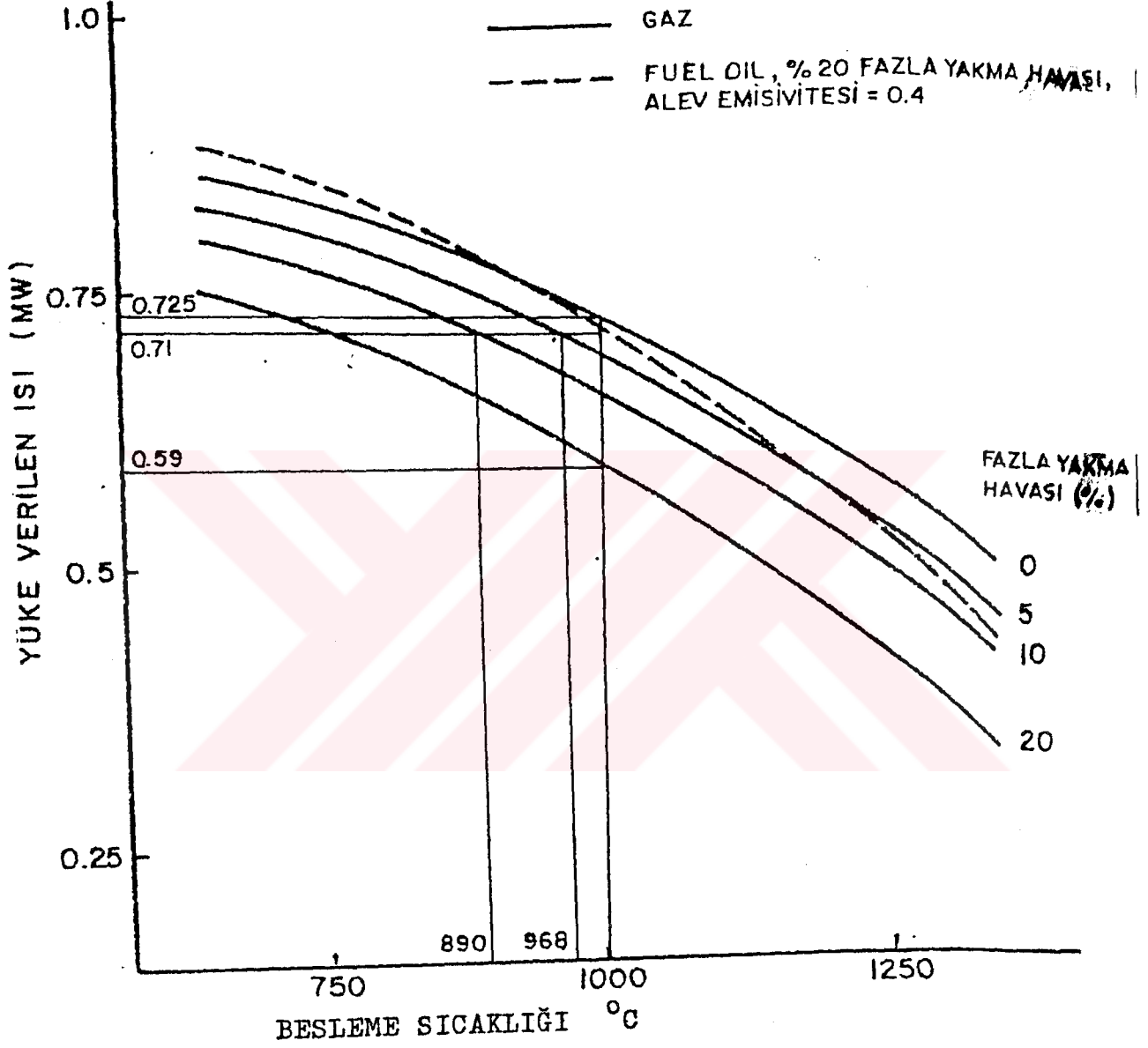
1000 C bir giriş sıcaklığında %20 lik fazla havayla yakıldığında 0.4'lük emisiviteye sahip olan fuel oil için ısı transferi 0.71 iken, aynı fazla havayla aynı giriş sıcaklığında yakılan doğalgaz 0.59'luk bir ısı transferi veriyor. Doğalgazı 1000 Cde fazla yakma havası kullanmadan yaktığımızda 0.725'lik bir ısı transferi elde ediyoruz. Yada fuel oil'de elde edilen 0.71'lik ısı transferini, doğalgazı %5'lik bir fazla havayla 968 C de yaktığımızda sağlayabiliriz.



ŞEKİL 9 (Bilgiç, Metin 1991)

15. GAZ YAKICILAR

Gaz yakıcıların ana amacı, ocak işletmesinin açıkça bildirilen ekonomik uygun şartlarını sağlamaktır. Bu amaca hizmet için bir yakıcı aşağıdakileri temin etmelidir:



ŞEKİL 10 (Bilgiç, Metin 1991)

- Gerekli miktarda gaz yakıtın ve havanın karıştırılması ve temini
- Ocağın işletme yerinde yakıtın tam yanması
- Ocakta gerekli ısı transfer seviyesini sağlayabilen bir alev oluşumu.

Böylece, yakıt yanmasının tüm çevrimi (karıştırma , yakma ve ısı transferi) maximum verimle gerçekleştirilmelidir.

Gaz yakıcıların sınıflandırılmasında başlıca özellik, gaz ve havanın karıştırma yöntemidir. Uygun şekilde, tüm gaz yakıcılar aşağıdaki gibi üç geniş gruba ayrılır.

- 1) Gaz ve hava tam ön karıştırmalı yakıcılar
- 2) Kısmi ön karıştırmalı yakıcılar
- 3) Dışarıda karıştırmalı yakıcılar(Önönü,Eren 1991)

İlk grup, yakıcıdan çıkmadan önce yakıt ve havanın iyi bir şekilde karıştırıldığı yakıcıları içerir. Bir ön karıştırılmış yakıt karışımı ocağın yanma bölgesine sağlanır ve yanma prosesi kinetiktir.Böyle yakıcılar , içeride karıştırma veya ön karıştırmalı yakıcılar olarak adlandırılır.

İkinci grup, sadece yanma için gerekli hava kısmının başlangıç yakıtıyla karıştırıldığı yakıcılardır.

Dış karıştırma yakıcılarda, karıştırma prosesi yanmanın olduğu aynı hacim içinde meydana gelir ve proses difüzyon cinsindedir. Böylece, bu yakıcıların niçin difüzyon alev yakıcılar olarak da terimlendiği açıklanır.

Bir yakıcı tasarımı, geniş bir şekilde ocak içindeki çalışma şartları vasıtasıyla belirlenir.

Gaz yakıcıların çok fazla tip değişiklikleri vardır.Burada geniş şekilde kullanılan veya çok tipik olan yakıcılar belirtilecektir.

15.1 ÖN KARIŞTIRMA YAKICILAR

Hava fazlalık oranı, yanmanın tam olup olmayacağını ve sıcaklığın yeterli seviyede olup olmayacağını belirlediğinden hava fazlalı-

ğının uygun seçimi yakıt yanması için başlıca önemlidir. Bir yakıcıda sağlanan tam bir karıştırmayla yanmanın gerekli tamlığı daha düşük bir hava fazlalığında elde edilebilir. Enjektör yakıcılarda yakıt ve hava son derece iyi karıştırılır, üstün yakıcı tiplerinde en düşük hava fazlalığında tam yanma sağlanır. Hava fazlalığı oranında bir azalma yanma sıcaklığında bir artışı gerektirir. Bu nedenle ön karıştırma yakıcılar, aynı yakıt cinsi için en yüksek yanma sıcaklığı sağlar.

Bu tip yakıcılar, yüksek oranda metal ısıtması için veya düşük ısı değerli gazların yanması için kullanılır. Ayrıca parlak alev vermeyen yakıtların yanması içinde etkili bir şekilde kullanılabilir.

Ön karıştırma yakıcılar, bağıl olarak küçük bir hacimde yoğunlaşmış ısı üretimi sağlar, kısa bir alev üretir ve yakıcı yakıtının da yeterli şekilde yüksek sıcaklıklar bölgesi oluşturur. Böyle yakıcıların alevinin, herhangi yakıt cinsinin yanmasında oluşan üç atomlu gazların (CO_2 ve H_2O) ısıtma spektrumuna uyan bağıl olarak düşük emisivitesi vardır.

Bu yakıcıların alevi hemen hemen görülmez, o nedenle bazen alevsiz yakıcılar olarak adlandırılır. Bir enjektör yakıcı da ısının metale transferi yakıt yanmasında geliştirilen sıcaklıkla esas bir şekilde belirlenir. Enjektör yakıcılar bazı olaylarda ocak kaplamasından radyasyonla ısı transferini ve alev radyasyonunu şiddetlendirmeye ihtiyaç duyulduğu zaman da kullanılır.

Enjektör yakıcılar, düzgün ısıtmanın gerekli olduğu zaman ki olaylarda avantajlıdır. Bu tek yakıt ile çok sayıda küçük yakıcılar kurularak sağlanabilir. Gaz ve havanın ön karıştırılması, ya yakıcı ile beraber yada ayrı üniteler olarak yapılabilen karıştırıcılar vasıtasıyla olabilir. Enjeksiyon tip karıştırıcılar en geniş uygulama alanı bulmuştur.

Enjektör yakıcıların çalışmasının verimliliği ve dengeliliği geniş bir şekilde gaz yakıtın temin edildiği basınca bağlıdır. Eğer basınç, karışımın yakıcı nozülünü, verilen yakıt cinsi için yanma hızından daha az hızda terketmesine neden oluyor ise karışım borusu içine alev geri tepmesi mümkündür, ve yakıcı uygun şekilde çalışmayacaktır. Aşırı bir şekilde yüksek basınçla nozül çıkışında karışım hızı esaslı bir şekilde yanma hızından yüksek olabilir ve alev nozulden devre kesecektir ; bu, yakıcı çalışmasının tesirliliği- ni de daha düşük yapabilir. Normal olarak yakıcı çıkışında karışım hızı (W_{bn}) 20-50 m/s içinde olmalıdır.

Yakıcı nozülünün termik yükü (h_{bn})

$$h_{bn} = \frac{0.278 \times B \times Q_w}{f_{bn}} \quad [W/cm^2]$$

B = Yakıcıya sağlanan yakıtın akım oranı [m^3/h]

f_{bn} = Yakıcı nozülünün enine kesit alanı [cm^2]

Q_w = Yakıtın ısı değeri [kJ/m^3] (Önönü, Eren 1991)

Genellikle h_{bn} 8160 W/cm^2 'den 11650 W/cm^2 'ye kadar değişebilir.

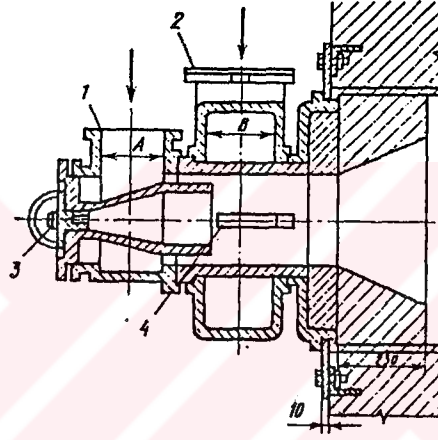
Sözü edilen üstün niteliklere karşın enjektör yakıcılar aşağıdaki sakıncalara sahiptir: dar bir kontrol sınırı, eğer büyük bir yayınma kapasitesi gerekli oluyor ise yakıcıların büyük boyutlarıdır.

15.2. KISMİ ÖN KARIŞTIRMALI YAKICILAR

Daha önce gösterildiği gibi, gaz ve havanın tam ön karıştırması parlak olmayan kısa bir alev verir. Diğer taraftan, dış karıştırma yakıcılar bir uzun parlak alev ile uzayan yanma sağlar. Bazı ocak

tiplerinde, çoğunlukla küçük boyutlular, bir ara alev tipi şekillendirmek gereklidir, yani orta uzunluklu zayıf bir şekilde parlak alev. Bu kısmi ön karıştırma yakıcılar kullanarak elde edilir.

Bu yakıcıda hava kısmı gaz borusuna 4 deliğinin içinden geçer ve gaz ile karıştırılır. Geriye kalan hava yakıcı çıkışında gaz ile karıştırılır. Kısmi ön karıştırmalı mevcut yakıcılar bağıl olarak düşük bir termik yük için tasarlanırlar.



- 1-Gaz temini
- 2-Hava temini
- 3-Ateşleme deliği
- 4-Gaz kanalı içerisine hava girişi için delikler

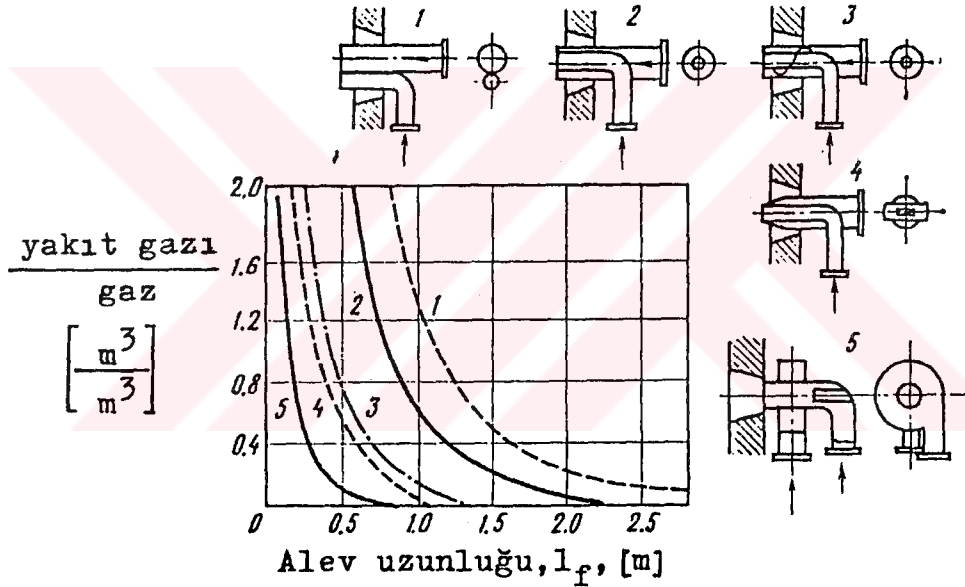
ŞEKİL 11 Kısmi ön karıştırmalı bir girdaplı yakıcı (Önönü, Eren 1991)

15.3. DIŞ KARIŞTIRMA YAKICILAR

Dış karıştırma yakıcılar değişken boyutlu ocaklar ve amaçlarda yaygın olarak kullanılırlar. Alev uzunluğu yakıcı tasarımına bağlı

olarak geniş sınırlar içinde değişebilir. Tüm dış karıştırma yakıcılar için genel bir özellik, gaz ve havanın yakıcıda ayrı kanallar yoluyla sağlandığı ve sadece yakıcı çıkışında, ocak yerinde, karıştırıldığıdır. Bu, tam yanma için %10-15 hava fazlalığının gerekli olduğu daha fazla uzayan bir yanma prosesi ile sonuçlanır.

Alev yakıcılar içerisine gaz ve hava sağlamak için birkaç metod vardır. Gaz ve hava giriş amaçlarının yapısal şekillerine bağlı olarak karıştırma şiddeti ve bu nedenle alev uzunluğu ŞEKİL12'de görüldüğü gibi, geniş bir şekilde değişebilir.



ŞEKİL 12 Yakıcı tasarımının alev uzunluğuna etkisi (Önönü, Eren 1991)

Şekildeki 2 ve 5 olayları, boru boru içinde tip ve girdaplı tip en yaygın yakıcıları gösterir. Gaz ve havanın koaksiyal sağlanması ile gaz ve hava en kötü (fakir) şekilde karıştırılır ve yakıcı en uzun alevi şekillendirir. Eğer hava şiddetli bir şekilde döndürülerek yapılırsa, karıştırma iyileştirilir ve alev daha kısa olur. Böylece daha mükemmel karıştırma daha kısa bir alev verir.

Gerekli metal ısıtma sıcaklığı, yeterli derecede bir yüksek oksijen tüketim katsayısında elde edildiği zaman, alev yakıcılar yüksek sınıf yakıtların yanması için avantajlıdır. Bir kaç yakıcıya yoğun şekilde yakıt sağlamanın gerekli olduğu durumda bu yakıcılar son derece sık kullanılır.

Dış karıştırma yakıcılarda doğasında olan dezavantajları aşağıdaki gibidir:

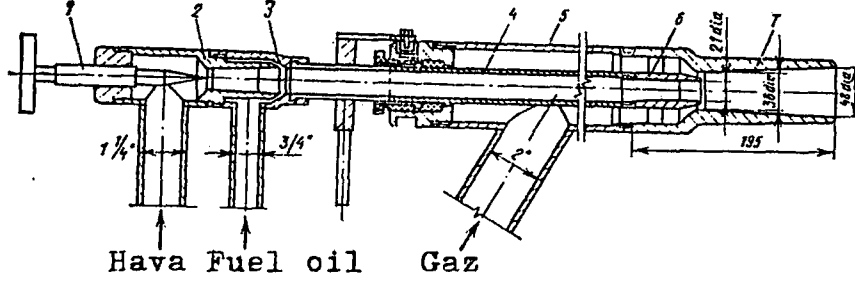
- a) Fazla bir yakıt tüketimi ile sonuçlanan yüksek bir hava fazlalık oranı,
- b) Hava sağlanması için bir fana ihtiyaç,
- c) Gaz akım oranı değiştiği zaman hava akımı kontrolü için özel elemanlara ihtiyaç.

15.4. KOMBİNE GAZ-SIVI YAKIT YAKICILARI

Pratikte, bir yakıt tipinin diğeriyle birlikte yakılması gerektiği veya kullanılan yakıtın diğeriyle değiştirilmesi gereken olaylar olabilir. Bu yüzden kombine gaz-sıvı yakıt yakıcılar geniş kullanım bulmuşlardır. Genel gaz-fuel oil yakıcılar, bir fuel oil ve gaz karışımını veya bu yakıtları ayrı bir şekilde yakabilir. Bunlar eritme ve ısıtma ocaklarında kullanılır. ŞEKİL 13 , bir fuel oil ve doğalgaz karışımıyla SIEMENS MARTIN fırınının ateşlenmesi için bir kombine yakıcıyı gösterir. Bu yakıcı, saatte 1000 m³ doğalgaz ve 1200 m³ fuel oil yakabilir. Püskürtücü, 0.45 MN/m² 'lik bir basınç altında basınçlı havadır. Fuel oil'in püskürtme işlemi, eğer doğalgaz yeterli bir şekilde yüksek basınç altında sağlanıyorsa doğalgaz ile yapılabilir.

Mevcut ısıtma ocakları sıvı yakıt yakıcıları bazen, kombine gaz ve fuel oil yanması için tekrar tasarlanır.ŞEKİL 14'de bu tip bir yakıcı gösterilir.Diğer olaylarda, kombine fuel oil gaz yakıcılar özel olarak tasarlanır.Böyle yakıcıların çok çeşitleri vardır ve onları belli bir özelliklerle sınıflandırmak oldukça zordur.Bazı kombine yakıcı tiplerinde, gaz ve fuel oil yanma bölgesine, yakıcı eksenleri boyunca düzenlenen konsantrik borularla sağlanır.ŞEKİL15'de böyle bir yakıcı gösterilmiştir.Bu yakıcı ısıtma ocakları için kullanılır.

Diğer kombine yakıcı tiplerinde, fuel oil ve gaz ayrı ayrı borularla sağlanır, fuel oil her zaman merkezi boruyla beslenir.ŞEKİL 16'de gösterilen yakıcı havayı döndürmek için özel kanatlara sahiptir, ve gaz pek çok küçük delikler yoluyla beslenir.Eğer yakıcı gaz ateşlemesi için kullanılacaksa fuel oil temini için kullanılan merkezi boru çıkarılabilir.



1-Basınçlı hava kontrolü için iğne

2-Hava nozülü

3-Fuel oil nozülü

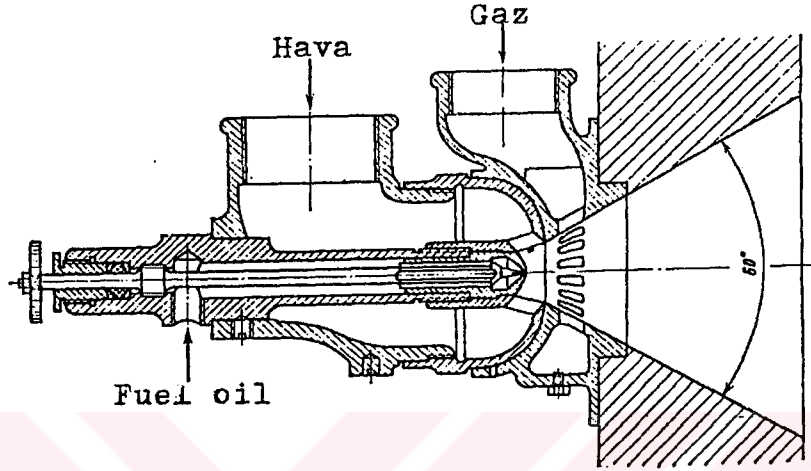
4-Yakıt hava karışımı sağlamak için boru

5-Gaz borusu

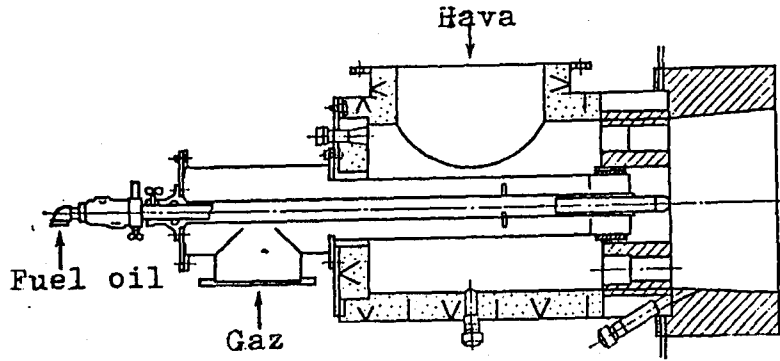
6-Nozül

7-Difüzör

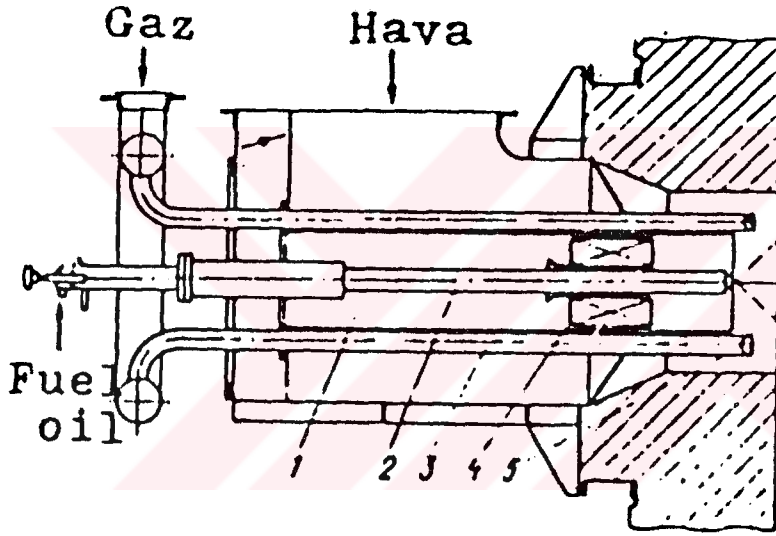
ŞEKİL 13 Siemens Martin fırınları için bir gaz-fuel oil yakıcı(Önönü,
Eren 1991)



ŞEKİL 14 Gaz-fuel oil yakılması için tekrar tasarlanan bir yakıcı (Önönü Eren 1991)



ŞEKİL 15 Isıtma ocakları için bir kombine yakıcı (Önönü, Eren 1991)



ŞEKİL 16 (Önönü, Eren 1991)

- 1-Merkezi hava borusu
- 2-Yakıcı
- 3-Gaz borusu
- 4-Döndürme kanatları
- 5-Gaz boşaltma hortumu

16.KAZANLARIN DOĞALGAZA DÖNÜŞÜMÜ

DOĞALGAZIN BİLEŞİMİ (MOL YÜZDESİ OLARAK)

	Garanti edilen	Fiili
METAN	min 85	98.68
ETAN	max 7	0.211
PROPAN	max 3	0.043
BÜTAN	max 2	0.017
PENTAN VE DİĞER		
HİDROKARBONLAR	max 1	0.033
KARBONDİOKSİT	max 3	0.035
OKSİJEN	max 0.02	
AZOT	max 5	0.829

KÜKÜRT

HİDROJEN SÜLFÜR	max 5.10 mg/m ³		
MERKAPTAN KÜKÜRT		max	15.30 mg/m ³
TOPLAM KÜKÜRT	max 102.00 mg/m ³		

ÜST ISIL DEĞER

MAXIMUM	9360 kcal/m ³
ORTALAMA	9000 kcal/m ³
MINIMUM	8750 kcal/h

TABLO 3 (Öztürk, Sami 1992)

16.1.DOĞALGAZ VE FUEL OIL'IN ENTALPİ SICAKLIK
DİYAGRAMININ ELDE EDİLMESİ İÇİN GEREKLİ HESAPLAR

Ele alınan doğalgazın bileşimi TABLO 3 'deki fiili değerlerdir.

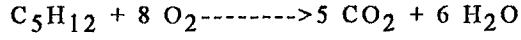
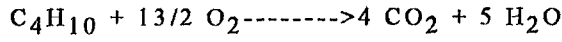
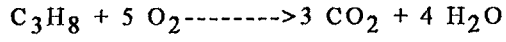
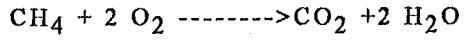
YAKIT ANALİZİ (56 % AĞIRLIK)

	KÖMÜR	F.O. ₅	F.O. ₆	DOĞAL GAZ
KARBON (C)	77,4	85,00	84,58	73,93
HİDROJEN (H)	3,4	11,39	10,90	24,57
OKSİJEN (O ₂)	2,0	0,31	0,40	0,07
AZOT (N ₂)	1,2	0,087	0,112	1,43
KÜKÜRT (S)	1,0	3,20	4,00	—
KÜL	8,0	—	—	—
VANADİUM (V)	—	0,0062	0,008	—
NEM	7,0	—	—	—

GENEL YAKIT ÖZELLİKLERİ

	KÖMÜR	FO ₅	FO ₆	DOĞAL GAZ
H/C ORANI (AĞIRLIK)	0,0439	0,134	0,1288	0,3323
UST ISIL DEĞER(kcal/kg)	7306	10105	9913	13025 (8950 kcal/m ³)
ALT ISIL DEĞER(kcal/kg)	7083	9547	9383	11740 (8080 kcal/m ³)
YANMA İÇİN GEREKLİ STOKİYOMETRİK HAVA MİKTARI(g/kcal)	1,38	1,3696	1,3798	1,438
BACA GAZINDAKİ BUHAR MİKTARI(g/kcal)	0,052	0,1014	0,10	0,17
KURU BACA GAZINDAKİ STOKİYOMETRİK CO ₂ MİKTARI (%mol)	18,9	15,74	15,89	11,67 (17,28 wt/wt)
ATMOSFERE SO ₂ YAYIMI (ppm w/w)	1644	4,330	5,500	—
BACA GAZINDAKİ SUYUN ÇİĞ NOKTASI (°C)	35	49	49	56

TABLO 4 (Öztürk,Sami 1992)



Doğalgazın tam yanması için gerekli oksijen,

1

$$O_{\min} = \frac{1}{100} (2r_{\text{CH}_4} + 7/2 r_{\text{C}_2\text{H}_6} + 5r_{\text{C}_3\text{H}_8} + 13/2 r_{\text{C}_4\text{H}_{10}} + 8r_{\text{C}_5\text{H}_{12}})$$

100

1

$$O_{\min} = \frac{1}{100} (2 \times 98.68 + 7/2 \times 0.211 + 5 \times 0.043 + 13/2 \times 0.017 + 8 \times 0.033)$$

100

$$O_{\min} = 1.08688 \text{ Nm}^3 \text{ O}_2 / \text{Nm}^3 \text{ Y}$$

Yanma ürünlerindeki karbondioksit,

1

$$V_{\text{CO}_2} = \frac{1}{100} (r_{\text{CH}_4} + 2r_{\text{C}_2\text{H}_6} + 3r_{\text{C}_3\text{H}_8} + 4r_{\text{C}_4\text{H}_{10}} + 5r_{\text{C}_5\text{H}_{12}} + r_{\text{CO}_2})$$

100

1

$$V_{\text{CO}_2} = \frac{1}{100} (98.68 + 2 \times 0.211 + 3 \times 0.043 + 4 \times 0.017 + 5 \times 0.033 + 0.035)$$

100

$$V_{\text{CO}_2} = 0.99499 \text{ Nm}^3 \text{ CO}_2 / \text{Nm}^3 \text{ Y}$$

Yanma ürünlerindeki su buharı,

1

$$V_{H_2O} = \frac{1}{100} (2r_{CH_4} + 3r_{C_2H_6} + 4r_{C_3H_8} + 5r_{C_4H_{10}} + 6r_{C_5H_{12}})$$

1

$$V_{H_2O} = \frac{1}{100} (2 \times 98.68 + 3 \times 0.211 + 4 \times 0.043 + 5 \times 0.017 + 6 \times 0.033)$$

$$V_{H_2O} = 1.98448 \text{ Nm}^3 \text{ H}_2\text{O} / \text{Nm}^3 \text{ Y}$$

Yanma ürünlerindeki azot,

1

$$V_{N_2} = 0.79 L_{\min} + \frac{1}{100} r_{N_2}$$

Doğalgazın tam yanması için gerekli hava,

$$O_{\min} = 1.98688$$

$$L_{\min} = \frac{O_{\min}}{0.21} = \frac{1.98688}{0.21} = 9.4613 \text{ Nm}^3 \text{ hava} / \text{Nm}^3 \text{ Y}$$

1

$$V_{N_2} = 0.79 \times 9.4613 + \frac{1}{100} \times 0.829 = 7.48271 \text{ Nm}^3 \text{ N}_2 / \text{Nm}^3 \text{ Y}$$

100

Yanma ürünlerindeki fazla hava,

$$V_L = (n-1) L_{\min}$$

n=Hava fazlalık katsayısı (Fanas, A. 1981)

n:1.05

$$V_L=(1.05-1)\times 9.4613=0.47306 \text{ Nm}^3 \text{ hava /Nm}^3 \text{ Y}$$

Yanma ürünleri toplamı,

$$V_G=V_{CO_2}+V_{H_2O}+V_{N_2}+V_L$$

$$=0.99499+1.98448+7.48271+0.47306$$

$$V_G=10.93524 \text{ Nm}^3 \text{ Duman agzı/Nm}^3 \text{ Y}$$

Duman gazı yüzdeleri

$$V_{CO_2} \quad 0.99499$$

$$r_{CO_2} : \text{-----} : 0.0909$$

$$V_G \quad 10.93524$$

$$V_{H_2O} \quad 1.98448$$

$$r_{H_2O} : \text{-----} : 0.1814$$

$$V_G \quad 10.93524$$

$$V_{N_2} \quad 7.48271$$

$$r_{N_2} : \text{-----} : 0.6842$$

$$V_G \quad 10.93524$$

$$V_L \quad 0.47306$$

$$r_L : \text{-----} : 0.0432$$

$$V_G \quad 10.93524$$

$$V_m CO_2=22.26 \text{ Nm}^3/\text{kmol}$$

$$V_m H_2O=V_m N_2=V_m L=22.40 \text{ Nm}^3/\text{kmol}$$

Sabit basınçta moleküler özgül ısınma ısıları,

$$C_{MpCO_2}=9.90+0.0025t \text{ [kcal/kmol C]}$$

$$C_{MpH_2O}=7.80+0.0025t \text{ [kcal/kmol C]}$$

$$C_{MpN_2}=6.975+0.00091t \text{ [kcal/kmol C]}$$

$$C_{MpL} = 6.975 + 0.00091t \text{ [kcal/kmol C]}$$

Yanma ürünlerinin sabit basınçta özgül ısınma ısısı,

$$r_{CO_2} \cdot C_{MpCO_2} + r_{H_2O} \cdot C_{MpH_2O} + r_{N_2} \cdot C_{MpN_2} + r_L \cdot C_{MpL}$$

$$C_{pG} = \frac{r_{CO_2} \cdot V_m^{CO_2} + r_{H_2O} \cdot V_m^{H_2O} + r_{N_2} \cdot V_m^{N_2} + r_L \cdot V_m^L}{0.0909(9.90 + 0.0025t) + 0.1814(7.80 + 0.0025t) + 0.0432(6.975 + 0.00091t) + 0.6842(6.975 + 0.00091t)}$$

$$C_{pG} = \frac{0.0909 \times 22.26 + 0.1814 \times 22.4 + 0.6842 \times 22.40 + 0.0432 \times 22.40}{7.388445 + 13426 \cdot 10^{-3} t}$$

$$C_{pG} = \frac{22.38055}{7.388445 + 13426 \cdot 10^{-3} t}$$

$$C_{pG} = 0.330127 + 5.99 \cdot 10^{-5} t \text{ [kcal/Nm}^3 \text{ duman gazı C]}$$

$$dh = C_{pG} \cdot dt \quad t: t_m: \frac{t_1 + t_2}{2}$$

$$dh = C_{pG} \cdot dt \quad t: t_m: \frac{t_1 + t_2}{2}$$

$$dh = C_{pG} \cdot dt \quad t: t_m: \frac{t_1 + t_2}{2}$$

$$dh = C_{pG} \cdot dt \quad t: t_m: \frac{t_1 + t_2}{2}$$

$$dh = C_{pG} \cdot dt \quad t: t_m: \frac{t_1 + t_2}{2}$$

$$dh = C_{pG} \cdot dt \quad t: t_m: \frac{t_1 + t_2}{2}$$

$$C_{pG} = 0.330127 + 5.99 \cdot 10^{-5} t \text{ [kcal/Nm}^3 \text{ duman gazı C]}$$

$$t: t_m: \frac{t_1 + t_2}{2}$$

$$dh = C_{pG} \cdot dt \quad t: t_m: \frac{t_1 + t_2}{2}$$

2

VG miktarındaki duman gazı için entalpi farkı,

$$h_2 - h_1 = C_{pG}(t_2 - t_1) V_G \text{ [kcal/Nm}^3 \text{ Y]}$$

$$t_0 = 0 \text{ için } h_0 = 0 \text{ (Fanas, A. 1981)}$$

n:1.08 için

Aynı formülleri kullanarak

$$V_L = 0.756904 \text{ Nm}^3 \text{ hava /Nm}^3 \text{ Y}$$

$$V_G = 11.219 \text{ Nm}^3 \text{ duman gazı/Nm}^3 \text{ Y}$$

$$r_{CO_2} = 0.0886 \quad r_{H_2O} = 0.1768 \quad r_{N_2} = 0.6669 \quad r_L = 0.0674$$

$$C_{pG}=0.32966 + 5.94 \cdot 10^{-5} t$$

n:1.1 için

$$V_L=0.94613 \text{ Nm}_3 \text{ hava/Nm}_3 \text{ Y}$$

$$V_G=11.408 \text{ Nm}_3 \text{ duman gazı/Nm}_3 \text{ Y}$$

$$r_{CO_2}=0.0872 \quad r_{H_2O}=0.1739 \quad r_{N_2}=0.6559 \quad r_L=0.0829$$

$$C_{pG}= 0.32936 + 5.89 \cdot 10^{-5} t$$

10 CLS

20 DIM T(30) , H(30)

30 FOR T=0 TO 2100 STEP 100

40 T(I)=T :'PRINT "T("I")"T(I);,

50 I=I+1

60 NEXT T :PRINT "ENTALPİ DEĞERLERİ"

70 PRINT " n=1.05 için" :PRINT "-----"

80 FOR I=1 TO 22

90 A=.330127 : B=.0000599 : VG=10.93524

100 H(I)=(A+B*(T(I)+T(I+1))/2)*VG*100 +H(I-1)

 : H(1)=0

 : PRINT "H("I")="USING "####.###" ;H(I)

110 NEXT I

200 CLS :***** N=1.08

205 DIM TT(30) , HH(30) : I=0

220 FOR TT=0 TO 2100 STEP 100

230 TT(I)=TT :'PRINT "TT("I") "TT(I);,

240 I=I+1

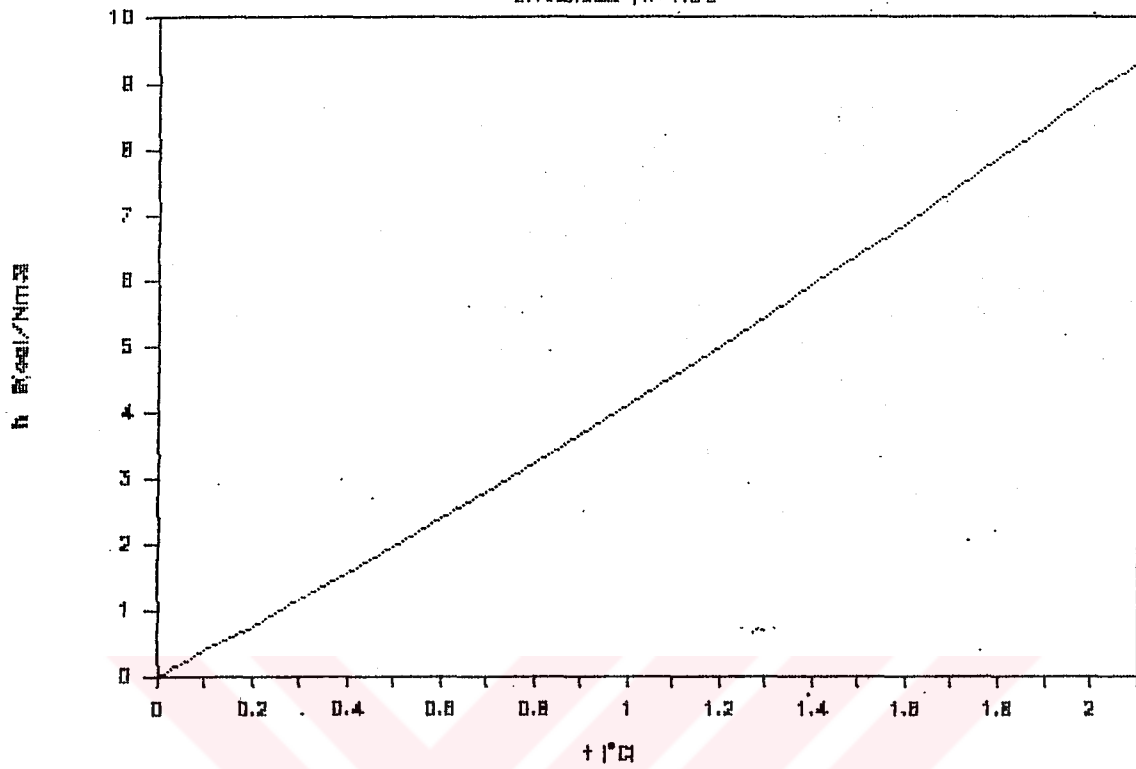
```

250 NEXT TT :PRINT "ENTALPI DEĞERLERİ"
260 PRINT " n=1.05 için" :PRINT "-----"
270 FOR I=1 TO 22
280 A=.330127 :B=.0000599 :VG=10.93524
290 HH(I)=( A+ B*(TT(I)+TT(I+1)) /2*VG*100+HH(I-1)
:HH(1)=0
:PRINT "HH("I")="USING "####.###";HH(I)
300 NEXT I

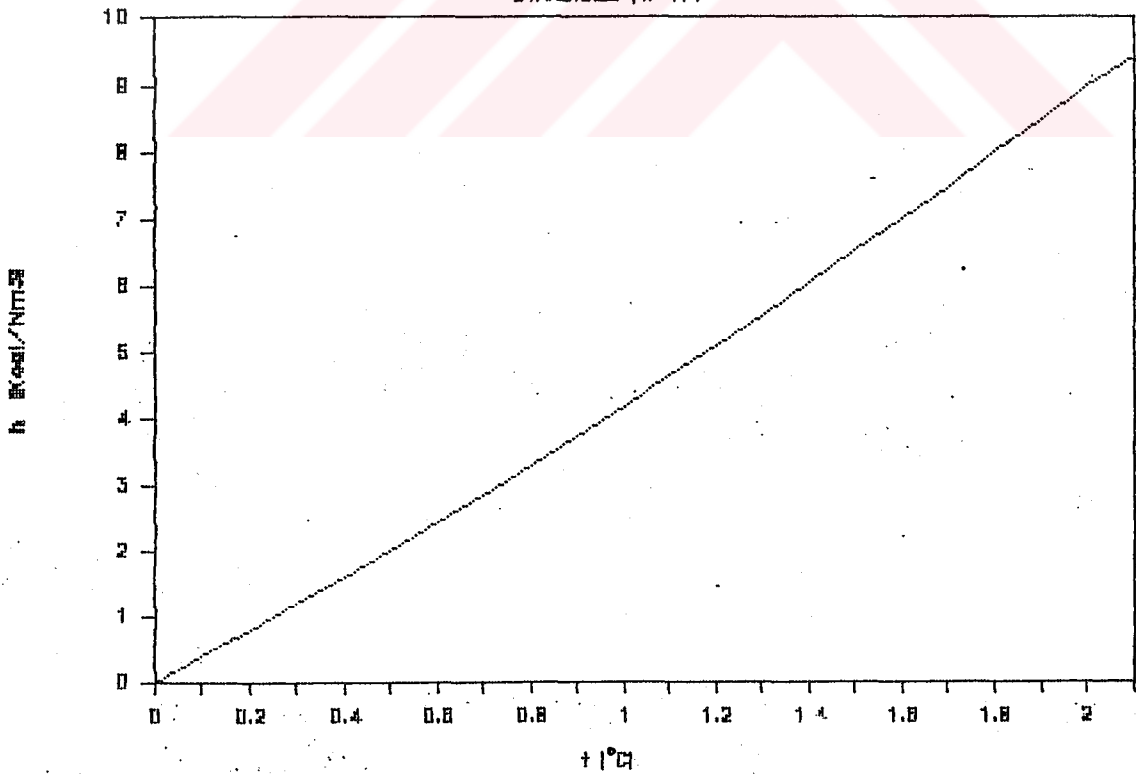
```



DOĞAL GAZIN ENTALPI SICAKLIK

DİYAGRAM , $n=1.08$ 

DOĞAL GAZIN ENTALPI SICAKLIK

DİYAGRAM , $n=1.1$ 

NOT= I-t diyagramının çizilmesinde bilgisayar programında çizime ait deyimler bulunmamaktadır. Bunun nedenide bilgisayarda eğri ve diagram çizmek için paket programın olmasıdır. Sadece gerekli değerler girilmiş ve diagram bilgisayara çizdirilmiştir. Ayrıca entalpi ve sıcaklık değerleri 10^6 ile çarpılacaktır.

Ele alınan fuel oil'in analizi TABLO 4'te verilmiştir.

FUEL OİL İÇİN

n=1.1 için

$$V_{CO_2} = \frac{1.867}{100} \cdot c = \frac{1.867}{100} \cdot 84.58 = 1.579 \text{ Nm}^3/\text{kg Y}$$

$$V_{H_2O} = \frac{1.244}{100} \cdot (9h+w) = \frac{1.244}{100} \cdot 98.1 = 1.220 \text{ Nm}^3 \text{ su buh./kg Y}$$

1

$$O_{\min} = \frac{1}{100} [1.867 \cdot c + 5.6(h-o/8) + 0.75s]$$

1

$$O_{\min} = \frac{1}{100} [1.867 \cdot 84.58 + 5.6(10.90 - 0.40/8) + 0.75 \cdot 4]$$

100

$$O_{\min} = 2.216 \text{ Nm}^3 \text{ O}_2/\text{kg Y}$$

$$L_{\min} = \frac{O_{\min} \cdot 2.216}{0.21 \cdot 0.21} = \frac{2.216}{0.0441} = 10.552 \text{ Nm}^3 \text{ hava /kg Y}$$

$$V_{N_2} = \frac{n}{100} + 0.79 \frac{n}{100} L_{\min} = \frac{0.112}{100} + 0.79 \times 1.1 \times 10.552$$

$$V_{N_2} = 9.1705 \text{ Nm}^3 \text{ N}_2/\text{kg Y}$$

$$V_{O_2} = 0.21(n-1)L_{\min} = 0.21 \times (1.1-1) \times 10.552$$

$$V_{O_2} = 0.22159 \text{ Nm}^3 \text{ O}_2/\text{kg Y}$$

$$V_{SO_2} = \frac{s}{100} = \frac{4}{100} = 0.028 \text{ Nm}^3 \text{ SO}_2/\text{kg Y}$$

$$V_G = V_{CO_2} + V_{H_2O} + V_{SO_2} + V_{O_2} + V_{N_2}$$

$$V_G = 1.579 + 1.220 + 0.028 + 0.22159 + 9.1705$$

$$V_G = 12.219 \text{ Nm}^3 \text{ duman gazı/kg Y}$$

$$r_{CO_2} = \frac{V_{CO_2}}{V_G} = \frac{1.579}{12.219} = 0.1292$$

$$r_{SO_2} = \frac{0.028}{12.219} = 2.29 \cdot 10^{-4} \quad r_{H_2O} = \frac{1.220}{12.219} = 0.0998$$

$$r_{N_2} = \frac{9.1705}{12.219} = 0.7505 \quad r_{O_2} = \frac{0.22159}{12.219} = 0.0181$$

$$C_{pG} = \frac{r_{CO_2} \cdot C_{MpCO_2} + r_{H_2O} \cdot C_{MpH_2O} + r_{SO_2} \cdot C_{MpSO_2} + r_{N_2} \cdot C_{MpN_2} + r_{O_2} \cdot C_{MpO_2}}{r_{N_2} \cdot V_{mN_2} + r_{O_2} \cdot V_{mO_2}}$$

$$V_{mCO_2} = V_{mH_2O} = V_{mSO_2} = V_{mN_2} = V_{mO_2} = 22.40 \text{ Nm}^3/\text{kmol}$$

$$C_{MpO_2} = 6.975 + 0.00091t \text{ [kcal/lmol C]}$$

$$C_{MpSO_2} = 9.28 \text{ [kcal/kmol C]}$$

Diğerleri daha önce verilmişti.

$$C_{pG} = \frac{0.1292(9.9+0.0025t)+0.0998(7.8+0.0025t)2.29 \cdot 10^3 + 9.28 + 0.7505(6.975+0.00091t) + 0.0181(6.975 + 0.00091t)}{0.7505 \cdot 22.4 + 0.0181 \cdot 22.4}$$

$$C_{pG} = \frac{0.1292 \cdot 22.40 + 0.0998 \cdot 22.40 + 2.29 \cdot 10^3 \cdot 22.40 + 0.7505(6.975+0.00091t) + 0.0181(6.975 + 0.00091t)}{0.7505 \cdot 22.4 + 0.0181 \cdot 22.4}$$

$$C_{pG} = 7.4397 + 1.272 \cdot 10^{-3} t$$

$$C_{pG} = 22.3773$$

$$C_{pG} = 0.332466 + 5.68 \cdot 10^{-5} t \text{ [kcal/Nm}^3 \text{ Duman gazı C]}$$

$$dh = C_{pG} \cdot dt \quad t = t_m \quad h_1 - h_0 = C_{pG} (t_1 - t_0) V_G \text{ (Fanas, A.1981)}$$

n=1.2 için

$$V_{CO_2} = 1.579 \text{ Nm}^3 \text{ CO}_2 / \text{kg Y} \quad V_{H_2O} = 1.22 \text{ Nm}^3 \text{ su buh/kg Y}$$

$$V_{SO_2} = 0.028 \text{ Nm}^3 \text{ SO}_2 / \text{kg Y}$$

$$0.8 \qquad 0.8$$

$$V_{N_2} = \frac{0.8}{100} n + 0.79 n L_{\min} = \frac{0.8}{100} 0.112 + 0.79 \times 1.2 \times 10.552$$

$$V_{N_2} = 10.0042 \text{ Nm}^3 \text{ N}_2/\text{kg Y}$$

$$V_{O_2} = 0.21(n-1)L_{\min} = 0.21(1.2-1)10.552 = 0.4432 \text{ Nm}^3 \text{ O}_2/\text{kg Y}$$

$$V_G = 1.579 + 1.22 + 0.028 + 10.0042 + 0.4432$$

$$V_G = 13.2744 \text{ Nm}^3 \text{ Duman Gazı/kg Y}$$

$$1.579 \qquad 1.220$$

$$r_{CO_2} = \frac{1.579}{13.2744} = 0.1189 \qquad r_{H_2O} = \frac{1.220}{13.2744} = 0.0919$$

$$13.2744 \qquad 13.2744$$

$$0.028 \qquad 0.4432$$

$$r_{SO_2} = \frac{0.028}{13.2744} = 0.0021 \qquad r_{O_2} = \frac{0.4432}{13.2744} = 0.0334$$

$$13.2744 \qquad 13.2744$$

$$\dots\dots\dots 10.0042$$

$$r_{N_2} = \frac{10.0042}{13.2744} = 0.7536$$

$$13.2744$$

$$C_{pG} = 0.330511 + 5.53 \times 10^{-5} t$$

n:1.3 için

$$V_{CO_2} = 1.579 \text{ Nm}^3/\text{kg Y} \qquad V_{H_2O} = 1.22 \text{ Nm}^3/\text{kg Y}$$

$$V_{SO_2} = 0.028 \text{ Nm}^3/\text{kg Y}$$

$$V_{O_2} = 0.21(1.3-1)10.552 = 0.6647 \text{ Nm}^3/\text{kg Y}$$

$$0.8$$

$$V_{N_2} = \frac{0.8}{100} 0.112 + 0.79 \times 1.3 \times 10.552 = 10.8378 \text{ Nm}^3/\text{kg Y}$$

$$100$$

$$V_G = 1.579 + 1.22 + 0.028 + 0.6647 + 10.8378 = 14.3295 \text{ Nm}^3 \text{ Dum/ kg Y}$$

1.579

1.22

$r_{CO_2} = 0.1102$

$r_{H_2O} = 0.0851$

14.3295

14.3295

$r_{SO_2} = 1.95 \cdot 10^{-5}$

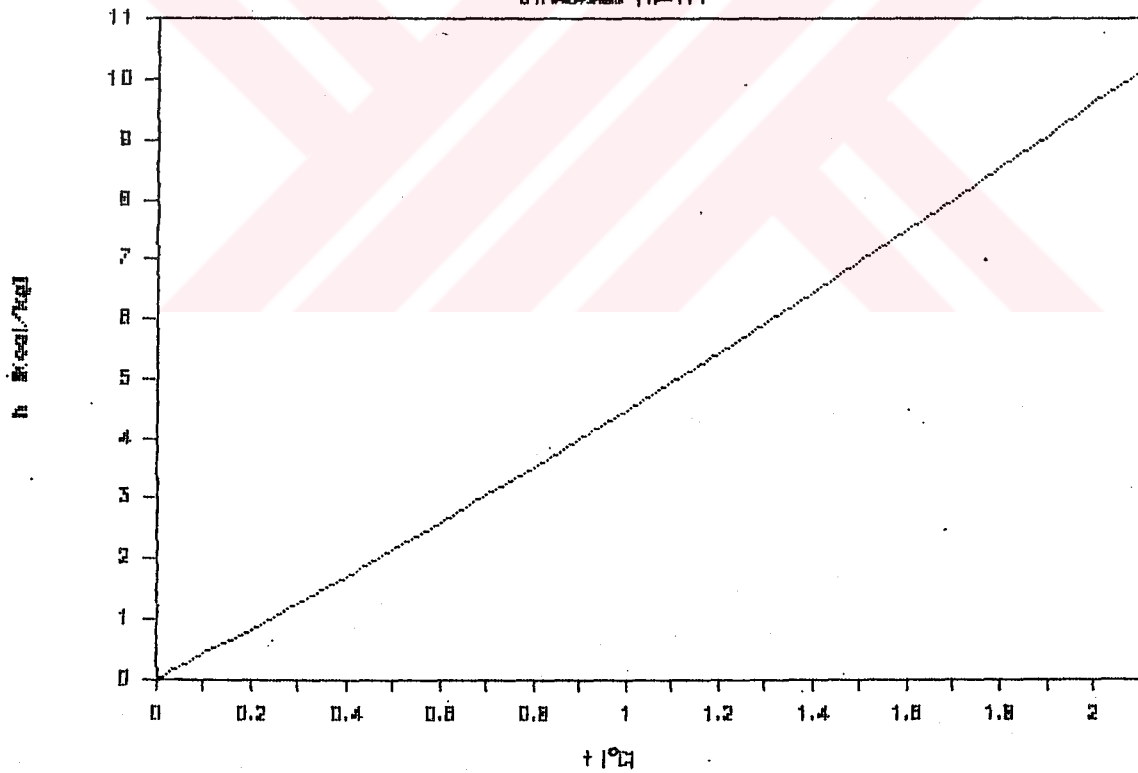
$r_{N_2} = 0.7563$

$r_{O_2} = 0.0463$

$C_{pG} = 0.329107 + 5.43 \cdot 10^{-5}t$

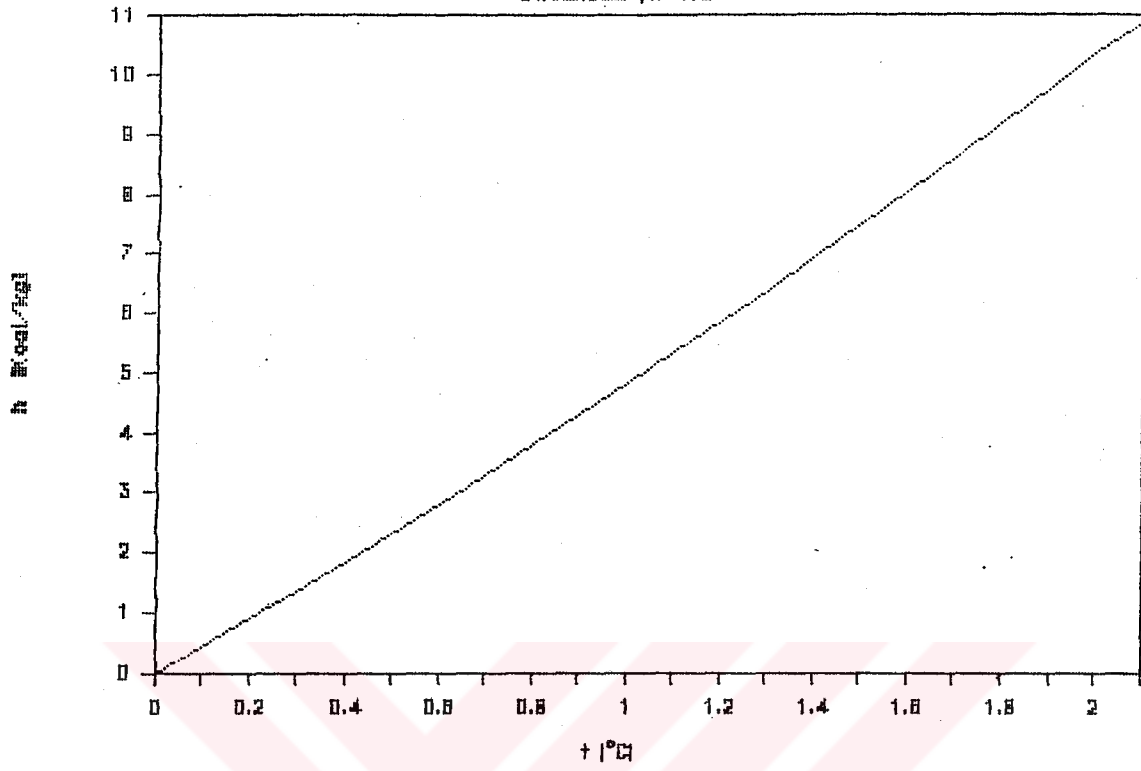
FUEL OILIN ENTALPI SICAKLIK

Diyagram, $r=1.1$



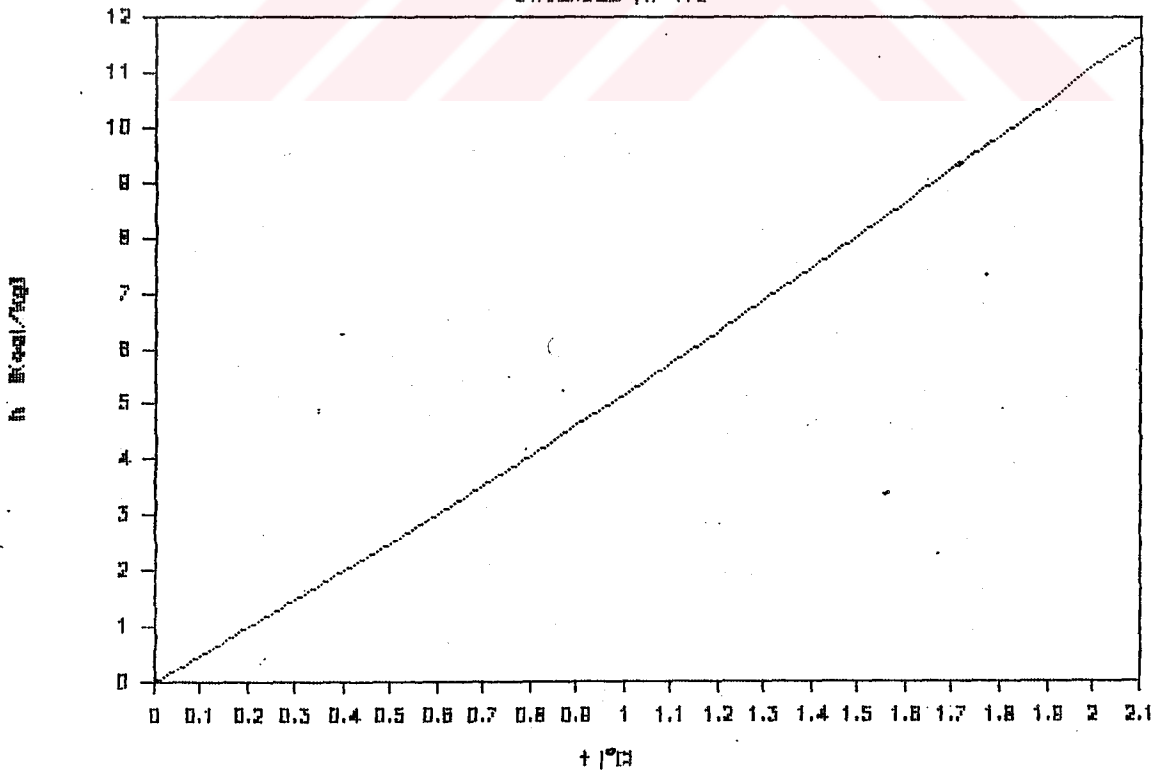
FUEL OILIN ENTALPI SICAKLIK

DİYAZIRAM, $r=1.2$



FUEL OILIN ENTALPI SICAKLIK

DİYAZIRAM, $r=1.3$



16.2. KAZAN İÇİNDEKİ ISI TRANSFERİNİN İNCELENMESİ

Doğalgazın normal şartlarda özgül hacmi:

$$V = V_{CH_4} r_{CH_4} + V_{C_2H_6} r_{C_2H_6} + V_{C_3H_8} r_{C_3H_8} + V_{C_4H_{10}} r_{C_4H_{10}} +$$

$$V_{C_5H_{12}} r_{C_5H_{12}} + V_{CO_2} r_{CO_2} + V_{N_2} r_{N_2}$$

$$V = 1.468 \times 0.9868 + 0.778 \times 0.00211 + 0.552 \times 0.0043 + 0.395 \times 0.00017 + 0.328 \times 0.00033$$

$$+ 0.534 \times 0.00035 + 0.839 \times 0.00829$$

$$V = 1.4579 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

Doğalgazın normal şartlarda yoğunluğu:

$$\rho = 1/v = 1/1.4579 = 0.6859 \text{ kg /Nm}^3$$

Doğalgazın alt ısı değeri=

$$H_u = r_{CH_4} H_{uCH_4} + r_{C_2H_6} H_{uC_2H_6} + r_{C_3H_8} H_{uC_3H_8} + r_{C_4H_{10}} H_{uC_4H_{10}}$$

$$+ r_{C_5H_{12}} H_{uC_5H_{12}}$$

$$H_u = 0.9868 \times 33942.93 + 0.00211 \times 60434.17 + 0.00043 \times 86515.35 + 0.00017 \times 112447.61$$

$$+ 0.00033 \times 138491.63$$

$$H_u = 33724.42 \text{ kJ/Nm}^3 = 8056.48 \text{ kcal/Nm}^3 = 11745.54 \text{ kcal/kg}$$

Doğalgazın üst ısı değeri:

$$H_o = 0.9868 \times 37706.09 + 0.00211 \times 66060.17 + 0.00043 \times 94041.67 + 0.00017 \times 121874.13$$

$$+ 0.00033 \times 149781.1$$

$$H_o = 37458.34 \text{ kJ/Nm}^3 = 8948.48 \text{ kcal/Nm}^3 = 13046 \text{ kcal/kg}$$

Fuel oil'in alt ısı değeri:

$$H_u = 81c + 285(h-o/8) + 22.1s - 6(w + 9h)$$

$$H_u = 81 \times 84.58 + 285(10.9 - 0.4/8) + 22.1 \times 4 - 6.9 \times 10.9$$

$$H_u = 9443 \text{ kcal/kg} = 39528.4 \text{ kJ/kg}$$

Fuel oil'in üst ısı değeri:

$$H_o = 81c + 285(h-o/8) + 22.1s : 81 \times 84.58 + 285(10.9 - 0.4/8) + 22.1 \times 4$$

$$H_o = 10031 \text{ kcal/kg} = 41989.76 \text{ kJ/kg} \text{ (Özkan, Mustafa 1975)}$$

16.2.1. FUEL OIL İÇİN TASARLANAN KAZANDA OCAKTA ISI TRANSFERİ

Ele alınan kazan, üç yollu bir duman borulu bir kazandır.

Buhar miktarı $D_h: 9000 \text{ kg/h}$ (doymuş kuru buhar) $P: 12 \text{ bar}$

Buharın entalpisi $h_b: 665 \text{ kcal/kg}$ $t_s: 188 \text{ C}$

Besleme suyunun entalpisi $h: 90 \text{ kcal/kg}$

Zarf kaybı $k_z=0.03$ Ocak kaybı $k_o: 0.01$

Baca gazı entalpisi $h_a=925 \text{ kcal/kg}$ ($n: 1.1$)

Hava fazlalık katsayısı $n=1.1$

Havanın özgül ısınma ısısı $C_p=0.29552+3.85 \cdot 10^{-5} \cdot t \text{ kcal/Nm}^3 \text{ C}$

$C_p=0.29552+3.85 \cdot 10^{-5} \cdot 12.5$ $t=t_m: 0+25/2=12.5 \text{ C}$

$C_p=0.296 \text{ kcal/Nm}^3 \text{ C}$

Havanın entalpisi

$h_h=C_p \cdot n \cdot L_{\min} \cdot t = 0.296 \cdot 1.1 \cdot 10.552 \cdot 25 = 86 \text{ kcal/kg Y}$

$h_a - h_h = 925 - 86$

Baca kaybı $k_b: \text{-----} = 0.089$

$H_u = 9443$

$D_h(h_b - h) = 9000(665 - 90)$

Yakıt miktarı $B_h: \text{-----} = 629.2 \text{ kg/h}$

$\eta_k H_u = 0.871 \cdot 9443$

Kazan verimi $\eta_k = 1 - (k_z + k_o + k_b) = 1 - (0.03 + 0.01 + 0.089)$

$\eta_k = 0.871$

Ocak verimi $\eta_f = 1 - k_o = 1 - 0.01 = 0.99$

Yakıtın enerjisinin duman gazına geçtiği düşüncesiyle,

Teorik ocak sıcaklığı $I_{tfo} = \eta_f H_u + h_h = 0.99 \cdot 9443 + 86$

$I_{tfo} = 9435 \text{ kcal/kg Y}$

$t_{fo} = 1920 \text{ C}$

Baca sıcaklığı kontrolü:

$$Q = B_h(I_{tfo} - h_a)(1 - kz) = D_h(hb - h)$$

$$D_h(hb - h) \quad 9000(665 - 90)$$

$$h_a : I_{tfo} \quad : 9435 \quad = 956 \text{ kcal/kg}$$

$$B_h(1 - kz) \quad 629.2 (1 - 0.03)$$

$t_a = 225 \text{ C}$ kabul doğru

Radyasyon ısı transferi:

$$Q_r = B_h(I_{tfo} - I_{tf})$$

$$t_f = 800 \text{ C} \quad I_{tf} = 3500 \text{ kcal/kg} \quad Q_r = 629.2(9435 - 3500) = 3.73 \cdot 10^6 \text{ kcal/h}$$

$$t_f = 900 \text{ C} \quad I_{tf} = 4000 \text{ kcal/kg} \quad Q_r = 629.2(9435 - 4000) = 3.42 \cdot 10^6 \text{ kcal/h}$$

$$t_f = 1000 \text{ C} \quad I_{tf} = 4450 \text{ kcal/kg} \quad Q_r = 629.2(9435 - 4450) = 3.13 \cdot 10^6 \text{ kcal/h}$$

$$t_f = 1100 \text{ C} \quad I_{tf} = 4940 \text{ kcal/kg} \quad Q_r = 629.2(9435 - 4950) = 2.83 \cdot 10^6 \text{ kcal/h}$$

$$t_f = 1200 \text{ C} \quad I_{tf} = 5430 \text{ kcal/kg} \quad Q_r = 629.2(9435 - 5430) = 2.52 \cdot 10^6 \text{ kcal/h}$$

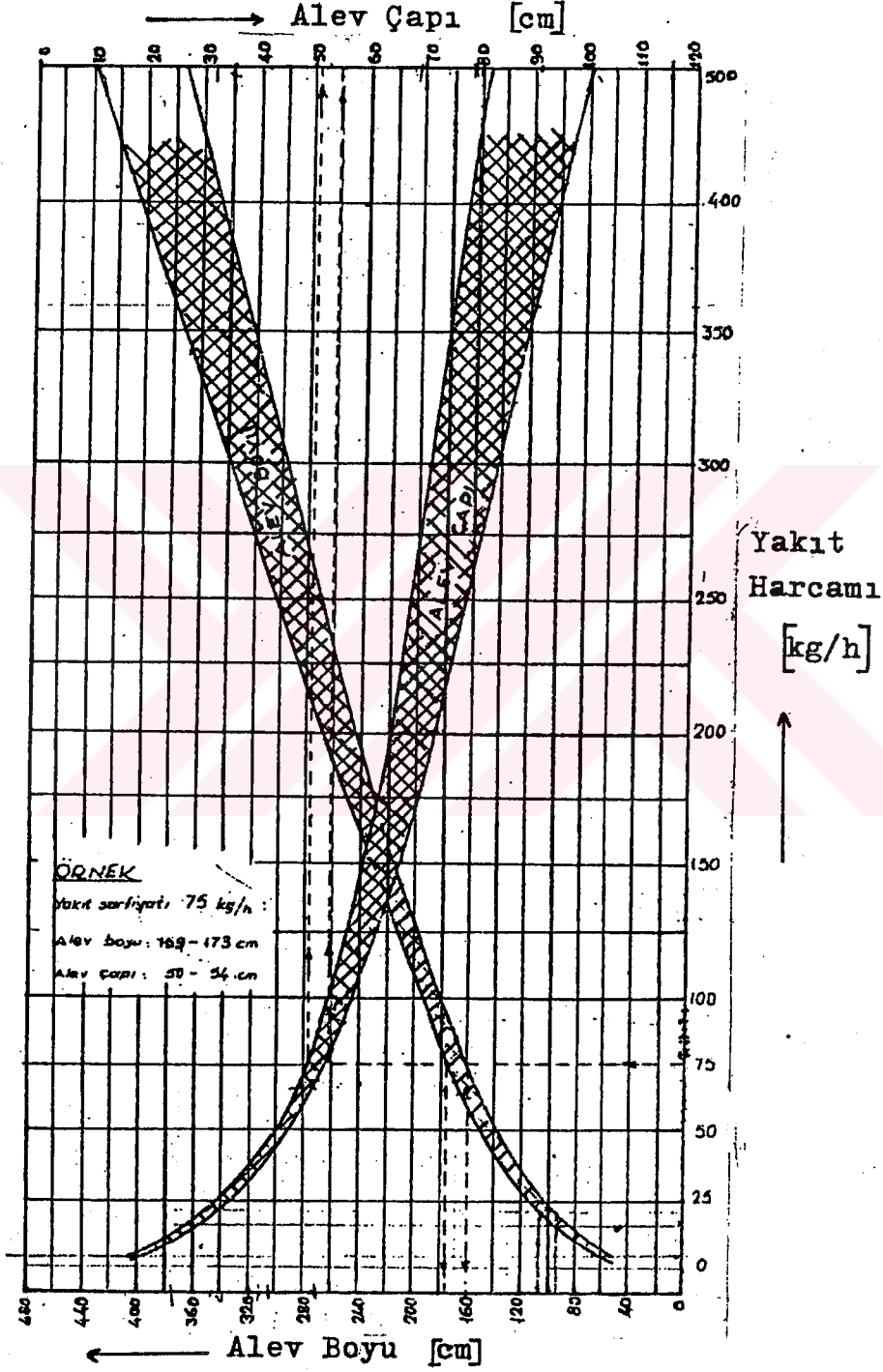
$$t_f = 1300 \text{ C} \quad I_{tf} = 5925 \text{ kcal/kg} \quad Q_r = 629.2(9435 - 5925) = 2.21 \cdot 10^6 \text{ kcal/h}$$

$$t_f = 1400 \text{ C} \quad I_{tf} = 6430 \text{ kcal/kg} \quad Q_r = 629.2(9435 - 6430) = 1.89 \cdot 10^6 \text{ kcal/h}$$

$$\text{Alev boyu } L_f = 3.95 - 4.9 \text{ m} \quad L_f = 4.2 \text{ m}$$

$$\text{Alev çapı } d_f = 0.86 - 1.08 \text{ m} \quad d_f = 0.9 \text{ m} \text{ (Özkan, Mustafa 1975)}$$

Alev boyu ve alev çapı ŞEKİL19 'den alınmıştır.



ŞEKİL 19 Sıvı yakıtlar için alev boyu ve çapı (T.D.D.F Notları 1991)

n:1.3 için

$$t_a=220 \text{ C} \quad h_a=1070 \text{ kcal/kg} \quad h_h=101.5 \text{ kcal/kg} \quad t_{fo}=1720 \text{ C}$$

$$1070 - 101.5$$

$$k_b: \text{-----} = 0.1025$$

$$9443$$

$$\eta_k = 1 - (0.03 + 0.01 + 0.1025) = 0.8575$$

$$B_h = 639.1 \text{ kg/h} \quad I_{tfo} = 9435 \text{ kcal/kg} \quad t_{fo} = 1720 \text{ C}$$

$$9000(665-90)$$

$$h_a: 9435 - \text{-----} = 1087.2 \text{ kcal/kg}$$

$$639.1 \times 0.97$$

$$t_a = 223.4 \text{ C kabul doğru}$$

$$\text{Alev boyu } L_f = 4.1 - 5.1 \text{ m} \quad L_f = 4.2 \text{ m}$$

$$\text{Alev çapı } d_f = 0.88 - 1.12 \text{ m} \quad d_f = 0.95 \text{ m}$$

$$t_f: 800 \text{ C} \quad I_{tf}: 4055 \text{ kcal/kg} \quad Q_r: 639.1(9435-4055): 3.44 \cdot 10^6 \text{ kcal/h}$$

$$t_f: 900 \text{ C} \quad I_{tf}: 4600 \text{ kcal/kg} \quad Q_r: 639.1(9435-4600): 3.09 \cdot 10^6 \text{ kcal/h}$$

$$t_f: 1000 \text{ C} \quad I_{tf}: 5150 \text{ kcal/kg} \quad Q_r: 639.1(9435-5150): 2.73 \cdot 10^6 \text{ kcal/h}$$

$$t_f: 1100 \text{ C} \quad I_{tf}: 5720 \text{ kcal/kg} \quad Q_r: 639.1(9435-5720): 2.37 \cdot 10^6 \text{ kcal/h}$$

$$t_f: 1200 \text{ C} \quad I_{tf}: 6270 \text{ kcal/kg} \quad Q_r: 639.1(9435-6270): 2.02 \cdot 10^6 \text{ kcal/h}$$

$$t_f: 1300 \text{ C} \quad I_{tf}: 6850 \text{ kcal/kg} \quad Q_r: 639.1(9435-6850): 1.65 \cdot 10^6 \text{ kcal/h}$$

$$t_f: 1400 \text{ C} \quad I_{tf}: 7425 \text{ kcal/kg} \quad Q_r: 639.1(9435-7425): 1.28 \cdot 10^6 \text{ kcal/h}$$

$$\text{Alev boyu } L_f: 4.2 \text{ m} \quad \text{Alev çapı } d_f: 0.95 \text{ m}$$

$$\text{Külhan boyu: alev boyu} + \text{emniyet payı} + \text{yakıcı payı}$$

$$L: 4.2 + 0.6 + 0.2: 5 \text{ m}$$

$$\text{Ocak yükü } q_o: 1 \cdot 10 \text{ W/m}^3 : 0.86 \cdot 10 \text{ kcal/m}^3 \text{ h}$$

$$B \cdot H_u + V_h \cdot h_h$$

Ocak hacmi V_o :-----

$$q_o$$

B:Yakacak miktarı kg/s

V_h :hava miktarı Nm^3/s

H_u :yakıtın alt ısıl değeri J/kg

h_h :hava entalpisi J/Nm^3

$$639.1$$

B:----- :0.177 kg/s

V_h :1.3x10.552x0.177

$$3600$$

V_h :2.428 Nm^3/s

h_h :0.296x1.3x10.552x25 :101.51 kcal/kg

h_h :101.51x1.227:124.55 kcal/ Nm^3 :521366 J/Nm^3

H_u :39528 10^3 J/kg

$$39528 \cdot 10^3 \cdot 0.177 + 2.428 \cdot 521366$$

V_o :----- :8.262 m^3

$$1 \cdot 10^6$$

$$4 \cdot 8.262$$

Ocak çapı d_o : ----- :1.58 m d_o :1.6 m alınır.

$$\pi \cdot 4.2$$

d_o

Radyasyon alan yüzey F_r : $\pi d_o L_o$ + ----

4

$$\pi \cdot 1.6^2$$

F_r : $\pi \cdot 1.6 \cdot 4.8$ + ----- :26.14 m^2

4

T_1 : $t_f + 273$ T_2 : $t_s + 273 + (20 - 50)$:188+273+30:491 K

C:Radyasyon katsayısı C:3.6 kcal/ m^3 h K^4 (fuel oıl için)

$$Q_r = C F_r \left[\frac{T_1}{100} - \frac{T_2}{100} \right]^4$$

$$T1:1073 \text{ K } Q_r:3.6 \times 26.14 [(10.73)^4 - (4.91)^4] : 1.19 \cdot 10^6 \text{ kcal/h}$$

$$T1:1173 \text{ K } Q_r:94.104 [(11.73)^4 - (4.91)^4] : 1.72 \cdot 10^6 \text{ kcal/h}$$

$$T1:1273 \text{ K } Q_r:94.104 [(12.73)^4 - (4.91)^4] : 2.41 \cdot 10^6 \text{ kcal/h}$$

$$T1:1373 \text{ K } Q_r:94.104 [(13.73)^4 - (4.91)^4] : 3.30 \cdot 10^6 \text{ kcal/h}$$

$$T1:1473 \text{ K } Q_r:94.104 [(14.73)^4 - (4.91)^4] : 4.37 \cdot 10^6 \text{ kcal/h}$$

$$T1:1573 \text{ K } Q_r:94.104 [(15.73)^4 - (4.91)^4] : 5.70 \cdot 10^6 \text{ kcal/h}$$

$$T1:1673 \text{ K } Q_r:94.104 [(16.73)^4 - (4.91)^4] : 7.32 \cdot 10^6 \text{ kcal/h}$$

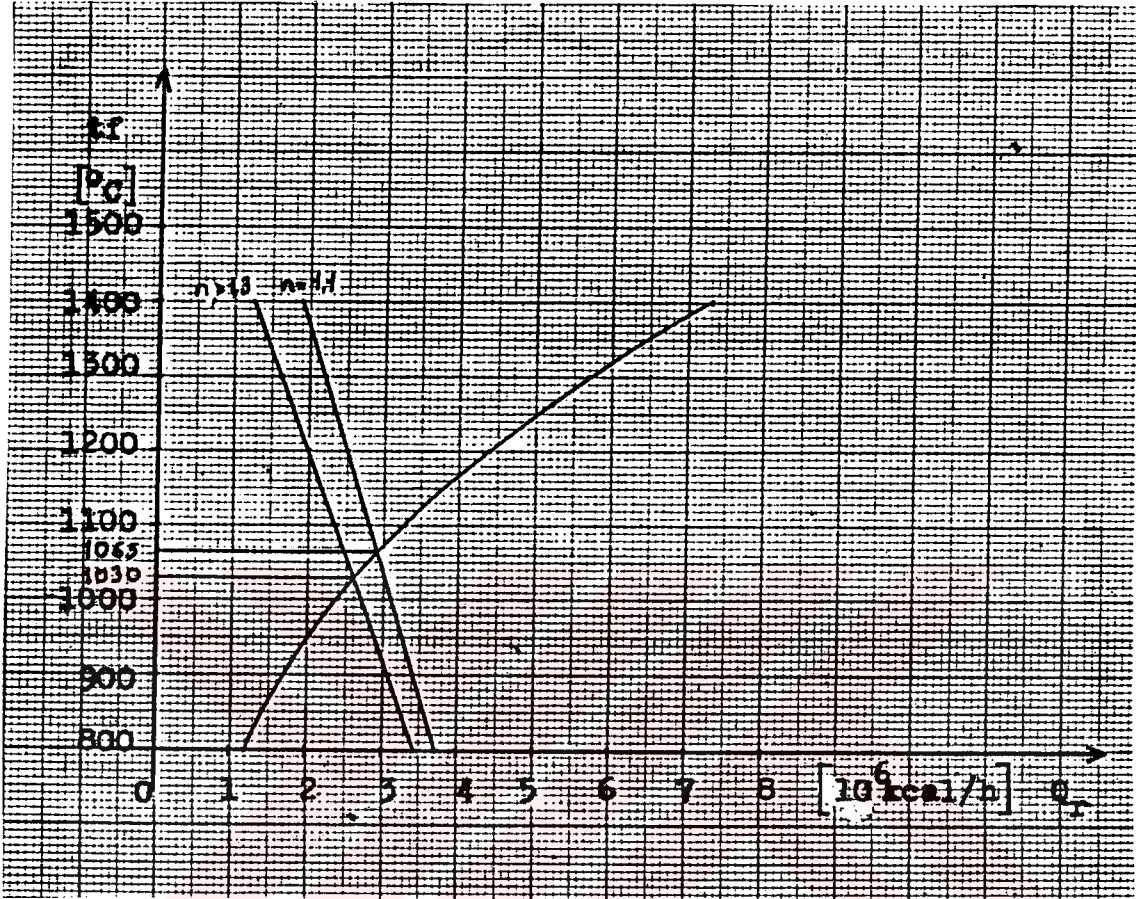
Ocak sıcaklığı (tf)

%10 hava fazlası için tf:1065 C

%30 hava fazlası için tf:1030 C

%10 hava fazlası için $Q_r:2900000 \text{ kcal/h}$

%30 hava fazlası için $Q_r:2600000 \text{ kcal/h}$



ŞEKİL 20 (Onat, Kemal 1973)

Alev borusundaki gazın normal şartlardaki değeri (W_0)

$n:1.1 \quad V_g:12.219 \text{ Nm}^3 \text{ Duman gazı/kg} \quad Y \times 629.2 \text{ kgy/h}$

$V_g:7688.2 \text{ Nm}^3 \text{ Duman gazı/h}$

$n:1.3 \quad V_g:14.3295 \times 639.1:9158 \text{ Nm}^3 \text{ Duman gazı/h}$

$V_g \quad 7688.2$

$W_0: \text{-----}: \text{-----}: 1.062 \text{ m/s}$

$\pi d_0^2 \quad 3600 \quad \pi 1.6^2 \quad 3600$

4

4

Gerçek hız (W)

$$W:W_0 \frac{273+t_f}{273+1065} \frac{273}{273} = 1.062 \frac{273}{273} = 5.205 \text{ m/s}$$

Duman gazı ile cidar arasında konveksiyonla ısı iletim katsayısı

$$k: [3.6 + 0.26 \frac{t}{100} - 0.0076 (\frac{t}{100})^2] \frac{W_0^{0.75}}{d_i^{0.25}} \text{ kcal/m}^2 \text{ h C}$$

$L/d_i < 100$ ise $\alpha'_k: \alpha_k 1.28(L/d_i)$

t: Ortalama akışkan sıcaklığı (C)

di: Boru çapı (m)

L: Boru uzunluğu m

t: 1065 C di: 1.6 m L: 4.8 m

$$\alpha_k: [3.6 + 0.26 \frac{1065}{100} - 0.0076 (\frac{1065}{100})^2] \frac{1.062^{0.75}}{1.6^{0.25}} \text{ kcal/m}^2 \text{ h C}$$

$\alpha_k: 5.122 \text{ kcal/m}^2 \text{ h C}$

$L/d_i: 4.8/1.6 : 3 < 100$ olduğundan

$\alpha'_k: 5.122 \times 1.28 \times 3^{-0.054}: 6.178 \text{ kcal/m}^2 \text{ h C}$

Ocak iç çapı do: 1.6 m

Ocakta konveksiyon ısıtma yüzeyi $F_0: \pi d_o L_0: \pi \times 1.6 \times 4.8$

$$F_0: 24.127 \text{ m}^2$$

$K: \alpha'_k: 6.178 \text{ kcal/m}^2 \text{ h C} : 7.184 \text{ W/m}^2 \text{ C}$

Ocakta konveksiyonla geçen ısı miktarı

$Q_k: K F_0 (t_f - t_w)$ $t_w: 218 \text{ C}$ (Yüzey sıcaklığı)

$Q_k: 6.178 \times 24.127 \times (1065 - 218): 126251 \text{ kcal/h}$

Ocakta toplam ısı transferi:

$$Q: Q_r + Q_k: 2900000 + 126251: 3026251 \text{ kcal/h}$$

Konveksiyonla geçen ısı yüzdesi

$$Q_k: 126251$$

$$\frac{126251}{3026251} = 0.0435 \quad \%4.35 \text{ (Onat, Kemal 1973)}$$

$$Q: 2900000$$

Alev borusunda gaz radyasyonu ısı akışı

$$q_r: \epsilon' d x \epsilon_g x \zeta_o [T_g^4 - T_w^4] \quad (\text{kcal/m}^2 \text{ h})$$

Gaz radyasyon ısı transferi $Q_{rg}: F q_r \quad (\text{kcal/h})$

ϵ_g : Gazın T_g sıcaklığında emisivitesi $\epsilon_g: \epsilon_{CO_2} + \epsilon_{H_2O}$

T_g : Gaz sıcaklığı [K]

T_w : Yüzey sıcaklığı [K]

ζ_o : Siyah cismin radyasyon katsayısı [$\text{kcal/m}^2 \text{hK}^4$]

ϵ_d : Radyasyon alan yüzeyin emisivitesi [$\epsilon_d < 0.8$]

Gazın radyasyonu yüzey tarafından kısmen yutulacak kısmen de yansıtılacaktır. Yansıyan ışınlar gaz kısmen opak olduğundan tekrar yüzeye düşecek, kısmen abzorbsiyona uğrayacak kısmen tekrar gaza doğru böyle devam edecek. O nedenle ϵ_d yerine $(\epsilon_d + 1)/2$ alınır.

$$\frac{\epsilon_d + 1}{2}$$

$$\epsilon'_d: \frac{\epsilon_d + 1}{2} \quad F: \pi x d_o x L_o: 24.127 \text{ m}^2$$

$$\frac{0.85 + 1}{2}$$

$$\epsilon_d: 0.85 \quad \epsilon'_d: \frac{0.85 + 1}{2}: 0.925$$

$$\frac{4.965 \cdot 10^{-8} \text{ kcal/m}^2 \text{hK}^4}{5.774 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{K}^4}$$

$$\zeta_o: 4.965 \cdot 10^{-8} \text{ kcal/m}^2 \text{hK}^4: 5.774 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{K}^4$$

d:alev borusu iç çapı [m]

m:Diyagramdan alınan değer

s:Eşdeğer gaz tabakası kalınlığı [m]

s:d.m:1.6x0.877 :1.4032 m

Fuel oil için

n:1.1 için

$P_{CO_2}:1.033 \times V_{CO_2} \% :1.033 \times 0.1292:0.1335$

$P_{H_2O}:1.033 \times V_{H_2O} \% :1.033 \times 0.0998:0.1031$

$P_{CO_2xs}:0.1873$ $CO_2:0.106$

$P_{H_2Oxs}:0.1446$ $H_2O:0.118$

$T_g:1065$ C $g:0.106+0.118:0.224$

$qr:0.925 \times 0.224 \times 4.965 \times 10^4 [(1338) - (491)]$

$qr:32373.2$ kcal/m² h

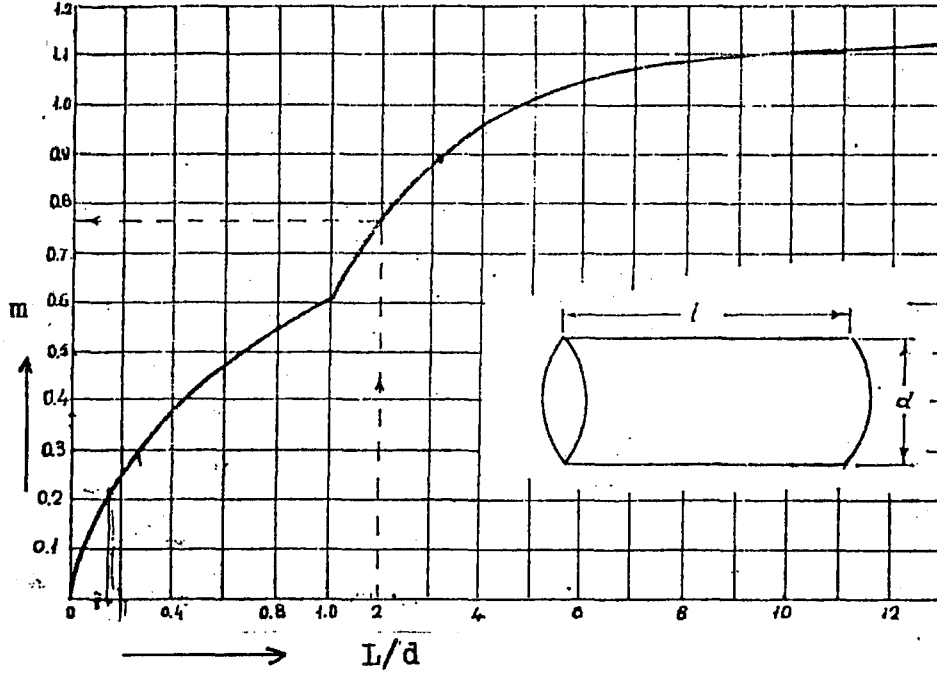
Gaz radyasyonu $Q_r:24.127 \times 32373.2:781068$ kcal/h

Gaz radyasyonunun toplam ocaktaki ısı transferindeki yüzdesi

Q_r 781068

-----:0.2581 %25.81 (Özkan, Mustafa 1973)

Q 3026251



ŞEKİL 21 (Özkan, Mustafa 1973)

n:1.3 için

$$P_{CO_2}: 1.033 \times 0.1102 : 0.1138$$

$$P_{H_2O}: 1.033 \times 0.0851 : 0.088$$

$$P_{CO_2, s}: 0.1596 \quad P_{H_2O, s}: 0.1235 \quad T_g: 1030 \text{ C}$$

$$\epsilon_g: 0.218 \quad \epsilon_{CO_2}: 0.102 \quad \epsilon_{H_2O}: 0.116$$

$$q_r: 0.925 \times 0.218 \times 4.965 \cdot 10^{-8} [(1303)^4 - (491)^4]$$

$$q_r: 28278 \text{ kcal/m}^2\text{h}$$

$$\text{Gaz radyasyonu } Q_{rg}: 24.127 \times 28278 : 682263 \text{ kcal/h}$$

$$W_o: 1.265 \text{ m/s} \quad k: 6.575 \text{ kcal/m}^2\text{hC}$$

$$\alpha'k: 7.931 \text{ kcal/m}^2\text{hC} \quad Q_k: 155377 \text{ kcal/h}$$

$$Q: Q_r + Q_k: 2755377 \text{ kcal/h}$$

Q_{rg} 682263

-----:0.2476 % 24.76

Q 2755377

Q_k 155377

-----:0.0564 % 5.64

Q 2755377

16.2.2. DOĞALGAZA DÖNÜŞÜM YAPILAN KAZANDA OCAKTA ISI TRANSFERİ

Ele alınan kazan fuel oil için tasarlanmış olan mevcut kazandır .
Bu kazan doğalgaza dönüştürüldüğünde ocaktaki ısı transferi incelenecektir.

Alt ısı değeri H_u :8056 kcal/Nm³ :11745 kcal/kg

Zarf kaybı k_z :0.03 Ocak kaybı k_o :0.005 η_f :0.995

n:1.1 için

Havanın entalpisi h_H :0.296x1.1x9.4613x25:77 kcal/Nm³

Baca gazı sıcaklığı t_a :200 C h_a :770 kcal/Nm³

770-77

Baca kaybı k_b :-----:0.086

8056

Kazan verimi η_k :1-(0.03+0.005+0.086):0.879

9000(665-90)

Yakıt miktarı B_H :-----:501.2 kg/h :730.7Nm³/h

0.879x11745

Teorik ocak sıcaklığı (tfo)

$$I_{tfo}: 0.995 \times 8056 + 77:8093 \text{ kcal/Nm}^3$$

$$tfo: 1855 \text{ C}$$

Baca sıcaklığı kontrolü

$$9000(665-90)$$

$$h_a: 8093 - \text{-----}: 792 \text{ kcal/Nm}^3$$

$$730.7 \times 0.97$$

$$t_a: 205.5 \text{ C yeterli}$$

Radyasyon ısı transferi

$$Q_r: B_h(I_{tfo} - I_{tf})$$

$$t_f: 800 \text{ C } I_{tf}: 3245 \text{ kcal/Nm}^3 \quad Q_r: 730.7(8093 - 3245): 3.54 \cdot 10^6 \text{ kcal/h}$$

$$t_f: 900 \text{ C } I_{tf}: 3680 \quad " \quad Q_r: 730.7(8093 - 3680): 3.22 \cdot 10^6 \text{ kcal/h}$$

$$t_f: 1000 \text{ C } I_{tf}: 4125 \quad " \quad Q_r: 730.7(8093 - 4125): 2.89 \cdot 10^6 \text{ kcal/h}$$

$$t_f: 1100 \text{ C } I_{tf}: 4570 \quad " \quad Q_r: 730.7(8093 - 4570): 2.57 \cdot 10^6 \text{ kcal/h}$$

$$t_f: 1200 \text{ C } I_{tf}: 5030 \quad " \quad Q_r: 730.7(8093 - 5030): 2.20 \cdot 10^6 \text{ kcal/h}$$

$$t_f: 1300 \text{ C } I_{tf}: 5485 \quad " \quad Q_r: 730.7(8093 - 5485): 1.90 \cdot 10^6 \text{ kcal/h}$$

$$t_f: 1400 \text{ C } I_{tf}: 5960 \quad " \quad Q_r: 730.7(8093 - 5960): 1.55 \cdot 10^6 \text{ kcal/h}$$

n: 1.05 için

$$k_z: 0.03 \quad k_o: 0.005 \quad f: 0.995$$

$$h_h: 0.296 \times 1.05 \times 9.4613 \times 25: 73.51 \text{ kcal/h}$$

$$t_a: 200 \text{ C} \quad h_a: 722 \text{ kcal/Nm}^3$$

$$722 - 73.51$$

$$k_b: \text{-----}: 0.0805$$

$$8056$$

$$\eta_k: 1 - (0.03 + 0.005 + 0.0805): 0.8845$$

9000(665-90)

Bh:-----:498.15 kg/h:726.25 Nm³/h

0.8845x11745

I_{tfo}:8093 kcal/Nm³ tfo:1900 C**Baca sıcaklığı kontrolü**

9000(665-90)

h_a:8093- -----:746 kcal/Nm³ ta:205 C

726.25x0.97

Radyasyon ısı transferiQ_r:Bh(I_{tfo}-I_{tf})tf:800C I_{tf}:3120kcal/Nm³ Q_r:726.25(8093-3120)3.6110⁶kcal/htf:900C I_{tf}:3530 " Q_r:726.25(8093-3530):3.31 10⁶ "tf:1000C I_{tf}:3960 " Q_r:726.25(8093-3960):3.00 10⁶ "tf:1100C I_{tf}:4385 " Q_r:726.25(8093-4385):2.69 10⁶ "tf:1200 C I_{tf}:4825 " Q_r:726.25(8093-4825):2.37 10⁶ "tf:1300 C I_{tf}:5265 " Q_r:726.25(8093-5265):2.05 10⁶ "tf:1400 C I_{tf}:5725 " Q_r:726.25(8093-5725):1.72 10⁶ "**Radyasyon ısı transferi**

T1 T2

Q_r:CxF_r[(-----)⁴ -(-----)⁴] C:2.2 kcal/m²hk⁴(doğalgaz için)

100 100

F_r:26.14 m² T1:tf+273 K T2:491 KT1:1073 K Q_r:2.2x26.14[(10.73)⁴ -(4.91)⁴]:0.73 10⁶ kcal/hT1:1173 K Q_r:57.508[(11.73)⁴ -(4.91)⁴]:1.05 10⁶ kcal/hT1:1273 K Q_r:57.508[(12.73)⁴ -(4.91)⁴]:1.47 10⁶ kcal/hT1:1373 K Q_r:57.508[(13.73)⁴ -(4.91)⁴]:2.01 10⁶ kcal/hT1:1473 K Q_r:57.508[(14.73)⁴ -(4.91)⁴]:2.67 10⁶ kcal/hT1:1573 K Q_r:57.508[(15.73)⁴ -(4.91)⁴]:3.48 10⁶ kcal/h

$$T1:1673 \text{ K } Q_r:57.508[(16.73)^4 -(4.91)^4]:4.47 \cdot 10^6 \text{ kcal/h}$$

Ocak sıcaklığı(tf)

% 5 hava fazlası için tf:1170 C

% 10 hava fazlası için tf:1155 C

% 5 hava fazlası için $Q_r:2450000 \text{ kcal/h}$

% 10 hava fazlası için $Q_r:2350000 \text{ kcal/h}$

Alev borusunda gazın normal şartlardaki değeri (W_0)

$$n:1.05 \quad V_g:10.93524 \times 726.25 :7941.72 \text{ Nm}^3 \text{ Duman gazı/h}$$

$$n:1.1 \quad V_g:11.408 \times 730.7 :8335.82 \text{ Nm}^3 \text{ Duman gazı/h}$$

$$8335.82$$

$$W_0: \text{-----}:1.152 \text{ m/s}$$

$$(\pi/4) 1.6^2 3600$$

$$273+1155$$

$$\text{Geçek hız } W:1.152 \text{ -----}:6.026 \text{ m/s}$$

$$273$$



ŞEKİL 22

Duman gazı ile yüzey arasında konveksiyonla ısı iletim katsayısı:

$$k: \frac{1155}{100} \left[3.6 + 0.26 \frac{1155}{100} - 0.0076 \left(\frac{1155}{100} \right)^2 \right]^{-0.25} = 5.526 \text{ kcal/m}^2\text{hC}$$

L/di:3<100 olduğundan

$$\alpha'k: 5.526 \times 1.28 \times 10^{-3} - 0.054 = 6.666 \text{ kcal/m}^2\text{h C}$$

Ocakta konveksiyon ısıtma yüzeyi $F_o: 24.127 \text{ m}^2$

$$Q_k: 6.666 \times 24.127 \times (1155 - 218) = 150698 \text{ kcal/h}$$

$$Q: Q_r + Q_k: 2350000 + 150698 = 2500698 \text{ kcal/h}$$

Konveksiyonla geçen ısı yüzdesi

$$\frac{Q_k}{Q} = \frac{150698}{2500698} = 0.060 \quad \%6$$

$$Q = 2500698$$

Alev borusunda gaz radyasyonu

$$\epsilon_d: 0.85 \quad \epsilon'_d: 0.925$$

$$\epsilon_o: 4.965 \times 10^{-8} \text{ kcal/m}^2\text{hk}^4 = 5.774 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$$

Eşdeğer gaz tabakası kalınlığı $s: 1.4032 \text{ m}$

$$P_{CO_2}: 1.033 \times 0.0872 = 0.090 \quad P_{CO_2} \cdot s: 0.1263$$

$$P_{H_2O}: 1.033 \times 0.1739 = 0.1796 \quad P_{H_2O} \cdot s: 0.2520$$

$$T_g: 1155 \text{ C} \quad \epsilon_{CO_2}: 0.094 \quad \epsilon_{H_2O}: 0.116 \quad \epsilon_g: 0.210$$

$$q_r: 0.925 \times 0.210 \times 4.965 \times 10^{-8} [(1482)^4 - (491)^4]$$

$$q_r: 39544 \text{ kcal/m}^2\text{h}$$

Gaz radyasyonu

$$Q_{rg}: F \cdot q_r: 24.127 \times 39544 = 954078 \text{ kcal/h}$$

Ocakta gaz radyasyonu yüzdesiQ_{rg} 954078

-----:-----:0.3815 % 38.15 (Özkan, Mustafa 1975)

Q 2500698

n:1.05 içinW_o:1.097 m/s W:5.798 m/s α_k :5.339 kcal/m²h C α'_k :6.440 kcal/m²h CQ_k:147920 kcal/hQ:Q_r +Q_k:2450000+147920 :2597920 kcal/hQ_k 147920

-----:-----:0.057 % 5.7

Q 2597920

PCO₂:1.033x0.0909 :0.094 PCO_{2.s} :0.1319PH₂O:1.033x0.1814 :0.1874 PH₂O.s :0.2629T_g:1170 C ϵ_{CO_2} :0.093 ϵ_{H_2O} :0.114 ϵ_g :0.207q_r:0.925x0.207x4.965 10⁻⁸[(1443)⁴ -(491)⁴]q_r:40666.4 kcal/m²h C**Gaz radyasyonu**Q_{rg}:24.127x40666.4 :981158 kcal/hQ_{rg} 981158

-----:-----:0.3780 % 37.8

Q 2597920

Bu hesaplardan da görüldüğü gibi, doğalgaz kullanılmasıyla fuel oil'e göre radyasyon ısı transferi azalmaktadır. Ocak sıcaklığı 100-

130 C doğalgaz kullanımında artmaktadır.Tabii ocak sıcaklığı hava fazlasına ve uygun yakıcı kullanılmasına göre değişimler gösterir. Doğalgaz da, gaz radyasyonu yüzdesi artmaktadır.

16.3. KAZANLARIN DOĞALGAZA DÖNÜŞÜMÜNDE ELDE EDİLEN SONUÇLAR

Bu bölümde, kazanlarda fuel oil ve doğalgaz kullanılarak yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar, dönüşüm yapılırken nelere dikkat edilmesi gerektiği hakkında bilgiler verilecektir.

16.3.1. KAZANDA YAKITLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

Kazanlarda dönüşüm işlemi yapılmadan önce kazanın tasarlanıldığı yakıt ve kullanılacak olan doğalgazın özelliklerinin bir kez daha gözden geçirilmesinde yarar vardır.Tablo 5'da çeşitli yakıtların özellikleri gösterilmektedir.

1)Fuel oil'in içindeki karbon miktarı doğalgazla kıyaslandığında yaklaşık olarak % 11 daha fazladır.

2)Doğalgazın içindeki hidrojen miktarı fuel oil ile kıyaslandığında 2 kat, kömürle kıyaslandığında 7 kat daha fazladır.

3)Kömür ve fuel oil dikkate değer miktarda kükürt içerirler. Kömürün içindeki kükürt, çeşitli kömürlere göre %1-7 arasında değişir. Fuel oil'in kükürt miktarı ise kompozisyona bağlı olarak %2-4 arasındadır.Doğalgazda ise kükürt yoktur.

4)Kül genellikle kömürün içinde bulunur.Bu oran çeşitli türlere göre %10'u bulmaktadır. Fuel oil de ise oldukça az miktarlarda bulunmaktadır. (Isısan çalışmaları No:45)

5)Kömürde nem oranı yüksektir.Fuel oil'de yok denecek kadar az nem bulunmaktadır. Doğalgazda ise nem yoktur.

6)Isı birimleri aynı olmak koşulu ile bir ısı birimi için fuel oil'in ve doğalgazın kullandığı teorik hava miktarı hemen hemen aynıdır.

7)Doğalgazın yanması sonucu oluşan su buharı, fuel oil'in yanması sonucu oluşan su buharının yaklaşık 1.7 katıdır. Kömüre göre bu oran 3-4 olmaktadır. (T.D.D.F Notları 1991)

8)Kömür'ün ve fuel oil'in yanma ürünlerinde dikkate değer miktarda kükürt dioksit görülmesine rağmen doğalgazın yanma ürünlerinde kükürt dioksit görülmemektedir.

9)Baca gazındaki suyun çığlenme sıcaklığı kömürde 35 C, fuel oil'de 49 C, doğalgazda 56 C'dir.(Tobinsky et al 1984)

Tablodaki çığlenme sıcaklıkları suya göre verilmiştir.Oysa asitin çığlenme sıcaklığı kükürt miktarına bağlı olarak fuel oil'de 120-140 C arasındadır.Bu sıcaklık kömür kullanılması durumunda daha düşüktür.Kömürde fuel oil'e göre daha az kükürt vardır.Mevcut kükürtün %10'u da külde kalır. Sistemlerde baca gazı sıcaklığı, kullanılan yakıtta göre asitin çığlenme sıcaklığı dikkate alınarak ayarlanır. Fuel oil ve kömür kullanılması durumunda baca gazı sıcaklığının, asitin çığlenme noktası sıcaklığının altına düşmesi korozyona, dolayısıyla sistemin ömrünün azalmasına neden olur. Doğalgaz ile çalışma durumunda sisteme ekonomizer ilave etmek suretiyle baca gazı sıcaklığı 50-60 C'a kadar düşürülebilir. Ekonomizer ilave edilen sistemin çift yakıtla çalıştırılması söz konusu ise fuel oil'in kullanılması durumu göz önüne alınarak ekonomizerden önce bir by pass hattının yapılması gerekir.

16.3.2. KAZAN İÇİNDEKİ ISI TRANSFERİ

Fuel oil'e göre tasarlanmış bir kazanın doğalgaza dönüştürülmesi düşünüldüğünde yakıt değişiminin kazanda ne tür etkiler yaptığının araştırılması gerekir. Doğalgazın kullanılması termal performansı, ısı transferi ve dağılımını etkileyebilmektedir. Fuel oil ile doğalgaz arasındaki en önemli fark, fuel oil alevinin daha parlak olmasıdır. Doğalgaz alevinin fuel oil'e göre daha mat yada daha az parlak oluşu duman borulu kazanlarda alev borusu içindeki radyasyon ısı transferinin azalmasına dolayısıyla alev borusundan ayrılan gazların daha sıcak olmasına neden olur. Bu da duman boruları girişindeki gaz sıcaklığının yükselmesine böylece ayna malzemesinin bozulmasına neden olabilecek sıcaklık yükselmelerine neden olabilir. Yurt dışındaki bazı kazan imalatçıları, fuel oil'in yandığı durumda alev borusu sonunda elde edilen gaz sıcaklığının doğal gaz yandığında da elde edilebilmesi için, dönüşüm yapıldığında, kazanın %15-40 daha az yükte çalıştırılmasını önermektedirler. Bu oran kazanın tipine ve alev borusu içindeki ısı transferine göre değişebilmektedir. Şüphesiz, kazanın kapasitesinin altında çalıştırılması hoş olan birşey değildir.

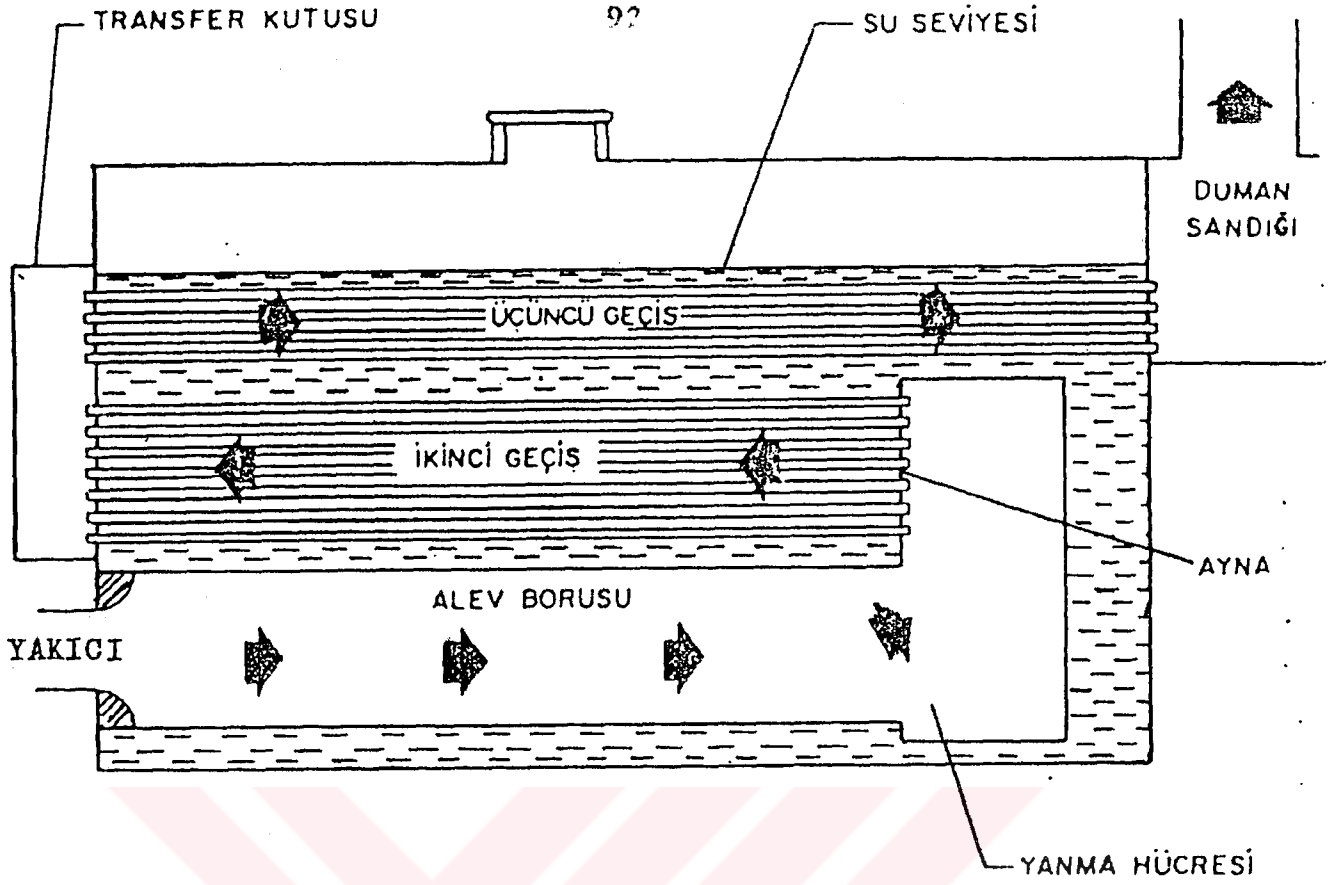
Doğalgaz ve fuel oil kullanılması durumunda ortaya çıkan farklılıkları saptamak amacıyla çeşitli deneyler yapılmıştır. Aynı termal input ve hava fazlalığı koşullarında alev borusu sonundaki gaz sıcaklığının, doğalgazın yanması durumunda fuel oil'e göre yaklaşık 130-150 C fazla olduğu bulunmuştur. Buna karşı metal sıcaklığında en fazla 25 C lik bir artış görülmüştür. Yanma yoğunluğunun fazla olduğu kazanlarda alev borusu sonundaki gaz sıcaklığıda fazla olmaktadır. Deneyler sırasında arkası kuru tip duman borulu

kazanlarda metal sıcaklığının, arkası su hacimli duman borulu kazanlara göre daha fazla olduğu gözlenmiştir.

Şekil 23'de gösterilen arkası su hacimli duman borulu bir kazanda yapılan deneylerde, düşük yükte çalışma durumunda alev borusu sonundaki gaz sıcaklığında yaklaşık 100 C'lik bir artış görülürken, fazla yükte çalışmada bu fark 150 C olmaktadır. Buna karşılık duman boruları uçlarındaki metal sıcaklığında 20 C'lik bir artış görülürken aynadaki metal sıcaklığı yalnızca 12 C artmıştır. Kazanın yük durumuna göre bulunan sonuçlar şekil ve şekil 'de gösterilmiştir. Şekillerden de görüleceği gibi metal sıcaklığındaki ortalama artış 15 C olmaktadır. (Krivandin et al 1975)

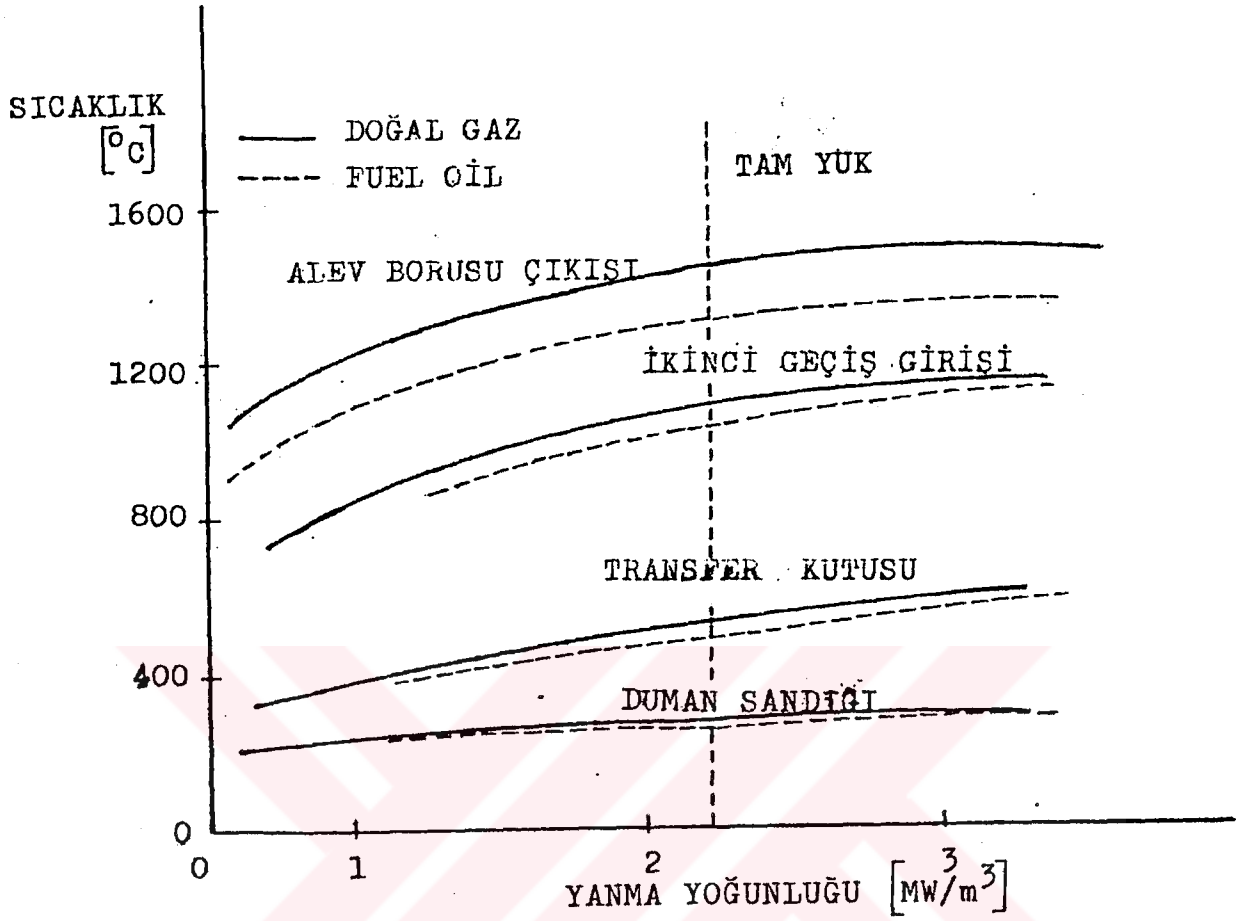
Bu arada yanma için kullanılan hava fazlalığının sıcaklıklar üzerindeki etkileri de incelenmiştir. Hava fazlalığındaki artış alev borusu ve yanma hücresi içindeki ısı transferini etkilemektedir. Maksimum ve ortalama alev sıcaklığı azalmaktadır, kütle akımının artması sonucu konveksiyon ısı transferi artmaktadır. Hava fazlalığının gaz ve metal sıcaklığı üzerindeki etkisi, doğalgazın ve fuel oil'in yakılması durumu için şekil de gösterilmiştir. Şekillerden de görülebildiği gibi hava fazlalığının artması gaz sıcaklığını oldukça etkilemektedir, bu etki doğalgazda daha fazladır, buna karşılık metal sıcaklığında fazla bir değişme olmamaktadır. Bu sıcaklıkları etkileyen en önemli etken yakıcı kazan uyumu, başka bir deyişle alevin durumudur. Daha ince ve uzun bir alevin, gaz ve metal sıcaklığını etkileyeceği unutulmamalıdır. Yakıcıdan elde edilen alevin alev borusu geometrisiyle uyum içinde olması gerekir.

Şekil 28 'de bir örneği gösterilen arkası kuru tip duman borulu kazanlarda alev borusu arkasındaki tuğladan oluşan yansıma, ayna ve duman borusu uçlarındaki ısı akışının, arkası su hacimli kazanla-

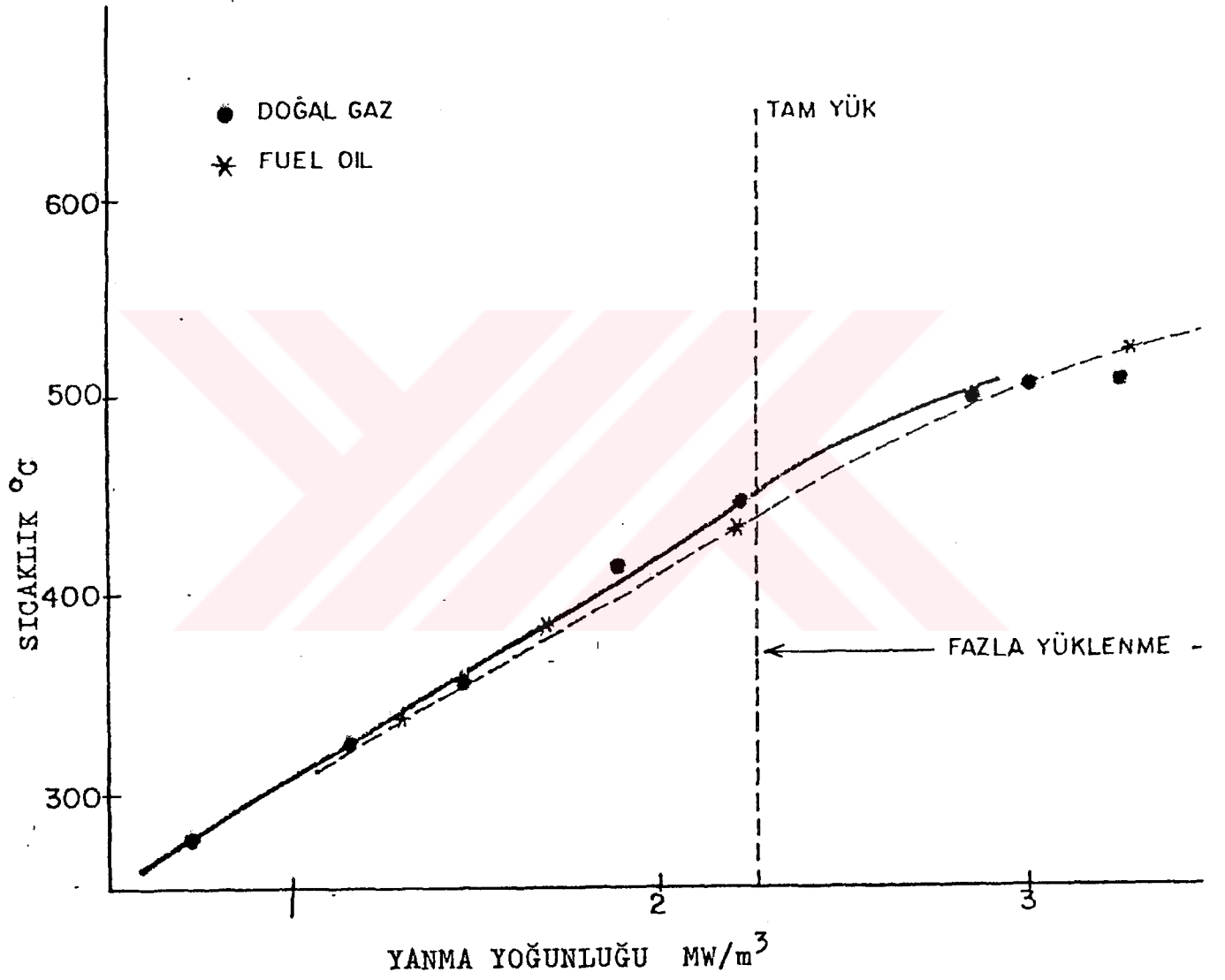


ŞEKİL 23 Arkası su hacimli duman borulu kazan (Onat,Kemal 1973) ra göre daha fazla olmasına neden olur.Ayrıca arkası su hacimli kazanlara göre bu kazanlarda su hacminin az oluşu, duman borusu girişindeki gaz sıcaklığının daha yüksek olmasına neden olur.Böyle bir kazanda yanma yoğunluğuna göre gaz ve metal sıcaklıkları şekil 'de gösterilmiştir.Bu kazanlarda da yakıcının doğru seçilmesiyle fazla problem ortaya çıkmamaktadır.

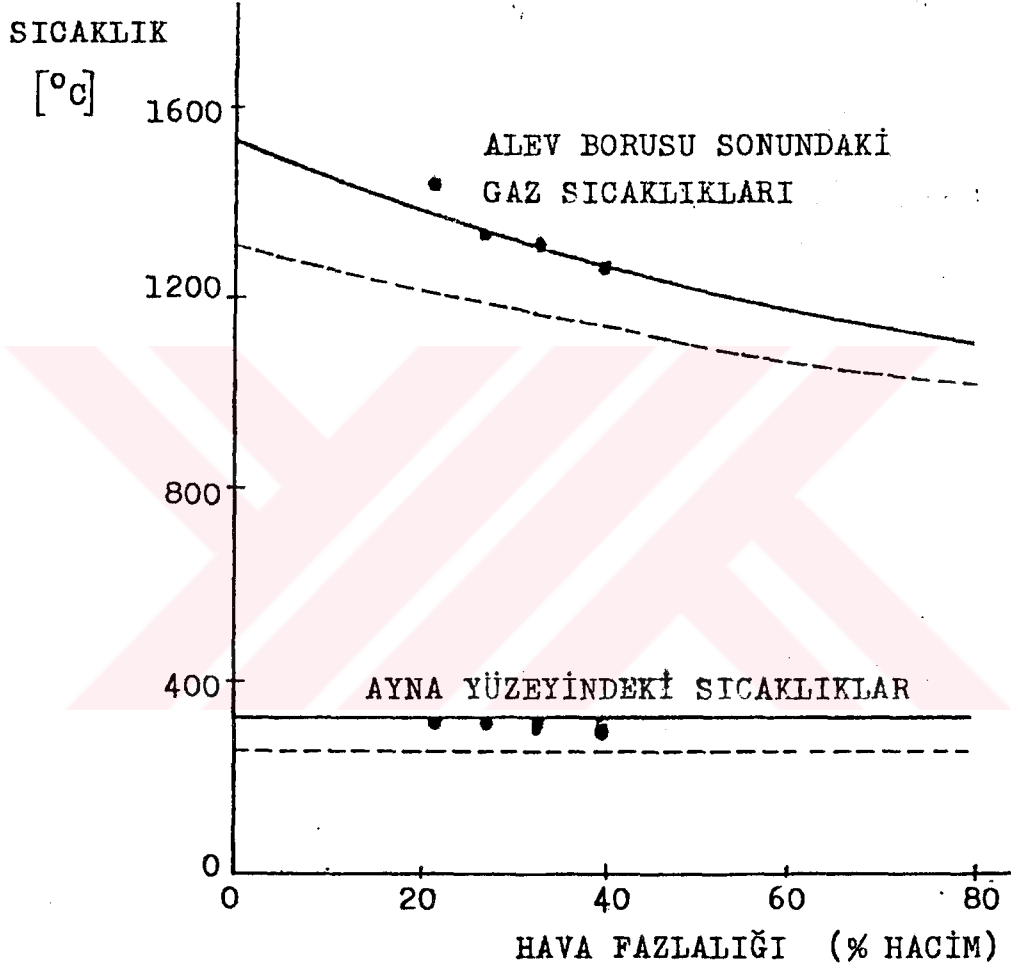
Su borulu kazanlarda, yanma odasından çıkan gazların sıcaklığı, doğalgazın kullanılmasında fuel oil kullanılması durumuna göre daha fazladır.Bu durum yanma koşullarına bağlı olarak kızdırıcı sıcaklığını etkileyebilmektedir.Kızdırıcı sıcaklığının istenen seviyede tutulabilmesi için kızdırcılardaki sürgüler kullanılabilir. Kömürden dönüşüm yapıldığında kızdırıcı sıcaklığında aşırı artışlar



ŞEKİL 24 Kazan içindeki gaz sıcaklıkları (Onat ve diğerleri 1988) görülmektedir. Doğalgaz kullanımında, yanma odası çıkışında gaz sıcaklığının yüksek olmasına rağmen kızdırıcılardaki kütle akımının kömüre göre daha az oluşu bu iki farklılığın birbirini dengelemesine neden olur. Ayrıca, doğalgaz kullanımı, su boruları ve kızdırıcılarda kirliliğe neden olmadığı için çalışma boyunca ısı transfer koşulları da aynı kalmaktadır.

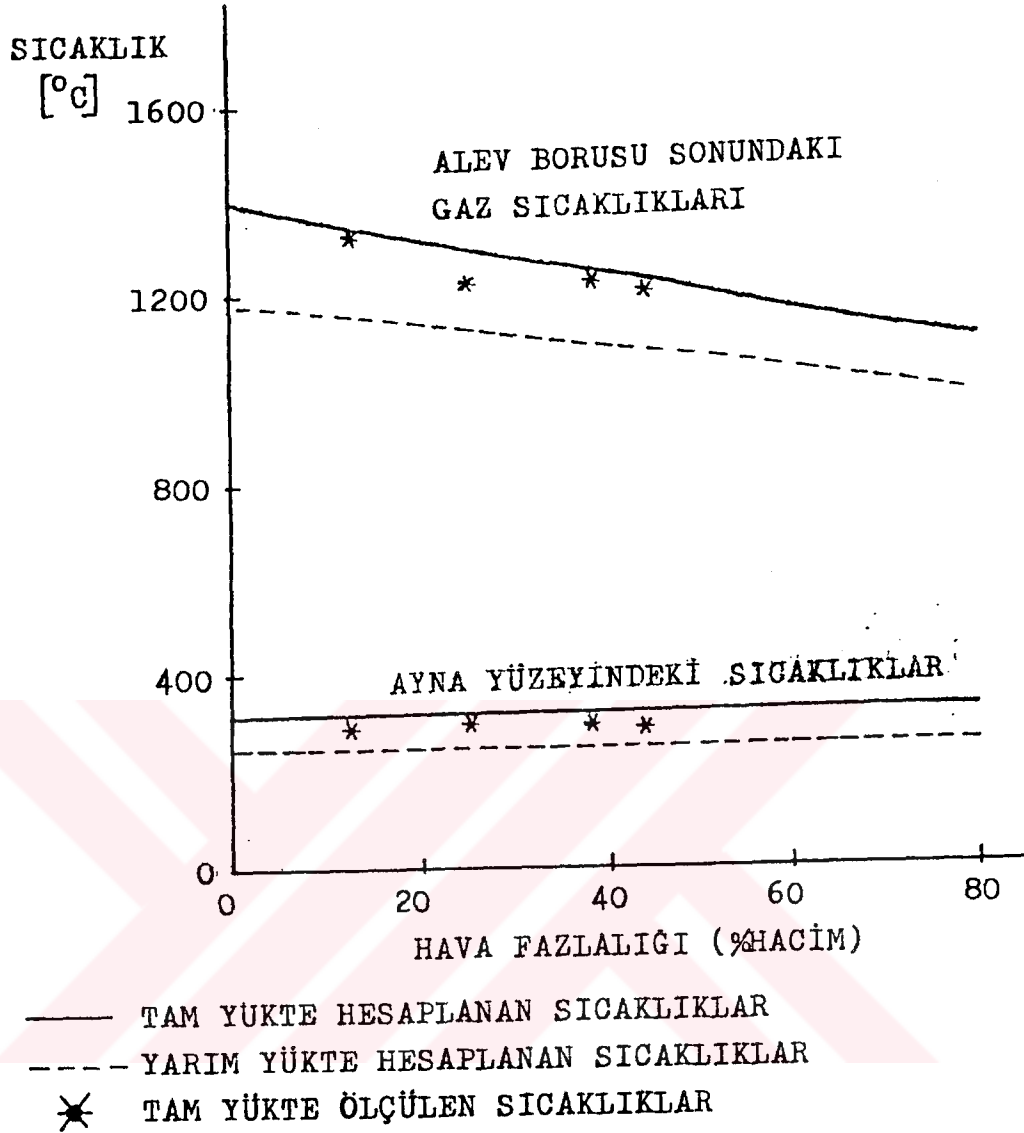


ŞEKİL 25 Doğalgaz ve Fuel oil kullanımında duman borusu uçlarındaki sıcaklıkların karşılaştırılması(Önönü,Eren 1991)



- TAM YÜKTE HESAPLANAN SICAKLIKLAR
- YARIM YÜKTE HESAPLANAN SICAKLIKLAR
- TAM YÜKTE ÖLÇÜLEN SICAKLIKLAR

ŞEKİL 26 Doğalgazın yanması durumunda fazla havanın yanma ürünleri ve metal üzerindeki etkisi(Çetinkaya,Uğur 1993)



ŞEKİL 27 Fuel oil yanması durumunda fazla havanın yanma ürünleri ve metal sıcaklığı üzerindeki etkisi(Çetinkaya,Uğur 1993)

16.3.3. DÖNÜŞÜMDE DİKKAT EDİLECEK KONULAR

Duman borulu kazanlarda doğru seçilmiş ve iyi ayarlanmış bir yakıcı kullanılması durumunda fuel oil ve doğalgaz kullanımı arasında belirgin farklılıklar görülmemektedir, ortaya çıkan metal sıcaklıkları farklılıkları ise oldukça küçüktür.

Yakıcı-kazan uyumunun iyi olmadığı durumlarda metal sıcaklıklarını azaltmak için çeşitli teknikler vardır.

1) Tuğla duvarlar kullanılabilir.

2) Zarar görebilecek alanların koruyucu kılıflar ile kaplanması suretiyle duman boru uçları korunabilir.

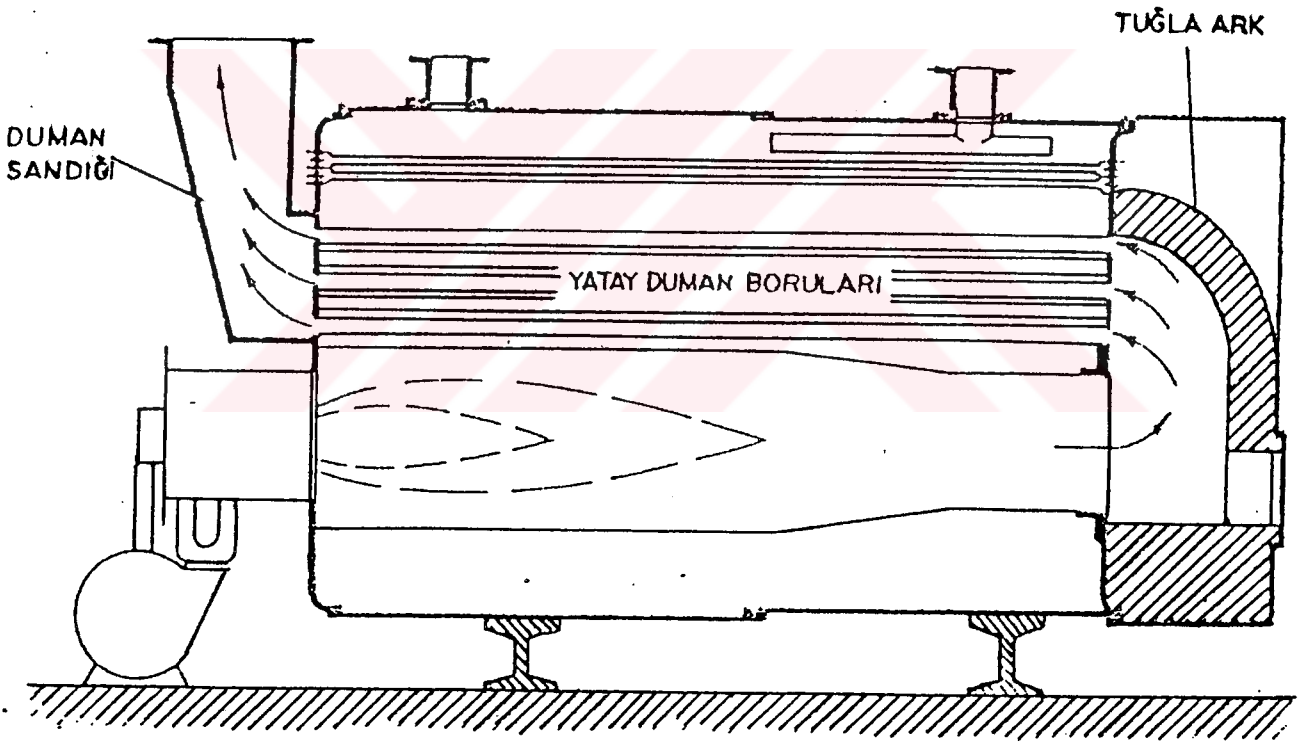
Metal sıcaklıklarında kullanılan yakıta göre bulunan farklılıklar su tarafındaki koşullardan ötürü meydana gelen farklılıklarla kıyaslandığında oldukça düşük kalır. % 16 fazla havayla yapılan deneylerde, su tarafının temiz ve kirli oluşuna göre bulunan metal sıcaklıkları gösterilmiştir.

Şekilden de görüldüğü gibi su tarafının koşullarına göre % 100 yükte çalışan bir kazanda duman boursu uçlarındaki metal sıcaklığı 94 C değişmektedir. Bu fark % 70 yüklemde 60 C olmaktadır. Görüldüğü gibi su arıtımının iyi olmaması kazan içindeki metal sıcaklıklarını çok fazla etkilemektedir. (Ahmet, Arısoy 1992)

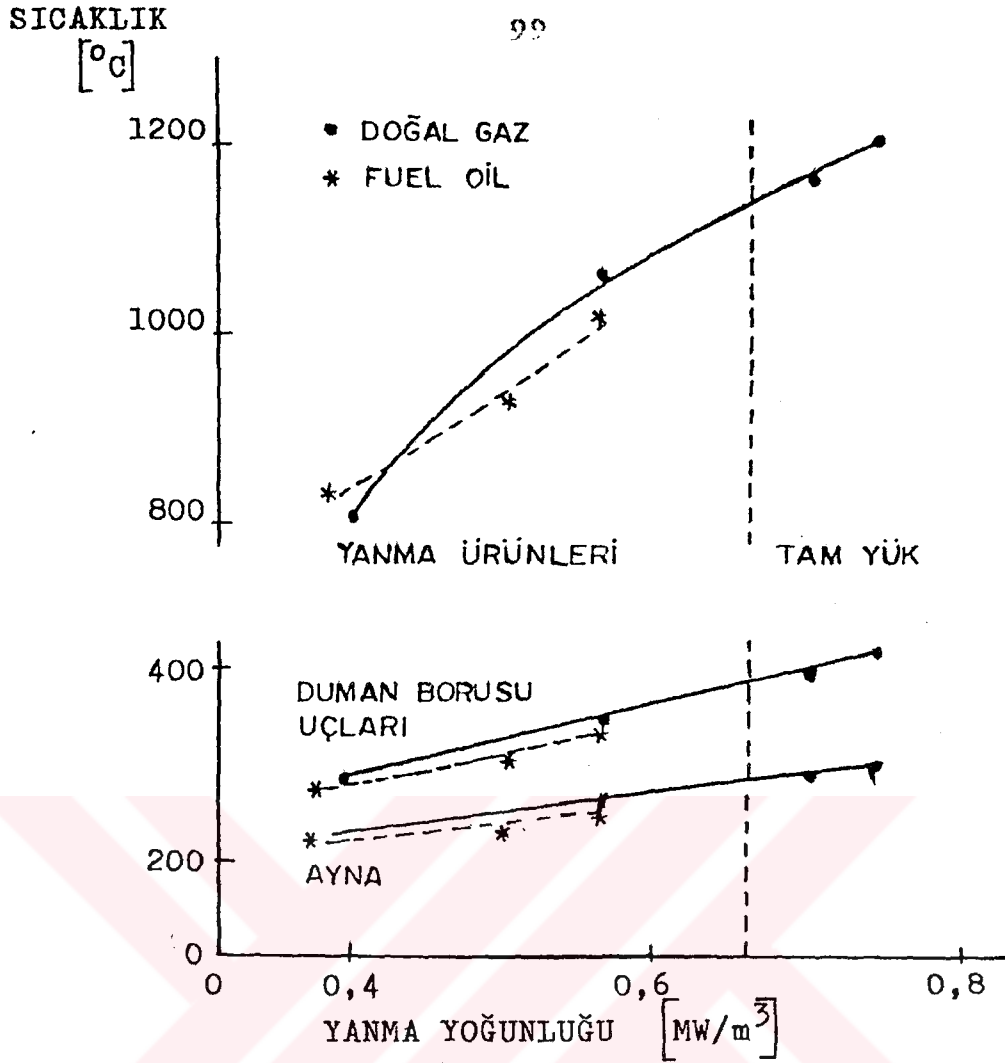
Dönüşüm için en uygun zaman kazanların yıllık bakım ve onarımlarının yapıldığı zamandır. Bu arada ısı transfer yüzeylerinin temizlenmesi, tuğlaların gözden geçirilmesi gerekir.

Kömürden dönüşümde yanma odasında bazı değişiklikler yapılması gerekir. Bu yanma odaları için 2016 C'lık ateş tuğlası ve ızalasyon harçlı çimento kullanılması tavsiye edilir. Bu yanma odalarının tavsiye edilen minimum duvar kalınlıkları ve zemin alanları maksimum ısı kapasitesine göre düzenlenir. Yanma odası duvarları yüksekliği genellikle ızgara hattı ile belirlenir. Yan ve ön duvarlar ızgara hattından 5.08 cm yüksek yapılır. Arka duvarlar, yan ve ön duvarlardan 1 ve 2 tuğla sırası daha yüksek yapılır. Arka duvarın üstüne sıcak gazları saptırmak için bir çıkıntı yapılabilir. Bu çıkıntı için sert ateş tuğlası kullanılması

gerekir.Eğer yanma odası, kullanılan zeminin üzerine direkt olarak yerleştirilirse bir asbest tabakası yanma odası altına serilmelidir.Eğer yanma külhanının zemininden kaldırılmış, yükseltilmiş olursa sıradan tuğla kullanılabilir.Geriye kalan açık yer



ŞEKİL 28 Arkası kuru tip duman borulu kazan (Lisovski, Joe 1990)



ŞEKİL 29 Arkası kuru tip bir kazanda ölçülen sıcaklıklar(Lısovski,Joe 1990)

vermikulit veya diğer bazı uygun gevşek izolasyon tipiyle doldurulmalıdır.

Kömürden dönüştürmede, yanma odaları inşasında kullanılan konstrüksiyon malzemeleri iyi kalite izolasyon ateş tuğlası ve iyi bir yüksek sıcaklık ateş tuğlası çimentosunu içermelidir. Tuğlaların şekli de önemlidir, kemerli tuğla tercih edilir. Tuğlalar arasında ortaklaşa dolduran çimento 0.32 cm'den fazla olmamalıdır. Her zaman, izolasyon ateş tuğlası çimentolanması için tuğla imalatçıları tarafından tavsiye edilen veya döşenen çimento kullanılmalıdır.

Çimento kullanılmadan önce çok koyu bir krem kıvamına inceltilmelidir.

İzolasyon ateş tuğlaları genellikle aşağıdaki malzemelerden birini içerecek ikinci bir izolasyon katı ile desteklenir.

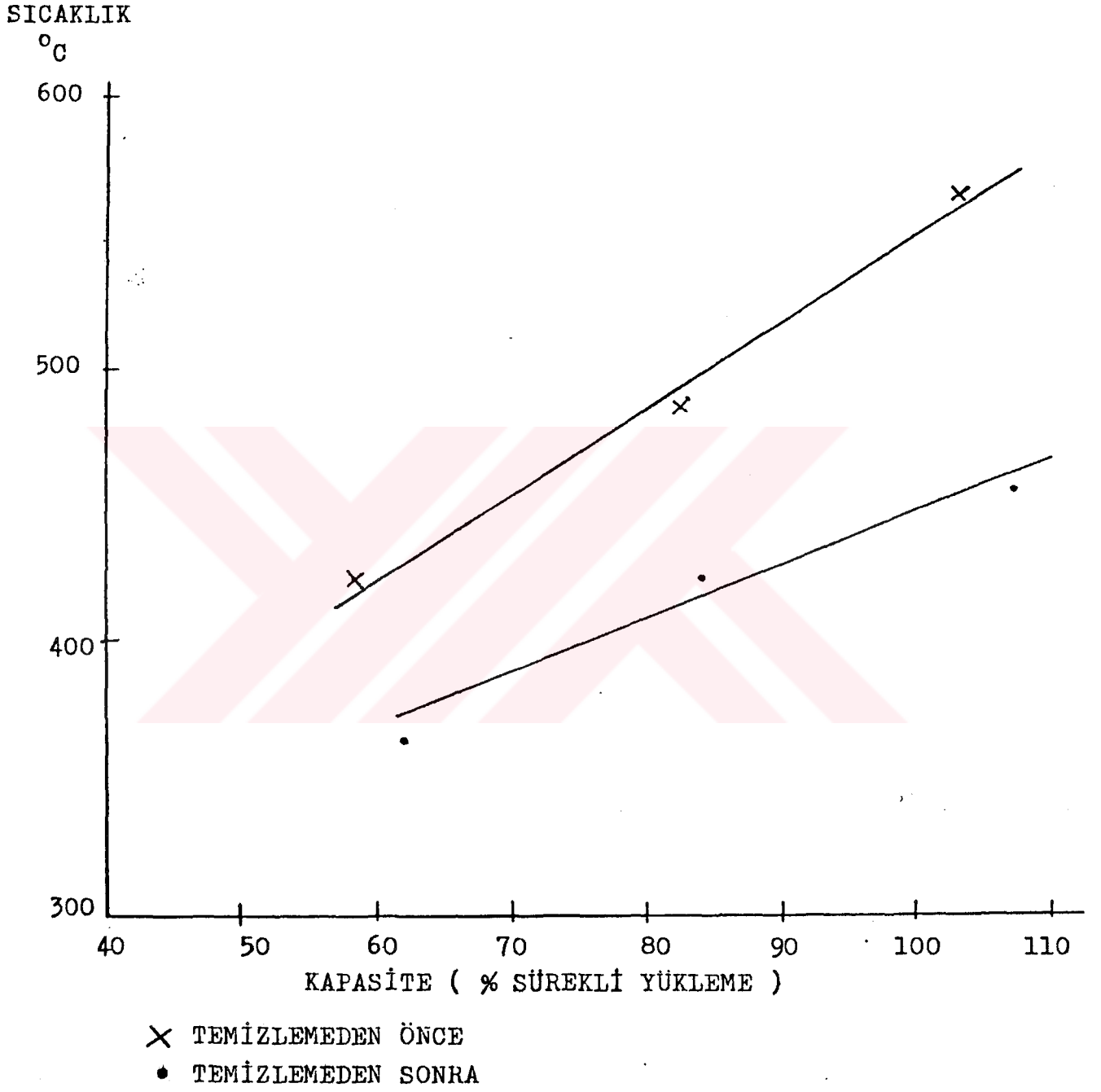
- 1)Asbest
- 2)Basit tuğla
- 3)Magnezya blok izolasyonu
- 4)Sert ateş tuğlası
- 5)Genleşen mika ürünler
- 6)Kuru kum
- 7)Bir genleşen mika ürünle karıştırılmış kuru kum

Tuğlanın dış kenarları arasındaki yerler, sağlam konstrüksiyon elde etmek ve duvar arasından buhar sızmalarını önlemek için küçük ateş tuğlası parçaları ve yüksek sıcaklık çimentosu ile doldurulmalıdır.

Eğer mümkünse ızgaranın tümüyle kaldırılması iyi olacaktır. Dönüşüm için kömür yükleme ve kül alma sistemlerinin tümüyle kaldırılması ve yeni yakıcı için uygun bir yer açılması gerekir.

Izgaraların tuğlayla kapatıldığı bazı durumlarda, yanma odası içindeki birim hacim başına düşen ısının artması sonucunda oluşan yüksek sıcaklıklar tuğlalara zarar verebilmektedir. Bu durumda en uygun çözüm ızgaranın kaldırılması ve yanma odası tabanının yeniden yapılmasıdır. Böyle bir çözüm yanma odası hacmini arttırıp, birim hacim başına düşen ısının azalmasına neden olduğu gibi yeni yakıcı için gerekli yerin açılmasını da sağlayabilir.

Kömürden dönüşüm yapıldığında yanma odasında soğuk yüzeylerin kalmamasına özen gösterilmelidir.Kömürden doğalgaza



ŞEKİL 30 Besleme suyunun temizlenmesinden önce ve sonra duman borusu uçlarındaki ortalama metal sıcaklıkları(Lisowski,Joe 1990)

dönüşüm yapılırken bazı boruları tıkamak gerekebilir. Boru uçları kesilerek kısaltılmalı ve aynaya kaynak edilmelidir.,

Fuel oil'den dönüşüm yapıldığında mevcut bazı gereçleri örneğin fanları, hava kanallarını kullanmak mümkündür. Bu kullanılan yakıcının koşullarına ve tipine bağlı olmaktadır. Genellikle mevcut fuel oil yakıcılarının konumları gaz yakıcıları içinde uygundur. Aynalardaki boru uçları çıkıntılarına dikkat edilmelidir. Bu çıkıntılar çok fazla ise kesilerek kısaltılmalı ve boru uçları aynaya kaynak edilmelidir. Duman sandığı kapısının sızdırmazlığı da sağlanmalıdır.

Bundan başka, sadece fuel oil yakılmak için tasarlanmış yüksek kapasiteli bir kazanda ayna kalınlığına dikkat edilmesi gerekir. Doğalgaz yakılan bir kazanda ayna kalınlığının mümkün olduğu kadar ince olması bir avantajdır. Çok kalın mesela 25 mm kalınlığında bir ayna çatlama ve yarılmaya maruz kalabilir. Çatlama ve yarıma kaynak bölgesinden veya ayna yüzeyinden olabilir. Bu sebeple böyle kalınlıktaki aynalar ile karşılaştırıldığında dikkatli hareket edilmelidir, yakıcı seçimine çok dikkat edilmelidir.

Isınma amacıyla sıcak su üreten kazanlar genel olarak çelik veya döküm kazanlar olmak üzere ikiye ayrılırlar. Bu sınıflandırma yapıldıkları malzemeye göredir. Çalışma tarzına göre düşük sıcaklık kazanları kondensasyon kazanları gibi bölümlere ayrılırlar.

Bir kazanın konstrüksiyonunu etkileyen en önemli faktör, kullanılan yakıtın cinsidir. Doğalgaz alevi sıvı yakıtla karşılaştırıldığında, doğalgaz alevinin çok daha az radyasyon kabiliyetinin olduğu görülür. Bu nedenle, doğalgaz kazanlarında radyasyon yüzeylerinin geliştirilmesi yönünde çalışmaların fazla bir önemi

GİRİŞ kcal/h	ZEMİN ALANI m ²	TERCİH EDİLEN GENİŞLİK VE UZUNLUK m	TAVSİYE EDİLEN MİNİMUM DUVAR KALINLIĞI	TAVSİYE EDİLEN MİN. ZEMİN KONSTRÜKSİYONU
25199,6 37799,4 50399,2 62999 75598,8 88198,6	0,1161 0,1290 0,1419 0,1516 0,1677 0,1742	0,305x0,381 0,305x0,406 0,330x0,432 0,330x0,457 0,330x0,508 0,356x0,533	6,35 cm izolasyon ateş tuğlası + 3,81 cm veya daha gevşek at.tuğ.	6,35 cm ateş tuğlası + 1,27 cm asbest veya magnezya blok
100798,4 125998 151197,6 176397,2	0,2129 0,2580 0,2968 0,3355	0,381x0,556 0,381x0,686 0,381x0,787 0,381x0,889	11,43 cm izolasyon ateş tuğlası	6,35 cm izol. ateş tuğlası+ 5,71 cm basit tuğla veya sert at.tuğ.+ 1,27cm asb.,mag.
201596,8 226796,4 251996 277195,6 302395,2 403193,6 503992 629990 755988 881986 1007984	0,3871 0,4194 0,4516 0,4839 0,5161 0,7419 0,9290 1,1355 1,3548 1,5935 2,0129	0,457x0,838 0,457x0,914 0,556x0,813 0,556x0,864 0,556x0,914 0,660x1,117 0,737x1,270 0,813x1,397 0,889x1,524 0,965x1,651 1,016x1,727	11,43 cm izolasyon ateş tuğlası +3,81 cm veya daha gevşek yedek izol.	11,43 cm izol. ateş tuğlası+ 1,27 cm asbest veya mag. blok veya 5,71 cm basit tuğla veya sert ateş tuğlası

TABLO 5 Bazı ısı kapasiteleri için yanma odalarının minimum duvar kalınlıkları (Kömürden dönüşüm için)(T.D.D.F. Notları 1991)

yoktur. Buna karşılık kazandaki konveksiyonla ısı geçiş yüzeyi büyük öneme sahiptir.

Üflemlerli brülörlü sıvı yakıtı ve gaz kazanları arasında yapısal bir farklılık olmadığından, her sıvı yakıt kazanı üflemlerli bir gaz brülörlü ile donatılabilir.

Doğalgaz karbon ve hidrojenin bileşiminden oluşmuştur. Hidrojen oranının yüksek olması nedeni ile sıvı yakıtta göre duman gazları içerisindeki su buharı oranı ve dolayısıyla su buharının yoğuşma noktası sıcaklığı yüksektir. Hava fazlalık katsayısı ne kadar düşükse, su buharının yoğuşma 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. Üflemlerli yakma sistemlerinde ekonomik nedenler ile mümkün olduğu kadar düşük hava fazlalık katsayısı amaçlanır. Ancak bu takdirde, su buharı yoğuşma noktası sıcaklığı yükseleceğinden kazanın düşük sıcaklıklarda çalışması halinde duman gazları içindeki su buharı yoğuşmaya başlar. Bu olay özellikle eski fuel oil yakan çelik kazanların doğalgaz'a dönüştürülmeleri 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 kazanları döküm işlemi sırasında oluşan, Si içeren yüzeylerinin, bu tip korozyona özel direnci vardır. Bu nedenle döküm kazanlarda, su sıcaklıkları daha fazla düşürmek mümkündür. Yine bu nedenle döküm kazan ömürleri çok fazladır.

Doğalgaz yakıtlı iyi döküm kazanlarda, gerek yanmanın mükemmel olması, gerekse hava fazlalığının az olması nedeniyle verim yüksektir. Isıl verim %93 değerine ulaşmaktadır. Döküm kazanların komveksiyon yüzeylerinde, az miktarda yüzeyden çok fazla ısı geçişi gerçekleştirilebilir. Bu kanatçıklı yüzeyler aynı zamanda ısıtma yüzeylerinde sıcak noktalar oluşturarak yoğuşmayı önler.

Çelik kazan tipleri içinden fuel oil için geliştirilmiş radyasyon tipi kazanlar doğalgaz yakmaya uygun değildir. Bu tip radyasyonlu kazanlarda duman yeterince soğutulamaz, baca sıcaklığı yüksek olur. Bu da kazan veriminin düşmesine ve bacanın tahribine sebep

olur. Bu tip kazanlar doğalgaz'a dönüştürülmemeli, yeni bir doğalgaz kazanı ile değiştirilmelilerdir. (Fatih, Baloğlu 1992)

Isıtma amacıyla sıcak su üretiminde, çelik kazanlarda doğalgaz kullanılırsa mutlaka 3 veya 4 yollu motorlu karıştırma vanası kullanılarak kazan suyu sıcaklığı, yük değişimlerinden bağımsız olarak 90C sıcaklıkta tutulmalıdır. Aksi halde düşük kazan suyu sıcaklıklarındaki yoğuşma nedeniyle çelik kazanlar kısa sürede korozyona uğrayarak delinirler. Çelik kazanların doğalgaz kullanımında özen gösterilmesi halinde 5-6 sene ömrü olmaktadır. Bu süre normalde 3-4 senedir. Döküm kazanlarda ise ömür 30 yıl mertebesindedir. (Çetinkaya, Uğur 1993)

Duman gazlarından istifade amacıyla sistemde ekonomayzer kullanılarak su buharının atık enerjisinden yararlanılabilir. Konveksiyonla ısı transferi bölümünde görüldüğü gibi, duman borularında taşınım ile ısı transferi önem kazanmaktadır. Bu bölümlerde, türbülötör 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. (Lisovski, Joe 1990)

Kazan güvenliğini ve ömrünü arttırıcı diğer tedbirler kazanın konstrüktif yapısıyla ilgilidirler. Doğalgaz 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 durumda şu tedbirlerin alınmasını gerektirir.

Yanma odası gerekenden fazla refrakter malzeme ile kaplanmamalıdır. Skoç tipi bir kazanda sadece brülör adapte kapağında brülör namlusunun etrafının refrakter malzeme ile kaplanması yeterlidir.

Sıvı yakıtlı kazanlarda doğalgaz 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.

16.3.4 KAZAN DAİRESİ DÜZENLEMESİ VE EMNİYET TEDBİRLERİ

-Kazan dairesinde hiçbir parlayıcı, ve patlayıcı madde bulundurulmamalıdır.

-Kazan dairesinde taze hava girişini sağlamak ve oluşan gazları ve kirli havayı dışarı atmak için giriş çıkış menfezleri yapılmalıdır.

-Taze hava giriş menfezi:

İlk 100000 kcal/h için 150 cm² yüzeyde olmalı bundan sonra her 5000 kcal/h kapasite artırım için 3 cm² yüzey ilave edilmelidir.

-Kazan bacaya mümkün olduğu kadar kısa bağlanmalı, az dirsek ihtiva etmeli, duman kanalı ve baca kesiti duman gazlarını rahat taşıyacak büyüklükte olmalıdır.

-Büyük tesislerde kazan dairesinde herhangi bir şekilde doğalgaz kaçağı olduğu zaman ana gaz boru hattını kesmek gerekir.

-Doğalgaz havadan hafif olduğundan herhangi bir kaçak olduğunda kazan dairesi tavanında toplanır. Bu yüzden muhafazalı elektrik kablolarının tavana en fazla 60 cm mesafeden döşenmeli ve ana şalter kazan dairesinin dışına konmalıdır.

-Brülörlerde yakıt-hava ayarı yanma ürünlerini ölçen cihazlara göre yapılmalıdır. Gözle yapılan ayarlamalarda yanılma neticesi aşırı zengin yakıt hava karışımı ocak patlamalarına sebep olabilir

Sanayi tipi büyük brülörlerde iyi bir yanma ve kazan verimi elde etmek için kazanı terk eden duman gazaları içindeki O₂ miktarına göre hava miktarı ayırını yapan otomatik kontrol sistemlerinin kullanılması uygun olur.

16.3.5. GAZ BORU HATTI ELEMANLARI

1)Küresel vana:

Gaz hattına giren gazı elle mekanik olarak kesmek amacıyla kullanılır.Doğalgazda kullanılmaya uygun vanalar olmalıdır.

2)Filtre:

Gaz borularından gelebilecek toz vs. pisliklerin hassas kontrol vanalarına zarar vermemeleri için hattın başında kullanılır.

3)Manometreler:

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

4)Presostat:

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.

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, brülörde gerekli sabit besleme

basıncına düşürür. Girişteki basınç ne kadar değişirse değişsin regülatör çıkışında sabit bir değer elde edilir.

6) Selenoid valf:

Gaz kontrol hattının sonunda yer alırlar. Brülör durduğunda gazı kesen en önemli kontrol elemanıdır. Kesin sızdırmazdır. Gaz kesme süresi 1 sn'nin altındadır.

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 gaz kaçak kontrolü elemanı adı verilir. Bunlar basınç veya vakum prensibine göre çalışırlar. İki manyetik valf arasına bağlanırlar. Eğer kaçak varsa yakma sistemini durdurur. Alarm verirler.

17. DOĞALGAZ'A 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
- Malzemenin seçimi
- Konstrüksiyonu

gibi hususlara dikkat etmek gerekir.(Alpin,Kemal 1993)

Yanma olayı sonunda meydana gelen CO₂ ve SO₂, NO_x gibi yanma ürünleri ve partiküllerin yanında su buharıda duman gazı ile birlikte dışarı atılmaktadır.Eger baca malzemesi ve konstrüksiyonu gerekli şartları sağlamıyorsa baca gazındaki su buhar difüzyonu olayı meydana gelir.Pratik olarak:

1 litre fuel oil yanmasından 1kg su buharı

1 Nm³ doğalgaz yanmasından 1.5 kg su buharı açığa çıktığından doğalgaz kullanılması halinde yoğuşma daha fazla meydana gelir. Yanma hesapları bölümünde de incelendiği gibi, doğal gaz yakılması halinde su buharı miktarı, fuel oil yakılması halinde oluşan su buharı miktarından yaklaşık 1.7 kat daha fazla olmaktadır Doğalgazın 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'ye kadar soğutulabilir.Çünkü 160 C sıcaklıkta S su buharı ile reaksiyona girerek H₂SO₄ oluşmasına neden olur.Bu da,korozyona yol açar.Oysa doğalgazın bileşiminde kükürt miktarı yok denecek kadar az olduğundan 56 C 'ye kadar inmek mümkündür.

$$Q = \frac{4f}{h} \quad r = \frac{4f}{\pi} \quad (Silindirik \text{ bacalar için})$$

(Isısan çalışmaları 1991)

18. DÖNÜŞÜMÜN EKONOMİK YÖNÜ

Doğalgaza dönüşüm kararı verildiğinde dönüşümü üç maliyet unsuru açısından değerlendirilmesi gerekir.

- A)Yakıt maliyetleri
- B)Yatırım maliyetleri
- C)İşletme maliyetleri

Fiyatların değişken olması nedeniyle burada yakıt maliyetleri ve yatırım maliyetleri açısından bir değerlendirme yapmak mümkün değildir.Buna karşın işletme maliyetleri:

- 1)Verim
- 2)İş gücü
- 3)Yakıt ön hazırlığı
- 4)Bakım, onarım

konuları baz alınarak karıştırılabilir.

18.1.VERİM

Doğalgazın baca gazlarındaki fazla su miktarı gizli ısı kaybını artırdığı için fuel oil ile kıyaslandığında ideal koşullar altında termal verimde % 4.7'lik bir azalma olması beklenmektedir. Bununla beraber pratikte ideal koşullar yaratmak mümkün olmamaktadır. Doğalgazın yanması sonucu ısı transfer alanlarında tortulaşma olmamakta, dolayısıyla zaman içinde baca gazı sıcaklığında artma görülmemektedir.Fuel oil'in yanması durumunda tortulaşmanın etkisi hemen görülmektedir öyle ki fuel oil ile çalışan duman borulu bir kazanda temizlemeden iki hafta sonra baca gazı sıcaklığında 60 C'lık bir yükselme olmaktadır.Yanma için kullanılan fazla havanın da verim üzerindeki etkisi büyüktür. Doğalgaz fuel oil ile kıyaslandığında daha az havayla yanabilmektedir. Ayrıca doğalgazın yanması sırasında hava/yakıt oranının kontrolü fuel oil'e göre daha

kolaydır. Bütün bu etkiler göz önüne alındığında termal verimdeki düşüşün yaklaşık % 2.5 seviyesinde olduğu gözlenmektedir.

18.2. İŞ GÜCÜ

İşgücünden yapılan tasarruf kazanının tipine ve büyüklüğüne göre değişmektedir. Tam otomatik bir kazanda böyle bir tasarruf sözkonusu değilken, kömür yakılan bir kazanda dönüşüm yapılması verimin % 10 artmasına eşit bir tasarruf sağlar

18.3. YAKIT ÖN HAZIRLIĞI

Doğalgaz kullanımında, fuel oil'in kullanılması durumunda gereken ek güce ve buhar gereksinimine ihtiyaç yoktur. Fuel oil'in püskürtme işlemi, yakıt hazırlığı ve pompalanması yakıt maliyeti açısından balıkdığında % 1.8'lik bir masraf gerektirmektedir. Dönüşüm yapıldığında, bu masrafların olmayacağı açıktır.

18.4. BAKIM-ONARIM

Doğalgaz kullanımı durumunda bakım-onarım masrafları fuel oil'e ve kömüre göre daha azdır. Verim eşdeğeri düşünüldüğünde, fuel oil yerine doğalgaz kullanılması % 2'lik kömür yerine doğalgaz kullanılması ise % 4'lük bir avantaj sağlamaktadır.

19. SONUÇ

Bu yapılan araştırmalardan elde edilen sonuçlara göre, bir kazanın doğalgaza dönüşümü söz konusu olduğunda, aynı fazla yakma havası ile çalışmada önemli değişiklikler duman borulu kazanlarda görülmemektedir. Su borulu kazanlarda ise doğalgazın yanması sonucu yanma gazları daha sıcak olduğundan kızdırıcı sıcaklığı etkilenmektedir. Farklı fazla yakma havası söz konusu olduğunda örneğin doğalgazın % 5 , fuel oil'in % 20 ,% 30 fazla yakma havası ile çalışıldığı durumlarda dönüşüm yapıldığında olabilecek olumsuzlukların önüne geçmek için duman borulu kazanlarda duman borusu uçları kesilerek kısaltılmalı ve aynaya sağlam kaynak edilmeli, uygun yakıcı seçimine zen gösterilmeli olmamalıdır ki yakıcı tipi, alev şekli, alev ısı yayılımı özelliklerini, alev boyunu, gaz ve metal sıcaklıklarını etkileyebilmektedir. Su borulu kazanlarda kızdırıcı sıcaklığını istenen seviyede tutabilmek için kızdırıcılardaki sürgüler kullanılabilir.

Doğalgazın yakılması halinde yanma ürünlerinden olan su buharı miktarı, fuel oil'e göre 1.7 kat daha fazladır. Su buharının emisivitesi yüksek olup, gaz radyasyonu ile ısı transferinin artmasına neden olmaktadır. Ancak, yakıt olarak doğalgaz kullanıldığından, ısı radyasyonu meydana gelmektedir. Buna karşılık fuel oil'de ısı radyasyonu ve gaz radyasyonu meydana gelmektedir. Doğalgazın yanması sonucu oluşan yüksek miktardaki su buharı, ısı radyasyonunun yokluğunu karşılayamaz. Böylece ışınımla oluşan ısı transferi, fuel oil de daha fazla olmaktadır. Bu durum en fazla ocakta etkisini göstermektedir.

Fuel oil'den doğalgaza 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 ısıl değere göre tarif edilen kazan veriminin azalmasına neden olur. Ancak bu durum bir takım ilave tedbirler ile önlenmektedir. Doğalgazın bileşiminde bulunan kükürt miktarının yok denecek kadar az olması burada avantaj sağlamaktadır. Ekonomayzer entegrasyonu, türbilatör yerleştirilmesi gibi tedbirler sayesinde, kazan verimi artırılarak üst ısıl değere göre tarif edilen verim değerine yaklaşmaktadır. Baca gazı sıcaklığı, doğalgaz 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.

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

Doğalgaz ekonomik olması yönünden de tercih edilmektedir. Depolama problemi olmaması, yakıt ön hazırlığının olmaması, iş gücünden yapılan tasarruf büyük ölçüde ekonomi sağlamaktadır. Ayrıca dünyadaki doğalgaz rezervlerinin çokluğuda, doğalgazın yakıt olarak kullanılmasının tercih edilmesine neden olmaktadır.

Dönüşümün ekonomik yönüne gelince doğalgazın birim fiyatı kömür ile fuel oil arasında olacağından fuel oil'den dönüşümde parasal olarak bir kazanç sağlanacaktır. Yatırım maliyetleri kesin olarak belirlenememesine rağmen ön planda, dönüşüm yapıldığında yatırılan paranın kısa sürede kendini amorti edeceği ortadadır. Aynı zamanda doğalgaz temiz bir yakıt olduğundan kazanda kirlenme olmamakta, hem temizletme işlemi için harcanan para tasarruf edilmekte hem de kazan ömrü uzamaktadır.



KAYNAKLAR

- 1)Alpin,Kemal ,1993 "Bacalar" Tesisat dergisi
- 2)Arısoy,Ahmet,1992 "Kazanların doğalgaza dönüşümü" Doğalgaz dergisi
- 3)Bilgiç,Metin,1991 "Endüstriyel kazanlarda doğalgaz kullanımı ve dönüşümü" Makina mühendisleri Odası,Seminer Notları
- 4)Baloğlu,Fatih,1992 "Doğalgaz yakıtlı kazanlar" Termodinamik dergisi
- 5)Çetinkaya,Uğur,1993 "Doğalgaz dönüşümünde kazanlarda etkin ısı kullanımına ilişkin ek önlemler" Kimya Mühendisleri Odası Doğalgaz okulu notları
- 6)Deniz,Orhan,1991 "Yayınlanmamış ders notları"
- 7)Genceli,Osman,1991 "Doğalgaza ilişkin genel bilgiler" Makina Mühendisleri Odası Seminer Notları
- 8)Fanas,A.1981 "Heating, Ventilating and Air Conditioning Library"
- 9)Isısan çalışmaları, No:45
- 10)John,T.1978 "Combustion engineering and gas utilisation" British gas school of fuel management
- 11)Önönü,Eren,1991 "Monoblok gaz brülörünün doğalgazdaki kullanımı ve ekonomik yakılması" Tesisat Dergisi
- 12)Kakaç,Sadık,1987 "Isı iletimi"
- 13)Lisowski,Joe,1990 "The firing of natural gas in boilers" Doğalgaz dergisi
- 14)Onat,Kemal,1973 "Buhar kazanlarının termik hesapları"
- 15)Onat,K.,Genceli,O.F.,Arısoy,A.,1988 "Buhar kazanların ısı hesapları" Denklem Matbaası
- 16)Özkan,Mustafa,1975 "Buhar kazanlarının ısı hesapları" Cilt 1

17)Öztürk,Sami,1992 "Doğalgaz ve standartlar" Termoklima Dergisi

18)T.D.D.F. Notları,1991

19)Y.VI.,Tobinsky, I.A.Neduzhy,I.M.Tolubinsky,1984 "Heat engineering"

20)Y.R. Pritchard,J.J. Guy,1978 "Industrial gas utilisation- Engineering gas utilisation and practice"

21)Y.VA.,Krivandin, B.L.,Markov 1975 "Metallurgical furnaces"



ÖZGEÇMİŞ

MURAT TAN

DOĞUM TARİHİ = 10 Nisan 1970

DOĞUM YERİ = ERZURUM

ÖĞRENİM = KADIKÖY ANADOLU LİSESİ 1981-1988

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ 1988-1992

Makina Fakültesi Enerji Anabilim Dalı

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ 1994-

Fen Bilimleri Enstitüsü

Enerji Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Öğrenimi

LİSAN BİLGİSİ = İngilizce