



YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Oksijen-pro. alevl. metal ve cam
çub. ısılet. kıy.

Yüksek Lisans Tezi

Murat Arpacı

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
KÜTÜPHANE DOKÜMANTASYON
DAİRE BAŞKANLIĞI

Kot	R 361
	:.....115.....
Alındığı Yer	Y.T.Ü
	:.....
Tarih	22.3.96
Fatura	:.....
Fiyatı	:..100.000.-.....
Ayniyat No	: 1-1.....
Kayıt No	: 51948.....
UDC	:.....
Ek	:.....

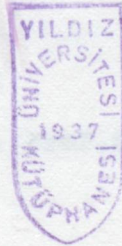
Y.T.Ü.

KÜTÜPHANE DOK. DAL. BAŞKANLIĞI

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

S. 76
Eb. 21x29

OKSİJEN, PROPAN ALEVLERİNDEN
METAL ve CAM ÇUBUKLARA ISI
İLETKENLİĞİNİN KİYASLANMASI.



115

YÜKSEK LİSANS TEZİ
KİM. MÜH. MURAT ARPACI

İstanbul - 1992

TEŞEKKÜR

Tez konusunu veren, çalışmalarımı yöneten, bu süre içinde ınari ve yardımlarıyla destek olan Prof.Dr. Neşet Kadırgan'a, böyle bir çalışmayı gerçekleştirebilme için gerekli bilgi birikimini sağlayan başta BÖLÜM Başkanına Prof.Dr.Bahar Binger olmak üzere tüm Öğretim Üyelerine, Deneyisel çalışmalarım sırasında birlikte çalıştığım Kıyıcı Yüksek Mühendisi Jale Güler'e, ilgi ve desteğinden dolayı mesai arkadaşlarımda Anadolu bölgesi morali mühendisi Kemal Kınverdi'ye, tezim için gerekli deneyimleri sağladığı Yıldız Üniversitesi Araştırma Fonuna,

BU TEZ YILDIZ ÜNİVERSİTESİ ARAŞTIRMA FONUNCA DESTEKLENMİŞTİR.

Tezimi okuyup değerlendiren Jüri Üyelerine, Hayatım boyunca mesai ve manevi desteğini esirgemeyen Aileme, Teşekkür ederim.

Proje No : 87-B-04-08-20

TEŞEKKÜR

Tez konusunu veren, çalışmalarımı yöneten, bu süre içinde öneri ve yardımlarıyla destek olan Prof.Dr. Neşet Kadırgan'a, böyle bir çalışmayı gerçekleştirebilmem için gerekli bilgi birikimini sağlayan başta Bölüm Başkanımız Prof.Dr.Salih Dinçer olmak üzere tüm öğretim üyelerine, Deneysel çalışmalarım sırasında birlikte çalıştığım Kimya Yüksek Mühendisi Jale Gülen'e, ilgi ve desteğinden dolayı mesai arkadaşım İgdaş Anadolu bölgesi sorumlu mühendisi Kemal Kimverdi'ye, tezim için gerekli deneysel düzeneğe kaynak sağlayan Yıldız Üniversitesi Araştırma Fonuna,

Tezimi okuyup değerlendiren jüri üyelerine, Hayatım boyunca maddi ve manevi desteğini esirgemeyen Aileme, Teşekkür ederim.

ÖZET

Gaz yakıtların oksijenle yanmasından elde edilen alevler endüstri-
de kaynak, lehim, yüzey temizleme, yerel tavlama, su verme ve kesme gi-
bi alev işlemlerinde kullanılmaktadır.

Gaz yakıtlar hava yerine oksijenle yakıldığında alevler çok sıcak
olduğundan, ısı transferleri klasik yöntemlerle incelenememektedir. Bu-
nun için alevlerin metal ve cam çubukları kesme sürelerinin ölçülmesi
gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar propan-oksijen alevleri ile yapıl-
mıştır, ilgili program Bölüm IV.3'de detaylandırılmıştır.

Elde edilen deneysel sonuçlara bağlı olarak yakıtça zenginlik ve
zaman arasında farklı malzemeler için grafikler çizilmiştir. Grafikler-
den metal ve cam çubuklar için kesme süresinin minimum olduğu yakıt zen-
ginlikleri tespit edilmiştir. Bu çalışmaların bir amacı da kesme işlem-
lerinde optimal koşulları belirlemektir. Bunun için farklı debide ve
farklı hamlaç kolları ile elde edilen sonuçlarla, bu koşullarda elde
edilen alevlerin enerjileri ve spesifik güçleri hesaplanmıştır.

Cam yada metal malzemeyi kesebilmek için harcanan enerji ile alev
çıkış hızı ve alev spesifik gücü arasındaki grafikler düzenlenmiş; bu-
radan minimum enerjiyi elde etmek için kullanılması gereken uygun debi,
hamlaç, zenginlik değerleri belirlenmiştir.

SUMMARY

Flames obtained by burning gaseous fuels with oxygen are used in industrial applications such as welding, soldering, flame cleaning, metal surfacing, flame hardening and cutting. Because the flames are very hot (3000°C), the heat transfer from these flames to metals cannot be investigated by classical methods. In the present study, the validity of a method based on measuring the cutting time has been explored in order to compare the effectiveness of premixed gaseous fuel-oxygen flames from a heat transfer point of view. These experiments were performed with oxy-propane flames. The details are given in section 4.3.

Fuel richness versus cutting time graphs are drawn, and the minimum cutting time is determined. One of the purpose of this study is to obtain the optimal conditions. For this reason the energy and the specific power of the flames are calculated for different flow rates and nozzles. Plots of energy versus flame velocity and flame specific power are prepared and used to determine the nozzle type, flow rate, and fuel richness to obtain the minimum energy.

İÇİNDEKİLER

	<u>SAYFA NO</u>
TEŞEKKÜR.....	ii
ÖZET.....	iii
SUMMARY.....	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
TABLO LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
GRAFİK LİSTESİ.....	x
I. GİRİŞ.....	1
II. YANMA ÜZERİNE GENEL BİLGİLER.....	3
II.1. Yanma ve Patlama Olayları.....	3
II.1.1. Detonasyon Özellikleri.....	5
II.1.2. Deflagrasyon Özellikleri.....	5
II.2. Ön Karışım Alevler-Difüzyon Alevleri.....	5
II.2.1. Önkarişım Alevler.....	6
II.2.2. Difüzyon Alevleri.....	6
II.3. Ön Karışım Alevlerde Oksijen-Yakıt Oranını Veren Parametreler.....	7
II.3.1. Stokiyometrik Oksijen Oranı.....	7
II.3.2. Stokiyometrik Oran (Yakıt).....	7
II.3.3. Zenginlik.....	8
II.4. Türbülanslı-Laminer Alevler.....	8
II.5. Ön Karışım Alevlerin Yapısı.....	9
II.5.1. Laminer Akışta.....	9
II.6. Gaz Karışımlarının Patlama Tutuşma Aralıkları..	10
II.6.1. Tutuşma Aralıkları.....	10

III.3. Radyasyon	II.6.1.1. Yanma Enerjisi Etkisi.....	10
IV. YONTAM VE DENEY	II.6.1.2. Yanmanın Olduğu Yerin Boyutu-	11
IV. 1. Deneysel Düzenek	nun Etkisi.....	11
IV. 2. Kalibrasyon	II.6.1.3. Gaz Karışımının İlk Sıcaklığı-	11
IV. 3. Deneysel Yöntem	nın Etkisi.....	11
IV. 3.1. Basıncın Etkisi.....	II.6.1.4. Basıncın Etkisi.....	11
IV. 3.2. Nemin Etkisi.....	II.6.1.5. Nemin Etkisi.....	11
II.6.2. Kendiliğinden Tutuşma Sıcaklığı.....	II.6.2. Kendiliğinden Tutuşma Sıcak-	12
II.6.2.1. Kendiliğinden Tutuşma Sıcak-	lığının Etkileyen Faktörler....	13
II.7. Ön Karışım Alevlerin Hızları ve Alev Stabili-	tesi.....	14
II.7.1. Alev Hızları.....	II.7.2. Alev Stabilitesi.....	17
II.8. Ön Karışım Alevlerin Isısı ve Isıl Değerleri..	II.8.1. Alev Sıcaklığını Etkileyen Faktörler....	22
II.8.1.1. Yakıt-Oksijen Oranı Etkisi....	II.8.1.2. Karışımın İlk Sıcaklığının	22
Etkisi.....		22
II.9. Alevin Spesifik Gücü.....		24
II.10. Gaz Yakıt-Oksijen Alevlerinin Kullanım Alanları.		27
II.10.1. Alev Prosesleri.....		27
II.10.2. Oksijen Prosesleri.....		30
III. ALEV DEN METALE ISI İLETİMİ.....		31
III.1. Kondüksiyonla Isı İletimi.....		31
III.2. Konveksiyonla Isı İletimi.....		31

III.3. Radyasyonla Isı İletimi.....	31
IV. YÖNTEM VE DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	33
IV. 1. Deney Düzenegi.....	33
IV. 2. Kalibrasyon Etüdü.....	34
IV. 3. Deney Yöntemi ve Program.....	34
IV.3.1. Deney Presizyonunu Arttırma İşlemleri.	34
IV.3.2. Denemeler.....	35
IV. 4. Gazların Debi Hesabında Kullanılacak Bağantı- ların Belirlenmesi.....	35
IV. 5. İstatistiksel Metodlarla Deney Sonuçlarının İncelenmesi.....	36
IV. 6. Deney Sonuçlarının Hata Paylarıyla Grafiklen- dirilmesi.....	41
V. DENEY SONUÇLARININ TARTIŞILMASI.....	52
VI.SONUÇ.....	72
KAYNAKLAR.....	74
ÖZGEÇMİŞ	

TABLO LİSTESİ

SAYFA NO

Tablo 1. Gaz Yakıtların Patlama Limitleri.....	12
Tablo 2. Yakıtların Kendiliğinden Tutuşma Sıcaklıkları....	13
Tablo 3. Gaz Yakıtların Maximum Deflagrasyon Hızları.....	17
Tablo 4. Gaz Yakıtların Isıl Değerleri ve Yoğunluğu.....	24
Tablo 5. Piring Malzeme İçin Hesaplar, Debi $C_3H_8=7,3, K=3..$	53
Tablo 6. Piring Malzeme İçin Hesaplar, Debi $C_3H_8=7,3, K=4..$	54
Tablo 7. Piring Malzeme İçin Hesaplar, Debi $C_3H_8=8,7, K=3$	55
Tablo 8. Piring Malzeme İçin Hesaplar, Debi $C_3H_8=8,7; K=4$	56
Tablo 9. Piring Malzeme İçin Hesaplar, Debi $C_3H_8=10, K=3$	57
Tablo 10. Piring Malzeme İçin Hesaplar, Debi $C_3H_8=10, K=4$	58
Tablo 11. Cam Malzeme İçin Hesaplar, Debi $C_3H_8=7,3, K=3...$	59
Tablo 12. Cam Malzeme İçin Hesaplar, Debi $C_3H_8=7,3, K=4...$	59
Tablo 13. Cam Malzeme İçin Hesaplar, Debi $C_3H_8=8,7, K=3...$	60
Tablo 14. Cam Malzeme İçin Hesaplar, Debi $C_3H_8=8,7, K=4...$	60
Tablo 15. Cam Malzeme İçin Hesaplar, Debi $C_3H_8=10, K=3....$	61
Tablo 16. Cam Malzeme İçin Hesaplar, Debi $C_3H_8=10, K=4...$	61

Şekil 14. Henry Wilson 31..... 33

ŞEKİL LİSTESİ

SAYFA NO

Şekil 1. Tüp İçinde Yanma:Deflagrasyon, Detonasyon.....	4
Şekil 2. Ön Karıştırmalı Laminer Alevlerin Yapısı.....	9
Şekil 3. Tüp Metodu ile Yapılan Deflagrasyon Hız Ölçümü...	15
Şekil 4. Asetilen Gazı İçin Deflagrasyon Hızının Zengin- likle Değişimi.....	16
Şekil 5. Bir Brülörün Çalışma Diyagramı.....	18
Şekil 6. Bir Brülörün Çalışma Diyagramı.....	20
Şekil 7. Lokal Deflagrasyon Hızının Karışımın Zenginliğiyle Değişimi.....	21
Şekil 8. Deflagrasyon Hızının Hava Oranı ile Değişimi.....	21
Şekil 9. Hesaplanmış Adyabatik Alev Sıcaklıkları.....	23
Şekil 10.Alev Hızının Stokiometrik ve Pratık Karışmalarla Değişimi.....	25
Şekil 11.Alev Hızının Karbon Sayısıyla Değişimi.....	26
Şekil 12.Alevlerin Spesifik Gücü.....	26
Şekil 13.Alevden Metale Isı İletimi.....	32
Şekil 14.Deney Düzeneği.....	33

GRAFİK LİSTESİ

SAYFA NO

GRAFİK NO	SAYFA NO
GRAFİK 1. Piring için 3 Farklı Hal ile 3 Ayrı Yakıt Zenginliğinin Kesme Süresinle Değişimi.....	42
GRAFİK 2. 3 Ayrı Malzeme ile 3 Farklı Kolda, 3 Ayrı Yakıt Zenginliğinin Kesme Sürelerinin Değişimi.....	43
GRAFİK 3. Alüminyum için Hamlaç Ucu-Çubuk Arası Uzaklığın 1,3 h, 2h,3h Olduğu Durumda Kesme Sürelerinin Değişimi.....	44
GRAFİK 4. Cam için Hamlaç Ucu-Çubuk Arası Uzaklığın 1,3h, 2h,3h Olduğu Durumda Kesme Sürelerinin Değişimi	45
GRAFİK 5. 3 Farklı Malzeme ile, 8 Ayrı Yakıt Zenginliğinin Kesme Süreleri ile Değişimi ($Q_{C_3H_8}=7,3; K=3$)....	46
GRAFİK 6. 3 Farklı Malzeme ile, 8 Ayrı Yakıt Zenginliğinin Kesme Süreleri ile Değişimi ($Q_{C_3H_8}=7,3; K=4$)....	47
GRAFİK 7. 3 Farklı Malzeme ile, 8 Ayrı Yakıt Zenginliğinin Kesme Süreleri ile Değişimi ($Q_{C_3H_8}=8,7; K=3$)....	48
GRAFİK 8. 3 Farklı Malzeme ile, 8 Ayrı Yakıt Zenginliğinin Kesme Süreleri ile Değişimi ($Q_{C_3H_8}=8,7; K=4$)....	49
GRAFİK 9. 3 Farklı Malzeme ile, 8 Ayrı Yakıt Zenginliğinin Kesme Süreleri ile Değişimi ($Q_{C_3H_8}=10; K=3$).....	50
GRAFİK 10. 3 Farklı Malzeme ile, 8 Ayrı Yakıt Zenginliğinin Kesme Süreleri ile Değişimi ($Q_{C_3H_8}=10; K=4$)....	51
GRAFİK 11. Piring ile R=0,75 için 3 Farklı Debide, 2 Farklı Kolda Çıkış Hızlarının, Enerjiyle Değişimi.....	62
GRAFİK 12. Piring ile R=1,25 için 3 Farklı Debide, 2 Farklı Kolda, Çıkış Hızlarının Enerjiyle Değişimi.....	63

GRAFİK 13. Piring ile $R=1,75$ için 3 Farklı Debide, 2 Farklı Kolla, Çıkış Hızlarının Enerjiyle Değişimi..	64
GRAFİK 14. Cam ile $R=1,15$ için 3 farklı Debide, 2 Farklı Kolla, Çıkış Hızlarının Enerjiyle Değişimi.....	65
GRAFİK 15. Cam ile $R = 1,25$ İçin 3 Farklı Debide, 2 Farklı Kolda, Çıkış Hızlarının Enerji ile Değişimi.....	66
GRAFİK 16. Piring ile $R=0,75$ için 3 Farklı Debide, 2 Farklı Debide, 2 Farklı Kolda Spesifik Gücün Enerji ile Değişimi.....	67
GRAFİK 17. Piring ile $R=1,25$ İçin 3 Farklı Debide, 2 Farklı Kolda Spesifik Gücün Enerji ile Değişimi.....	68
GRAFİK 18. Piring ile $R=1,75$ için 3 Farklı Debide, 2 Farklı Kolda Spesifik Gücün Enerji ile Değişimi.....	69
GRAFİK 19. Cam ile $R=1,15$ İçin 3 Değişik Debide 2 Farklı Kolda Spesifik Güçle, Enerjinin Değişimi.....	70
GRAFİK 20. Cam ile $R=1,25$ İçin 3 Değişik Debide 2 Farklı Kolda Spesifik Güçle, Enerjinin Değişimi.....	71

I. GİRİŞ

Bu yüksek lisans tezinde yapılan çalışma Yıldız Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından desteklenen kapsamlı bir projenin bölümlerinden biridir.

Hava ile yakılan atmosferik basınçtaki alevlerinin kullanım alanlarının geniş olması nedeni ile, kimyasal bileşimleri, alev özellikleri ve ısı iletimleri açısından incelenmiştir. Bu projede genel olarak, kaynak, lehim, yüzey temizleme, cam işleri, oksijenle kesme gibi alev proseslerinde kullanılan ön karışımli oksijen gaz yakıt alevlerinin metallere ısı iletimini ölçme amacı güdülmüştür. Projede ön karışımli oksijen propan alevleri kullanılmıştır. Deneysel olarak elde edilen sonuçlar birçok yönden kıyaslanmıştır.

Alevlerden metallere ısı iletimini kıyaslamak için piring ve cam çubukları kesmeye dayalı bir yöntemin geçerliliği daha önce araştırılmıştır (1). Bu alevlerden metalik yüzeylere ısı iletimi teorik olarak alev sıcaklığına, yanma hızına, iç koninin ucundaki kimyasal radikallerin ($\dot{H}$, $\dot{OH}$) konsantrasyonuna bağlıdır.

Günümüzde, doğal gazın gelmesiyle, bu gazla gerçekleştirilecek alev işlemlerinin hangi yakıtların yerine, hangi performansla kullanılabileceğinin tartışılması gündemdedir. Bu çalışmada program dışı diğer çalışmalara göre daha fazla malzeme ile, daha detaylı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Tezde ana projenin bir parçası olarak ok-

2. YANMA ÜZERİNE GENEL BİLGİLER

sijen propan alevlerinin ısı iletimi ve bu alevlerin oksijen prosesleri açısından performanslarının irdelenmesine gayret edilmiş, endüstride kullanımları açısından yararlı sonuçlar çıkarılmaya çalışılmıştır.

Mühendis yanma işlemlerinde dikkat etmesi gereken, yanma sonucu ortaya çıkan enerjinin hesaplanması ve değerlendirilmesidir. Bunun için mühendis bazı metodlarla ve kendi mesleki bilgi ve becerisi ile sonucu ulaşırlar. Dolayısıyla yanma ürünlerinin bileşiminin hesaplanması, yanmanın gerçekleştirdiği teorik sıcaklık değerinin bulunması, ısı dengeleri, yanma ürünlerinin bulunması bir mühendisin görevidir.

2.1. Yanma ve Patlama Olayları

Yanma, patlama olayları iki ayrı kavrama halinde olabilir. Tutuşup patlama (deflagration), patlama (detonation). Örneğin içi hidrojen ve hava dolu şişirilmiş bir tüp düşünelim. Bu tüp açık uçtan yakılarak alevin tüp içine doğru yayıldığı görülür. Bir süre sonra tüp içinde üş ayrı bölge görülür.

Önce soğuk bir karışım ki bu bölge yanmamış halindedir, sonra alevin ucu ve son olarak da yanma gazları. Gazlarda alev ucuyla yayılan hızları eşit ve 1 m/sn değerindedir. Daha sonra hareketler hızla artar ve ısı iletim çabukluğu özellikli hareketler, burada bir hareket bir fonksiyonu olarak değişim gösterir.

Herhangi bir işlevinde bir hareket ertirir, 1 m/sn gibi bir değere kadar ulaşabilir. Bu hareketin birbiriyle ilişkisi de hızla değişir :

2. YANMA ÜZERİNE GENEL BİLGİLER

Yanma; karbon, hidrojen ve diğer elementleri içeren yakıtın oksijenli hızla yükseltgenmesidir, bir oksidasyon işlemidir. Yanma işlemleri yavaş ya da hızlı şekilde gerçekleşebilir.

Bir mühendisin yanma işlemlerinde dikkat etmesi gereken, yanma sonucu açığa çıkan enerjinin hesaplanması ve değerlendirilmesidir. Bunun için mühendis bazı metodlarla ve kendi mesleki bilgi ve becerisi ile sonuca ulaşmalıdır. Dolayısıyla yanma ürünlerinin bileşiminin hesaplanması, yanmanın gerçekleştiği teorik sıcaklık değerinin bulunmaması, ısı dengeleri, yanma randımanının bulunması bir mühendisin görevidir.

2.1. Yanma ve Patlama Olayları

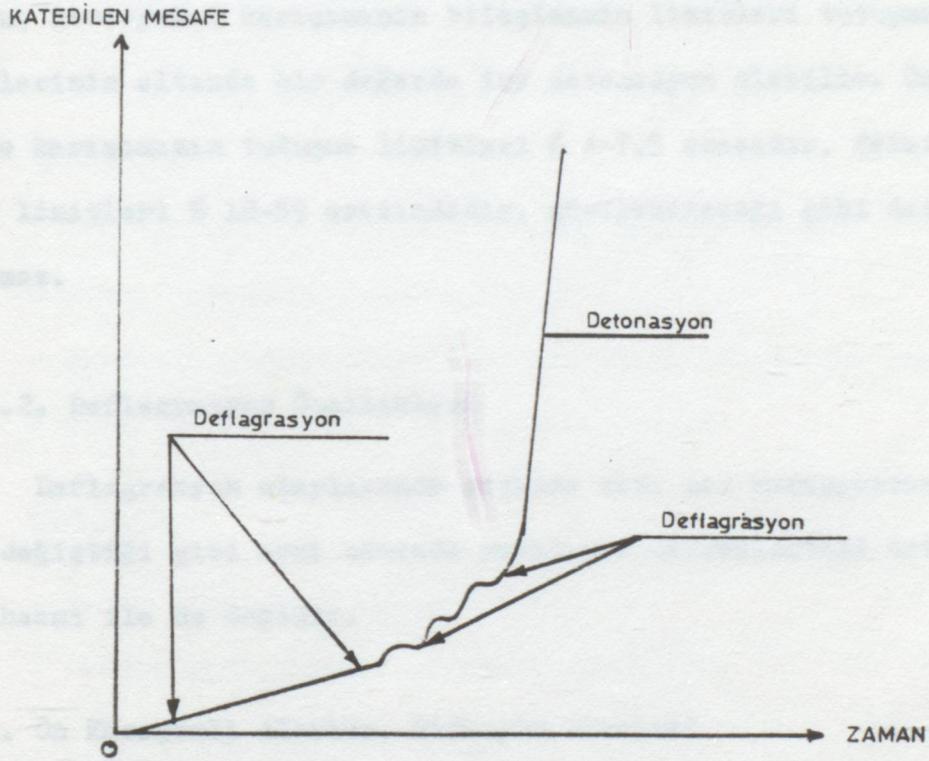
Yanma, patlama olayları iki ayrı mekanizma halinde olabilir. Tutuşup patlama (deflagration), patlama (detonasyon). Örneğin içi hidrojen ve hava dolu ağzı açık bir tüp düşünelim. Bu tüp açık uçtan yakılırsa alevin tüp içine doğru yayıldığı görülür. Bir süre sonra tüp içinde üç ayrı bölge gözlenir.

Önce soğuk bir karışım ki bu bölge yanmamış haldedir, sonra alevin ucu ve son olarak da yanma gazları. Başlarda alev ucunda yayılım hızları sabit ve 1 m/sn değerindedir. Daha sonra hareketler ivme kazanır ve inişli çıkışlı özellik kazanırlar, burada hız zamanın bir fonksiyonu olarak değişim gösterir.

İlerleyen zaman içersinde hız birden artış gösterir, 1 km/sn gibi bir değere kadar ulaşabilir. Bu yayılımı birbirini izleyen üç fazda incelersek :

- Zayıf bir hızla oluşan düzenli hareketler,
- Ortalama hızın arttığı, dolayısıyla inişli çıkışlı hareketler oluşumu,
- Çok yüksek hızda görülen düzenli hareketler.

İlk iki faz deflagrasyon rejimine son faz ise detonasyon rejimine uygundur.



Şekil 1. Tüp İçinde Yanma: Deflegrasyon ve Detonasyon

2.1.1. Detonasyonun Özellikleri

Detonasyon olaylarında ısı transferi şok dalgaları halinde gerçekleşir, dalgaların ucunda basınç, sıcaklık değerleri kesikli olarak değişkenlik gösterir.

Yayılım hızı sabit ve yüksektir bu değer 1-4 km/sn aralığındadır. Bu hız değişimi gaz karışımının bileşimine, basıncına ve sıcaklığına bağlıdır. Genelde yakıcı oksijen olduğu sürece detonasyon rejimi her gaz için geçerlidir. Ancak yakıcı hava ise bazı yakıtlar için, hava-yakıt karışımının bileşiminin limitleri tutuşma limit değerlerinin altında bir değerde ise detonasyon olabilir. Örneğin H_2 -hava karışımının tutuşma limitleri % 4-7,5 arasındadır, fakat detonasyon limitleri % 18-59 arasındadır, görülebileceği gibi detonasyon olamaz.

2.1.2. Deflagrasyon Özellikleri

Deflagrasyon olaylarında yayılma hızı gaz karışımının bileşimiyle değiştiği gibi aynı zamanda yayılımın gerçekleştiği ortamın şekli ve hacmi ile de değişir.

2.2. Ön Karışım Alevler, Difüzyon Alevleri

Bir yanma işleminin olması için ortamda havaya ihtiyaç vardır. Yakıt ile havanın teması iki türde gerçekleştirilebilir.

- Yanma öncesi her iki gaz ön karışimsız olarak yakılır, bu yanma tipi difüzyon alevlerini oluşturur.

- Yanma öncesi yakıt-hava ön karışımla yakılır bu yanma tipi ise ön karışım alevleri oluşturur.

Yanma prosesleri bazı parametrelere bağılı olarak değişiklik gösterir. Bunlardan ilki gazların akış durumlarıdır. Örneğin gazlar laminer veya türbülans özellik göstererek akabilirler, bir diğer parametre ise gazların ön karışım öncesi karışım oranlarıdır. Bu ön karışımı belirlemek için bazı kriterleri tanımlamak gerekir.

2.2.1. Ön Karışım Alevler

Ön karışım alevlerin oluşumunun yukarıda kısaca özetledikten sonra bu tip alevlerin yarar ve zararlarını şu şekilde sıralayabiliriz.

Yararları :

- Isı kaynağının konsantrasyonunu değiştirebilmek
- Yanma ortamının hacmini azaltmak
- Difüzyon alevlerinden daha yüksek sıcaklıklara erişmek
- Çeperlerde karbon birikiminin olmaması

Zararları:

- Yanma olayı uzun bir aralıkta olmaz
- Alevin geri dönmesi söz konusu olabilir.

2.2.2. Difüzyon Alevleri

Ön karışım alevler gibi difüzyon alevlerinde yarar ve zararlarından bahsetmek mümkündür. Bunları sıralarsak:

Yararları:

- Laminer rejimde bu tip alevler enerji sağlar ve böylece yüksek randıman elde edilmesini sağlarlar

- Yanma geniş bir aralıkta olur.

- Bu tip alevlerde eğer yakıt O_2 bir ön karışıma maruz kalmamışsa alevin geri dönüşü imkansızdır.

Zararları :

- Ön karışımlara göre difüzyon alevlerinin sıcaklığı daha düşüktür.

- Bir diğer problem ise yanma odasında çeperlerde karbon birikmesi oluşabilir.

2.3. Ön Karışım Alevlerde Oksijen-Yakıt Oranını Veren Parametreler

Bu parametrelerin en basiti yanma gazlarının oranlarıdır. Yakıt-hava karışımlarını gerek yakıt açısından gerekse hava açısından karşılaştırmak için farklı gaz karışımları için aynı parametreleri kullanmak gereklidir. Bunlar arasında hava oranı, zenginlik, stokiometrik oran sayılabilir.

2.3.1. Stokiometrik Oksijen Oranı (O_2 Fazlası)

Yanma başlamadan önce birim yakıtla karıştırılan oksijen hacmidir, n_p ile gösterilirse:

$$n_p = \frac{\text{kullanılan } O_2 \text{ miktarı (m}^3\text{)}}{\text{stokiometrik } O_2 \text{ miktar (m}^3\text{)}}$$

2.3.2. Stokiometrik Oran (Yakıt için)

$$F = \frac{\text{ilk karışımdaki gaz oranı}}{\text{stokiometrik karışımdaki gaz oranı}}$$

şeklinde tanımlanır.

2.3.3. Zenginlik

R ile gösterilir ve oksijen fazlasının tersidir.

$$R = \frac{1}{\frac{n}{p}}$$

$R > 1$ Yakıtça zengin alev

$R = 1$ Stokiyometrik alev

$R < 1$ Yakıtça fakir, oksijence zengin alev.

2.4. Türbülanslı - Laminer Alevler

Kullanılan alev tipleri gazın akış rejimine bağlı olarak kendi aralarında dört gruba ayrılır.

- Laminer rejimdeki difüzyon alevleri, bunlar ev aletlerinde, sıcak su teriminde kullanılır.

- Türbülans rejimdeki difüzyon alevleri bunlar endüstriyel fırınlarda kullanılır.

- Laminer rejimli ön karışımli alevler, bunlar havagazı dışındaki gazlarla çalışabilen ev aletlerinde kullanılır.

- Türbülans rejimli ön karışımli alevler, bu tiplerde yüksek ısı gerektiren endüstriyel fırınlarda kullanılırlar.

Aleve gaz akışı laminer veya türbülanslı olabilir bu boyutsuz Reynolds sayısı ile karakterize edilir.

$$Re = \frac{2.v. r_t}{k}$$

V : Gazın hızı

r_t : tüp yarı çapı

k : kinematik viskozitedir.

$Re < 2300$ durumunda akış laminerdir

$Re > 3200$ durumunda akış türbülanslıdır.

Benim incelediğim ve alev proseslerinde kullandığım alevler laminar alevleridir.

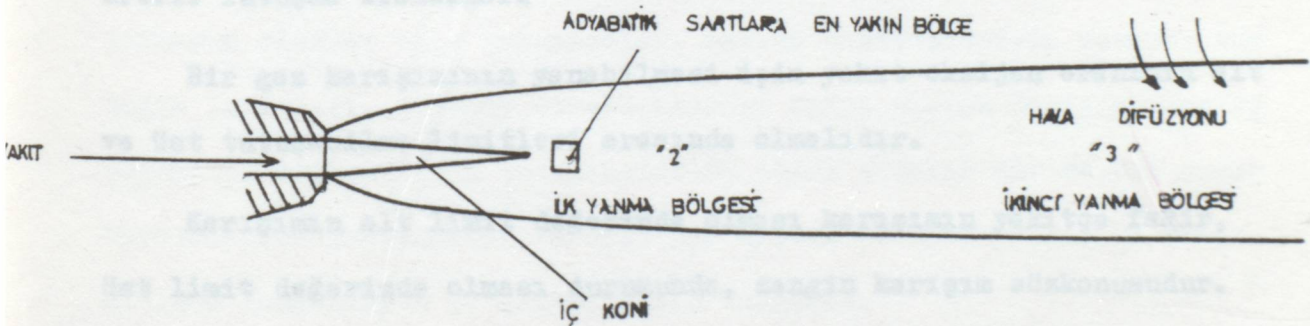
2.5. Ön Karışımli Alevlerin Yapısı

2.5.1. Laminer Akışta

Laminer akışta, alev yanmanın açık atmosferde olması halinde, yakıt- O_2 oranının yeterliliğiyle beraber iki bölge oluşur.

- İlk bölge : burada alev maximum sıcaklıktadır. ($3000^{\circ}C$ yakıt ile oksijen bu bölgede yanar, H , OH radikallerince zengindir.

- İkinci bölge : Yakıt fazlası havadaki oksijen ile yakılır. CO_2 , H_2O gibi kararlı yanma bölgesi oluşur.



Şekil 2. Ön Karışımli Laminer Alevlerin Yapısı

Birinci yanma bölgesinde alevin ucundan deflagrasyon hızının ölçülmesi mümkündür.

Tepede alevin ucu eğridir ve o noktadaki hız değeri temel hızdan daha yüksek bir değere sahiptir. Alevin ucundaki hız artışının nedeni gaz karışımının ön ısıtımından kaynaklanmaktadır, alev bu noktada diğer yerlere göre çok daha sıcaktır.

Ön karışımındaki oksijen oranı azalırsa temel hız ve tepe noktasındaki lokal hızda bir düşme görülür. Birincil bölgede, alev içerisinde gaz karışımının kimyasal değişimide sürekli olarak gözlemlenir.

İkinci yanma bölgesinde eğer hava veya oksijen oranı tam yanma için yeterli miktarda ise bu bölge az önem taşır. Bu bölgede genelde birinci bölgeden ayrılmış olarak çıkan maddelerin tekrar kombinasyonu gözlenir.

2.6. Gaz Karışımlarının Patlama-Tutuşma Aralıkları

2.6.1. Tutuşma Aralıkları

Bir gaz karışımının yanabilmesi için yakıt-oksijen oranının alt ve üst tutuşabilme limitleri arasında olmalıdır.

Karışımın alt limit değerinde olması karışımın yakıtça fakir, üst limit değerinde olması durumunda, zengin karışım sözkonusudur.

Tutuşma limitlerini etkileyen faktörleri belirtirsek

2.6.1.1. Yanma Enerjisinin Etkisi

Yanma limitleri arasında bulunan bir gaz karışımı için zayıf şiddetli bir kıvılcım yeterli olmaz, keza şiddetli olduğu düşünülen bir kıvılcım tutuşmayan bir karışım içinde alev görüntüsüyle kendi-

disini çevreler.

2.6.1.2 Yanmanın Olduğu Kapalı Yerin Boyutlarının Etkisi

Gaz hacminin bulunduğu yerin hacmi önemli bir parametredir, şöyleki eğer hacmin arttığı düşünülürse tutuşma aralığında beraberinde genişler.

2.6.1.3. Gaz Karışımının İlk Sıcaklığının Etkisi

Sıcaklığın artmasıyla beraber üst limitte bir artış alt limitte bir azalma görülür. Böylelikle tutuşabilirlik bölgesinde'de bir artış gözlenir. Fakat normal şartlar altında sıcaklık değişimlerinin limitler üzerinde çok fazla etkisi olmadığı'da söylenebilir.

2.6.1.4. Basıncın Etkisi

Atmosfer basıncının küçük değişimleriyle beraber basıncın etkisi azdır. Ancak değerlerin değişimi önemli derecede olması halinde basıncın rolü artar. Çok düşük basınçlarda karışımlar yüksek sıcaklıklarda olsalar bile tutuşmazlar. Basıncı değişimleriyle beraber tutuşma limitleri, tutuşma sıcaklıklarına bağlı olarak değişir. Basıncı değerinin azalması ile tutuşabilirlik alanı daralır alt ve üst sınır birbirlerine yaklaşırlar ve öyle bir kritik basınca ulaşır ki bunun altında kompozisyon ne olursa olsun tutuşmaz.

2.6.1.5. Nemin Etkisi

Su buharı tutuşma aralığını az etkilese de genede aralığı daraltır.

Tablo 1. Gaz Yakıtların Patlama Limitleri

Yakıt	Hava ile Patlama limitleri		Oksijen ile Patlama limitleri	
	Alt limit % gaz	Üst limit % gaz	Alt limit % gaz	Üst limit % gaz
Hydrogene H_2	4	75	4	94
Karbonmonoxide CO	12,5	74	12,5	94
Methane CH_4	5	15	5	60
Propane C_3H_8	2,2	9,5	2,2	45
Pentane C_5H_{12}	1,4	7,8	-	-
Propene C_3H_6	2	10,5	2	53
Acetylene C_2H_2	2,5	81	2,5	93

2.6.2. Kendiliğinden Tutuşma Sıcaklığı

İki türlü olarak gerçekleşebilir.

- Tüm karışımın minimum bir sıcaklığa taşınması ile gerçekleşebilir. Buna kendiliğinden tutuşma sıcaklığı denir.

- Gaz karışımının lokal bir yerden ısıtılması sayesinde, yani ateşleme yoluyla ateşleme kaynakları arasında kıvılcım, sıcak bir yüzey ile temas sayılabilir.

Yakıtların minimum kendiliğinden tutuşma sıcaklıkları Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Yakıtların Kendiliğinden Tutuşma Sıcaklıkları

Yakıt		Kendiliğinden tutuşma sıcaklığı		Teorik Yanma sıcaklığı	
		Hava ile °C	Oksijen ile °C	Hava ile °C	Oksijen ile °C
Hydrogene	H ₂	570	560	2060	2750
Karbonmonoxide	CO	610	570	2100	2640
Methane	CH ₄	580	535	1940	2760
Ethane	C ₂ H ₆	490	-	1940	2780
Propane	C ₃ H ₈	480	470	1950	2800
Butane	C ₄ H ₁₀	420	280	1960	2790
Pentane	C ₅ H ₁₂	310	260	2020	2840
Ethylene	C ₂ H ₄	490	455	2020	2890
Propene	C ₃ H ₆	460	-	2070	2860
Butadiene	C ₄ H ₆	420	335	-	-
Acetylene	C ₂ H ₂	305	295	2230	3050

2.6.2.1. Kendiliğinden Tutuşma Sıcaklığını Etkileyen Faktörler

- Gaz karışımının bileşimi :

Stokiyometrik oranlarda kendiliğinden tutuşma sıcaklığı bir minimum oluşturmaz. Oksijen-gaz karışımlarının tutuşma sıcaklığı, hava-gaz karışımının tutuşma sıcaklığından daha azdır ancak bu fark çok fazla değildir.

- Tutucuların, duyurucuların etkisi;

Gaz karışımlarına giren bazı maddelerin etkileri, tutuşma sıcaklığını düşürmek doğrultusunda olur. Bu fark 100°-200°C arasında değişkenlik gösterebilir. Duyurucu olarak adlandırılan maddeler ortama serbest radikaller vererek ayrılmış olanlardır (NO₂, fenol gibi). Buna karşı bazı maddeler engelleyiciler gibi ters tepki yaratır, yani tutuşma sıcaklığını arttırır (metil bromür).

2.7. Ön Karışım Alevlerin Hızları ve Alev Stabilitesi

2.7.1. Alev Hızları

Alevlerin deflagrasyon hızları gazların uygulama alanları açısından oldukça önemlidir. Fakat hızların ölçülmesi'de o derece zordur.

Deneyssel olarak iki metod vardır.

- Yanmayan gaz karışımı içinde yayılan alev için statik metodlar
- Hareketli gaz içindeki sabit alev için dinamik metodlar.

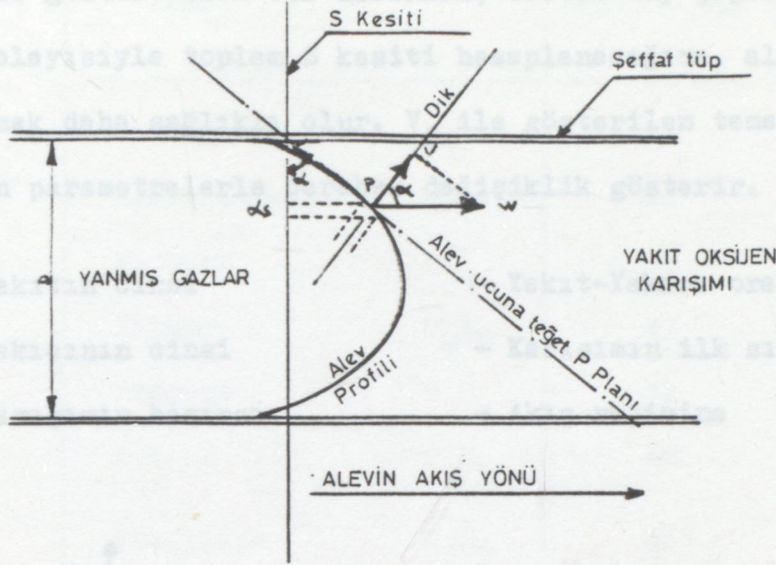
Tüp metodu ile yapılan deflagrasyonluğunun bulunması:

Yanabilir bir gaz karışımını havadan arındırılmış bir cam tüpe yerleştirirsek, tüpün çapı limit çaptan daha büyüktür (limit çap deyimi ile o değerin altındaki bir çapta deflagrasyon olmayacağı anlamındadır). Basınç ise $p d^2 = \text{sab}$ ifadesi ile tanımlanırsa, d tüp çapıdır, tüp yanmanın oluşacağı taraftan açık, ve yanacak yakıt karışımının basıncına eşdeğer bir inert gaz basıncı ile temas halindedir. Tüpün diğer ucu ise kapalı durumdadır. Alevlenme tüpün tamamen açılmasıyla, daha önce açık olan uca yakın yerden başlar. Alev sabit bir hızla, belli bir mesafede yayılmaya başlar bu hızı W yayılma hızı diye adlandırılırsa, bu hızı ölçmek için iki yöntem vardır.

Bu yöntemlerden birincisinde, eşit zaman aralıklarında alevin ardarda pozisyonlarını belirten görüntülerinin klişelere kaydıyla gözlenebilir. Diğer metodda ise tüp üzerine sabitleştirilmiş sabit röperler önünden geçen alev görüntülerinin süresini ölçerek gözlenebilir.

Yanmadan dolayı yayılmadan oluşacak lokal hızı V ile gösterirsek, V ile W arasındaki açıyı α ile ifade edersek

$$V = W \cdot \cos \alpha \text{ yazılabilir.}$$



Şekil 3. Tüp Metodu ile Yapılan Deflagrasyon Hız Ölçümü

V_f ifadesi temel deflagrasyon hızı ise V_f hızını tüm V hızlarının bir ortalaması olarak düşünmek gerekir.

Şekilde görülen ds birim alanı ve $d\sigma$ sembolü toplam alanı ifade etmektedir. Buradan;

$$V_f = \frac{1}{\sum} \int V \cdot d\sigma \text{ yazılabilir.}$$

ds , $d\sigma$ 'nin bir izdüşümü ise böylelikle :

$$dS = d\sigma \cdot \cos \alpha \text{ ve } \cos \alpha = \frac{ds}{d\sigma} \text{ yazılabilir.}$$

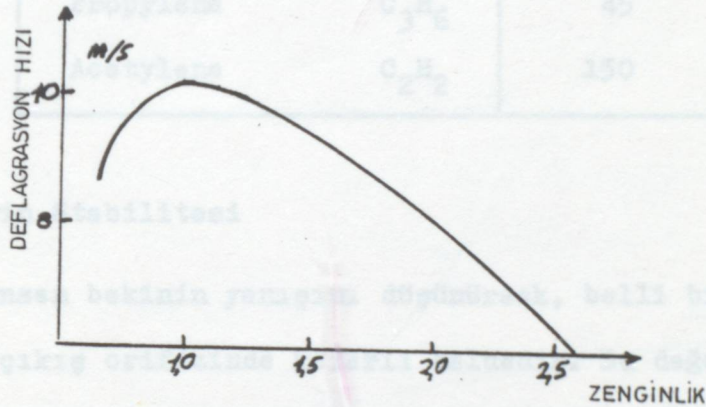
$$V = W \cdot \frac{dS}{d\sigma} ; \quad V_f = \frac{1}{\sum} \int W \cdot \frac{dS}{d\sigma} = \frac{WS}{\sum}$$

S tüp kesitini belirtmektedir.

Demekki V_f , yanmış karışım hacminin birim zamana oranıdır.

Alev tüpün tam kesitini yalaması mümkün değildir, bunun için her zaman   ile gösterebilen bir kalınlık, alevle t p çeperi arasında mevcuttur. Dolayısıyla toplam S kesiti hesaplanacağına, alevin yaladığı alanı ölçmek daha sağlıklı olur. V_f ile gösterilen temel hız ağağıda gösterilen parametrelerle beraber değiğiklik gösterir.

- Yakıtın cinsi
- Yakıt-Yakıcı oranına
- Yakıcının cinsi
- Karışımın ilk sıcaklığına
- Karışımın basıncı
- Akış rejimine



Şekil 4. Asetilen Gazı İçin Deflagrasyon Hızının Zenginlikle Deėiėimi

Örneğin t p metodu ile yapılan denemelerde :

$$D_t = 0.8 \text{ cm}$$

$$P_{atm} = 1.013 \text{ mbar}$$

$$T_{kar}(\text{gaz-hava}) = 25^\circ\text{C}$$

Tablo 3. Gaz Yakıtların Maximum Deflagrasyon Hızları

Yakıt		Maximum hız V_F (cm/sn)
Hydrogene	H_2	267
Karbonmonoksit	CO	45
Methane	CH_4	35
Ethane	C_2H_6	43
Propane	C_3H_8	41
Butane	C_4H_{10}	40
Propylene	C_3H_6	45
Acetylene	C_2H_2	150

2.7.2. Alevin Stabilitesi

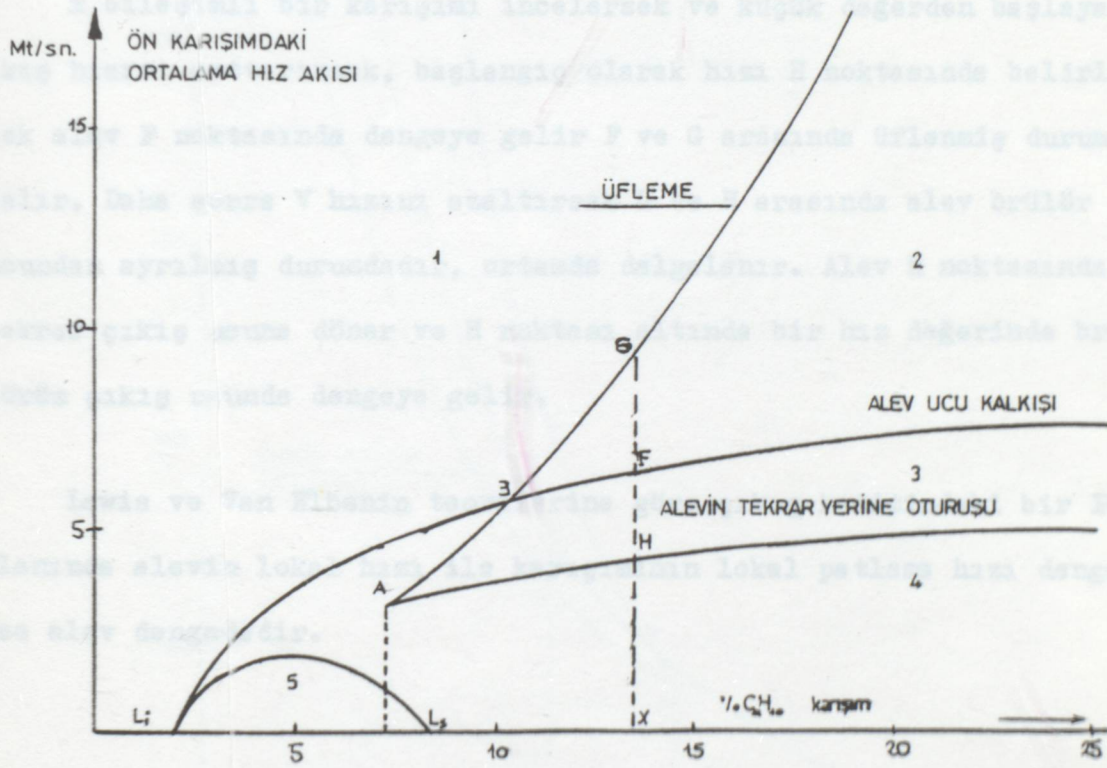
Bir bünsen bekinin yanışını düşünürsek, belli bir basınç değ-
rinde alev çıkış orifizinde kararlı haldedir. Bu değerin üzerindeki
basınç değ-erinde alev stabil özelliğini kaybeder. Bu durumda alevin
dip tarafı brülörün çıkışından uzaklaşır. Basınç daha artarsa çıkış
deliğinden iyice uzaklaşır ve havada inişli-çıkışlı özellikler gös-
termeye başlar. Basınç daha da artarsa alev iyice uzaklaşır ve sö-
ner. Buna alevin üfleme ile sönmesi denir. Bu fenomenin oluşumuna
neden olan çıkış hızına üfleme hızı denir. Sistemi yüksek basınçtan
daha az bir basınç değ-erine çekersek alev tekrar yerine oturur. Bu-
na'da alevin-tekrar yerine oturması denir, hıza'da geri oturma hızı
denir. Alevin yüksek basınçta çıkış deliğinden ayrılma hızı ile dü-
şük basınçta yerine oturma hızı arasındaki fark yakıtın özelliğiyle
ve ön karışım bileşimiyle değişir. Bu fark yakıtça zengin gazlarla

dahada artar. Bir başka taraftan çıkış hızı gittikçe zayıflarsa ve eğer alev çıkış kesiti büyükse alev birden içeri kaçar, buna alevin geri dönüşü denir, o anki hıza alevin geri dönüş hızı basınca ise geri dönüş basıncı adı verilir. Alevin stabilitesinin bir diyagramla açıklarsak:

Havada yanan gaz karışımları için :

- 4. Bölge : alevler stable haldedir.

- 5. Bölge : alev brülörden içeri girmektedir/alevin geri dönüşü



Şekil 5. Bir Brülörün Çalışma Diyagramı

Diyagramda gösterilen 5 bölgeyi tanımlarsak :

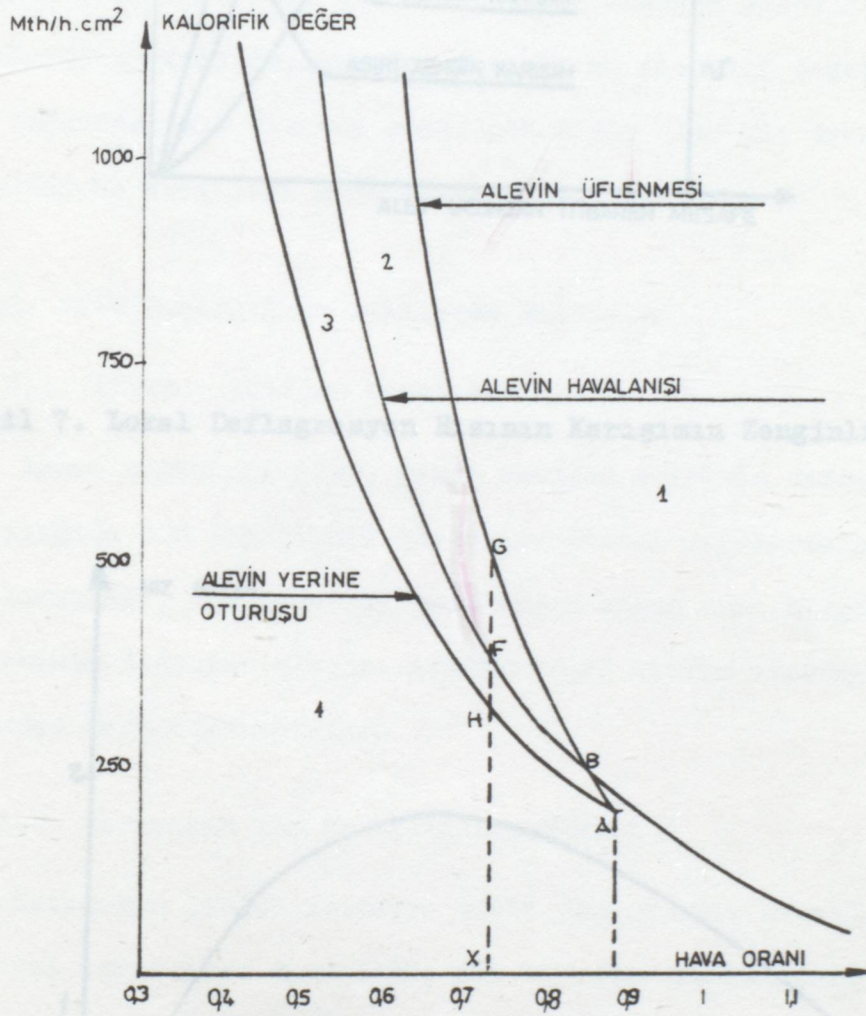
- 1. bölge : buradan alevler üflenmiş durumdadır
- 2. bölge : burada alevler çıkış deliği tabanından ayrılmış havada inişli, çıkışlı özellik gösterirler,
- 3. bölge alevler : 2. bölgede gibi, yada stable haldedir.
- 4. bölge : alevler stable haldedir.
- 5. bölge : alev brülörden içeri girmektedir/alevin geri dönüşü)

x bileşimli bir karışımı incelersek ve küçük değerden başlayarak akış hızını arttıırırsak, başlangıç olarak hızı H noktasında belirlersek alev F noktasında dengeye gelir F ve G arasında üflenmiş durumda kalır. Daha sonra V hızını azaltırsak G ve H arasında alev brülör ucundan ayrılmış durumdadır, ortamda dalgalanır. Alev H noktasında tekrar çıkış ucuna döner ve H noktası altında bir hız değerinde brülörün çıkış ucunda dengeye gelir.

Lewis ve Van Elbenin teorilerine göre çıkış kesitindeki bir P planında alevin lokal hızı ile karışımının lokal patlama hızı dengede ise alev dengededir.



Şekil 6. Bir brülörün gelişen diyagramı



Şekil 6. Bir Brülörün Çalışma Diyagramı

2.8. Ön Karışım Alevlerin Isısı ve Isıl Değerleri

Tanım olarak alev sıcaklığı yanma ile elde edilebilen maksimum sıcaklıktır. Ancak alevin hangi noktasında bu maksimum sıcaklığa ulaşılabilir? Ön karıştırmalı yanmalarda ilk bölgede mavi konili bir bölge mevcuttur, onu ikinci bir bölge izlerki bu bölge 1. bölgede yanmadan dolayı oluşan ürünleri içerir. İkinci bölge dengede olarak kabul edilebilir. Mavi koninin ucundan ölçülen sıcaklık değeri yanma ürünlerinin gizli ısılarından hesaplanan sıcaklık değerine yaklaşık bir değerdir. İlk kısımda yanma çok hızlı olur bir denge söz konusu değildir ve sıcaklığı hesaplamak mümkün değildir.

2.8.1. Alev Sıcaklığını Etkileyen Faktörler

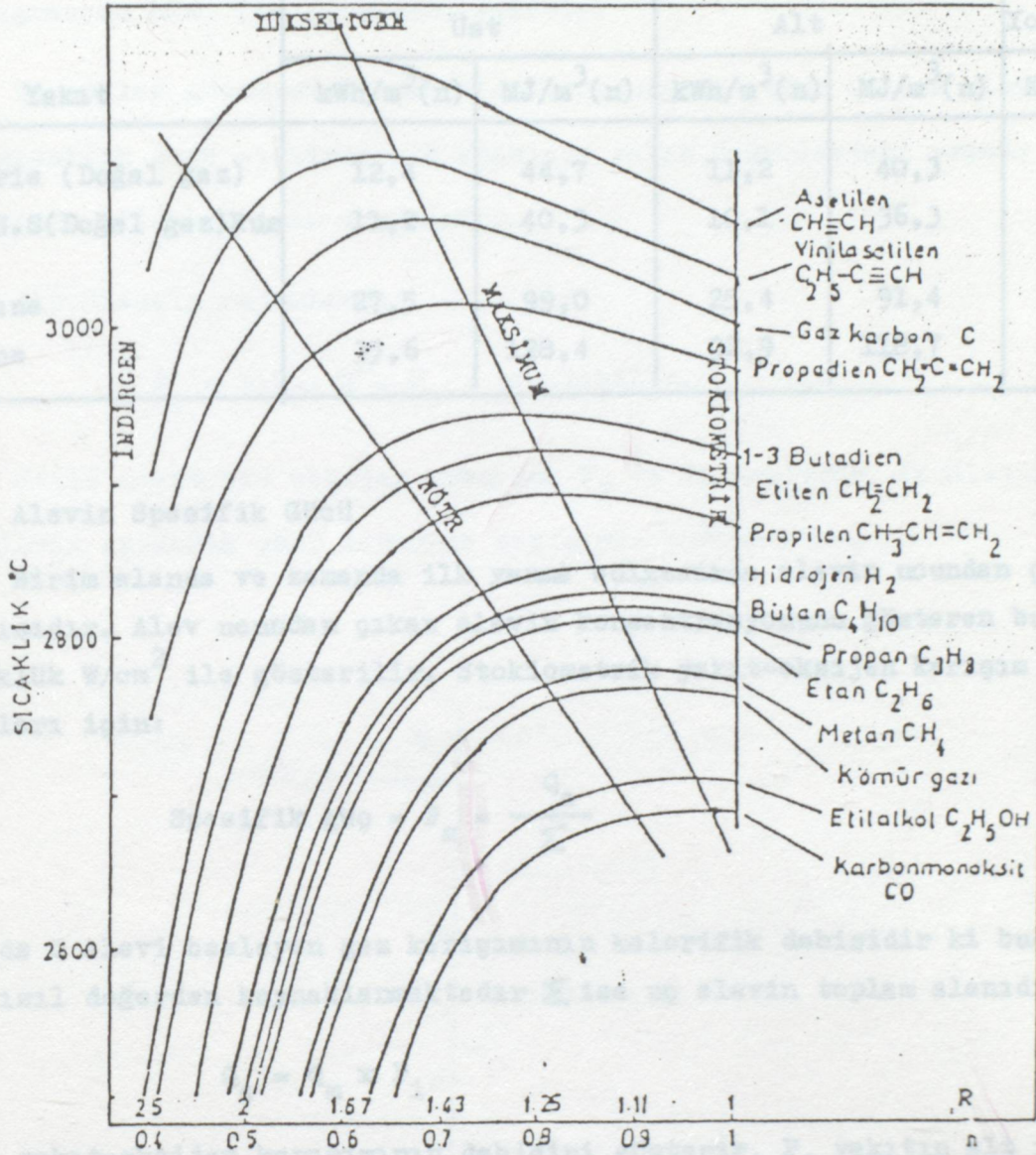
2.8.1.1. Yakıt - Oksijen Oranı Etkisi

Yanma sıcaklığı gibi, yakıt oksijen oranının değişmesiyle alev sıcaklığında bir değişiklik gösterir. Normal şartlarda yanan bir alevin sıcaklığı, stokiometrik oranlardan biraz daha zengin karışımlarda maksimum değerine ulaşır. Aradaki fark alevin atmosferde difüze olmasından kaynaklanmaktadır.

2.8.1.2. Karışımın İlk Sıcaklığının Etkisi

Karışımın bir ön ısıtmaya tabii olması alev sıcaklığının artmasına yol açar. Alev sıcaklığı, ilk karışım sıcaklığıyla beraber artar yaklaşık 30°C ve 40°C arasında bir değerde kalır eğer yakıcı olarak hava, oksijen kullanılırsa bu aralık 10°C - 25°C arasında değişim gösterir.

Tablo 4. Gaz Yakıtların Isıl Değerleri ve Yoğunluğu



Şekil 9. Hesaplanmış Adyabatik Alev Sıcaklıkları

Tablo 4. Gaz Yakıtların Isıl Değerleri ve Yoğunluğu

Yakıt	Isıl Değer				Yoğunluk
	Üst		Alt		
	kWh/m ³ (n)	MJ/m ³ (n)	kWh/m ³ (n)	MJ/m ³ (n)	
Algerie (Doğal gaz)	12,4	44,7	11,2	40,3	0,82
U.R.S.S(Doğal gaz)Rus	11,2	40,3	10,1	36,3	0,78
Propane	27,5	99,0	25,4	91,4	1,98
Butane	35,6	128,4	32,9	118,7	2,60

2.9. Alevin Spesifik Gücü

Birim alanda ve zamanda ilk yanma bölgesinde alevin ucundan çıkan ısıdır. Alev ucundan çıkan alevin konsantrasyonunu gösteren bu büyüklük W/cm^2 ile gösterilir. Stokiometrik yakıt-oksijen karışım oranları için:

$$\text{Spesifik güç} = P_s = \frac{Q_c}{\sum}$$

Burada Q alevi besleyen gaz karışımının kalorifik debisidir ki burada alt ısı değerinden kaynaklanmaktadır $\sum$ ise uç alevin toplam alanıdır.

$$Q_c = Q_m \times P_1$$

Q_m = yakıt-oksijen karışımının debisini gösterir, P_1 yakıtın alt ısı değeridir.

$$Q_m = U.S$$

U bu tanımda karışımın ortalama çıkış hızıdır. S çıkış kesitidir. Buradan;

$$P_s = \frac{U.S}{\sum} = P_1 = \frac{V}{F} : P_1$$

$$V_F = \frac{U.S}{\sum} \text{ şeklinde ifade edilir:}$$

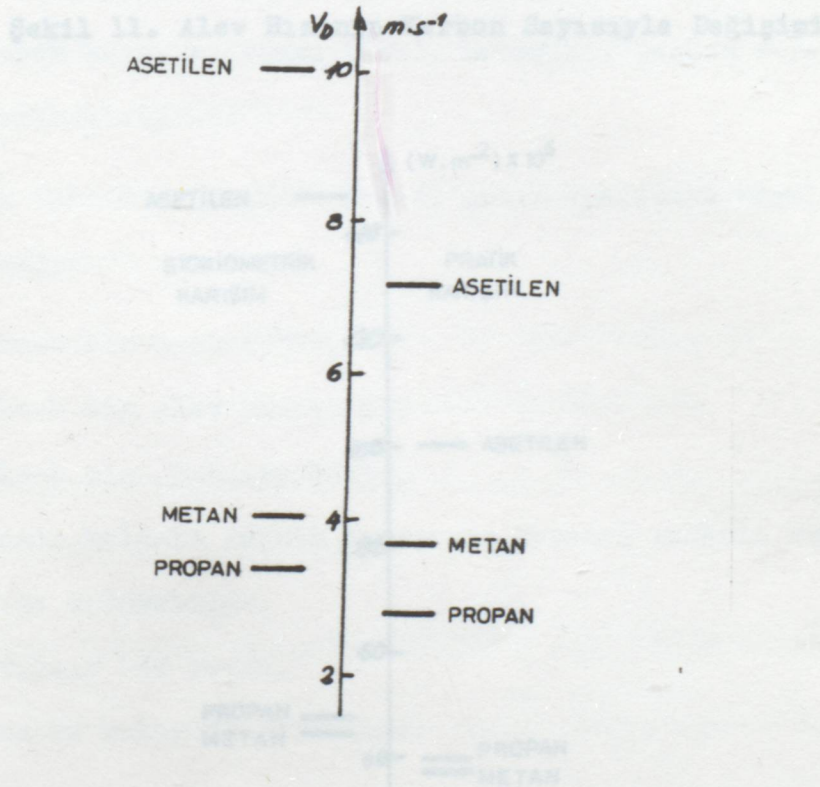
Laminer akışta alevin spesifik gücü, ön karışımli yakıt-oksijen karışımı için stokiometrik oranlarda karışımın alt ısı değeri ile deflagrasyon hızı ile çarpımına eşittir.

Denemeler göstermiştir ki hidrokarbonlardan elde edilen alevlerin spesifik gücü stokiometrik oranlara yakın değerlerdeki primer karışımın bileşimi için maksimumdur.

Türbülanslı rejimlerde;

$$P_s = k \cdot V_F \cdot R^n \cdot P_1 \quad \text{yazılabilir.}$$

Belli sabit bir oksijen oranında V_F ve P_1 sabittir. Denilebilir ki alevin spesifik gücü Reynolds sayısı ile artmaktadır.



Şekil 10. Alev Hızının Stokiometrik ve Pratik Karışımlarla

2.10. Gaz Yakıt-Oksijen Alevlerinin Kullanım Alanları

Yakıt gazları yüksek çapta konvansiyonel ısıtma için kullanılırlar. Konvansiyonel ısıtma da 500°C'ye kadar olan yüksek ısıları verir. Yüksek sıcaklık gerektiren alanlarda alevlerin kullanılması uygun değildir. Yüksek bir ısıda, büyük bir güç gerektirir. Alev prosesleri ya da yerel ısıtma prosesleri için ayrılmıştır.

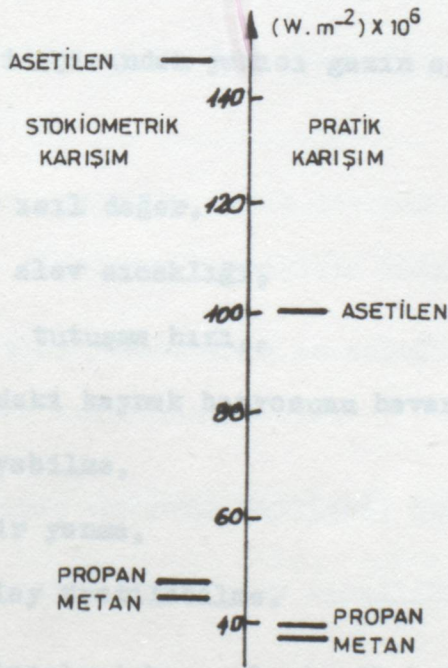
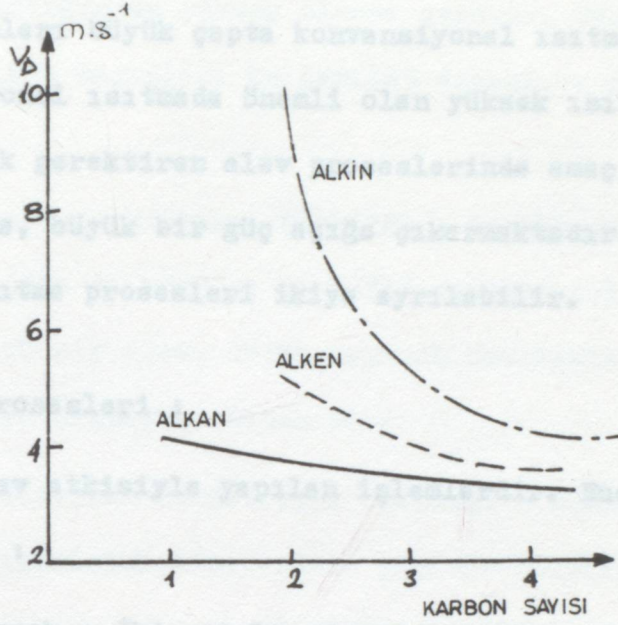
2.10.1. Alev Prosesleri

Yakıt alevi ısıtma alanları için kullanılır. Endüstriyel uygulamaları bunlardır:

Otojen Kaynak : İki metal parçanın birleştirme tekni-

ğidir. Kaynağı yapacak alevi oluşturmada yakıt gazı olarak genellikle oksijen kullanılır. Yakıt gazı olarak asetilen, hidrojen, metan, propan, propan-butan karışımı (LPG), bütan, etan veya benzeri bu gazlar kullanılmaktadır.

Şekil 11. Alev Hızının Karbon Sayısıyla Değişimi



Şekil 12. Alevlerin Spesifik Gücü

2.10. Gaz Yakıt-Oksijen Alevlerinin Kullanım Alanları

Yakıt gazları büyük çapta konvansiyonel ısıtma için kullanılırlar. Konvansiyonel ısıtmada önemli olan yüksek ısı verim eldesidir. Yüksek sıcaklık gerektiren alev proseslerinde amaç, alevin ucunda küçük bir hacimde, büyük bir güç açığa çıkarmaktadır. Alev prosesleri ya da yerel ısıtma prosesleri ikiye ayrılabilir.

2.10.1. Alev Prosesleri :

Yalnız alev etkisiyle yapılan işlemlerdir. Endüstriyel uygulamaları şunlardır :

Otojen Kaynak : İki metal parçasını eriterek birleştirme tekniğidir. Kaynağı yapacak alevi oluşturmada yakıcı gaz olarak genellikle oksijen kullanılır. Yanıcı gaz olaraksa asetilen, hidrojen, metan, propan, propan bütan karışımı (LPG), havagazı, benzin veya benzol buharı kullanılmaktadır.

Kaynak tekniği açısından yanıcı gazın aşağıdaki koşullara sahip olması istenir:

- a. Yüksek bir ısı değer,
- b. Yüksek bir alev sıcaklığı,
- c. Yüksek bir tutuşma hızı,
- d. Erimiş haldeki kaynak banyosunu havanın zararlı etkilerine karşı koruyabilme,
- e. Artıksız bir yanma,
- f. Ucuz ve kolay üretilebilme.

Kaynak alevi incelenirken, alevin dört özelliği dikkate alınmalıdır:

- Kaynak alevinin ısısal özelliği : Alev sıcaklığının metallerin erime sıcaklığından yüksek olması gerekir. Çünkü iletkenlik, ısınma ve konveksiyon kayıpları kullanılan sıcaklığı önemli derecede düşürür.

- Kaynak alevin kimyasal özelliği : Kaynak yapılan metal ve alaşımın cinsine göre ya nötr ya da hafif redükleyici bir alev kullanılır. Oksitleyici bir alev, düşük mekanik özelliklere sahip bir kaynak dikişinin ortaya çıkmasına neden olur.

- Kaynak alevinin endüstriyel özelliği : Bunlar pratik yönünden önemli olup, değerlendirilmelerinin güçlüğü nedeniyle ihmal edilen alevin kararlılık ve ayar elastikiyeti özellikleridir. Alevin kararlılığı, yanma hızına ve yanıcı gaz ile oksijen, karışım oranına bağlıdır. Yanma hızı dikkate alınırca, oksit-asetilen alevi diğerlerine göre daha kararlıdır. Yanıcı-yakıcı oranına göre alevlerin kullanım yerleri şöyle belirtilebilir:

1. Yanıcı : yakıcı oranı 1:1 olan nötr alevler bakır ve çelik kaynağında kullanılır.

2. Oksijeni az, yanıcısı fazla ise tam yanma yoktur. (O_2 ve H_2) fazla miktardadır. Alüminyum kaynağında kullanılır.

3. Oksijen fazla, yanıcısının az olduğu alevler pirinç (Cu-Zn alaşımı) kaynağında kullanılmaktadır.

- Kaynak alevinin ekonomik özelliği; iki etkene bağlıdır:

a. Kaynağın yapılma hızı (alev sıcaklığının yüksek olması gerekir),

b. Yanma için gerekli oksijen miktarı (alevin maliyetine etkir).

Lehim: Heterojen bir birleştirme yöntemidir. İki metalik malzeme kendileri erimeden, erime derecesi daha küçük olan bir ek malzemenin (lehim alaşımı) erimesiyle birleştirilirse, bu işleme lehim adı verilir. Lehim alaşımları, pratikte her çeşit probleme cevap verebilecek çeşittedir. Uygulamada tel, çubuk, levha, çeşitli formda parçacıklar, talaş, tane ve toz biçiminde bulunur.

Lehimleme işlemi, lehimin erime sıcaklığına göre ikiye ayrılır. Erime sıcaklığı 450°C nin altında ise birleştirmeye yumuşak lehimleme, 450°C nin üzerinde ise sert lehimleme adı verilir. Erime derecesi 900°C nin üzerinde olanlara da Yüksek Sıcaklık Lehimleri denir.

Lehimlemenin kaynaktan farkı, birleştirilecek esas malzemenin erimemesi ve lehimleme sıcaklığının da, birleştirilen parçaların erime sıcaklığından daha küçük olmasıdır.

Diğer alev prosesleri ise; alevle yüzeysel tavlama, temizleme, metal kaplama ve bazı metallerin eritilmesidir.

Alevle temizleme, metallerin yüzeyindeki oksitlerin ani ısıtmanın verdiği ısısal şok ile temizlenmesidir. Pasın hızla ısıtılmasıyla ortamdan uzaklaşan su buharı, demir oksitleri toz haline getirir ve döker.

Metal kaplama sırasında, alevle kaplama metali birlikte, toz halinde püskürtülür.

Birtakım metallerin eritilmesine, bu sırada metalin oksitlenmesini önlemek için, indirgen bir doğal gaz aleviyle eşlik edilebilir.

2.10.2. Oksijen Prosesleri

Kesme hattında, metal malzemeye oksidasyon sıcaklığına (yakma sıcaklığına) kadar ön ısıtma (tavlama) yapılır. Bu sıcaklık 760°C - 870°C dolayındadır ve bu sıcaklığa kadar ısıtılan metal parlak kırmızı bir renk verir. Bu sırada o bölgeye gönderilen oksijen, metalin ani olarak metal oksidi olmasını sağlar. Oksijenle kesmede koşul, oluşan metal oksidin erime sıcaklığının, esas metalin erime sıcaklığından daha düşük olmasıdır. Böylece metal eritilerek ve yanmış gazlar basınçlı oksijen tarafından kesme ağzından uzaklaştırılarak kesme gerçekleştirilmiş olur.

Belirtilen oksi-termal kesme koşulları için, oksi-asetilen, oksi-propan ve oksi-doğal gaz alev sıcaklıkları ve ısıları yeterlidir. Bu üç alevin kullanılmasında % 0,25'e kadar karbon içeren düşük karbonlu çelikler bir problem çıkarmazlar. Çok az alaşımlı ve % 0,30'un üzerinde karbon içeren orta karbonlu çeliklerde, kesme kenarında biraz sertleşme görülebilir. % 0,35'in üzerindeki karbonlu çeliklerde ise, kesme kenarı çatlamalarını önlemek için 260°C - 315°C dolayında malzemeye kesmeden önce ön tavlama uygulamak gerekir.

Eğer bir metalin oksitinin erime noktası metalin kendisinin erime noktasından daha yüksekse; bu metal, oksijen akımına sıcak demir tozu verilerek kesilebilir. Demir tozu yanarak, metalin kesilmesi için gerekli sıcaklıkta bir sıvı püskürtür.

3. ALEV DEN METALE ISI İLETİMİ

Isı transferi alevden metale üç yolla gerçekleşir.

3.1. Kondüksiyon ile Isı Transferi

Temel denklemi Furier diferansiyel denklemdir.

$$Q = - K. A. \frac{dT}{dx} \quad . \quad (\text{tek boyutlu})$$

A : Isının aktığı doğrultuya dik alan (m^2)

K : Isı iletim katsayısı ($-\frac{kcal}{m \cdot h^\circ C}$; $-\frac{kJ}{m \cdot h^\circ C}$; $-\frac{W}{mk}$)

x : Isının aktığı doğrultu.

3.2. Konveksiyonla Isı İletimi

Bu yüzeyden akışkan ortama geçişte görülür, akışkan hareketi ile ısı enerjisi bu bölgeden diğer bir bölgeye sıcaklık farkından dolayı transfer olur. Temel denklem Newton soğuma kanunudur.

$$Q = \alpha \cdot A (T_w - T_m) \quad T_w \neq T_m \quad T_w - T_m = \Delta T$$

α : Yüzey ısı transferi katsayısı ($-\frac{kcal}{m^2 \cdot h^\circ C}$; $-\frac{W}{m^2 \cdot K}$)

ΔT : Yüzeyle ortam arasındaki sıcaklık farkı,

A : Isının aktığı yüzey

3.3. Radyasyonla Isı Transferi

İki sistem uzayda birbirleriyle temas durumunda olmaksızın meydana gelen ısı akım işlemine ısıma ile ısı transferi denir. Bu iki sistem arasında boşlukta olsa transfer gerçekleşir. Temel denklemin Stephan-Boltzman'a ait kanunudur.

$$Q = \sigma \cdot A \cdot T^4$$

Q : Saatte ısıma yolu ile A yüzeyinden yayılan ısı

T : Yüzeyin mutlak sıcaklığı (K)

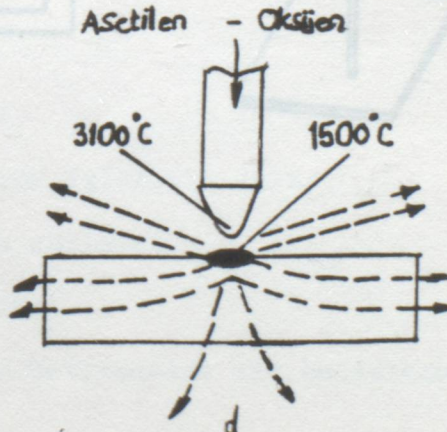
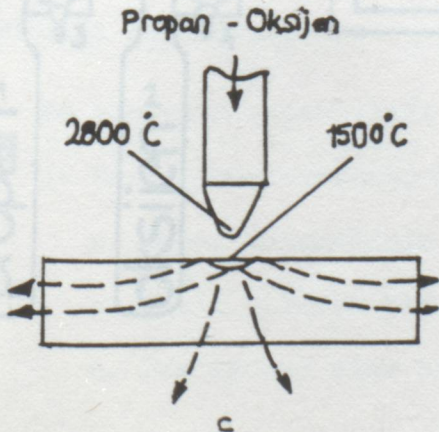
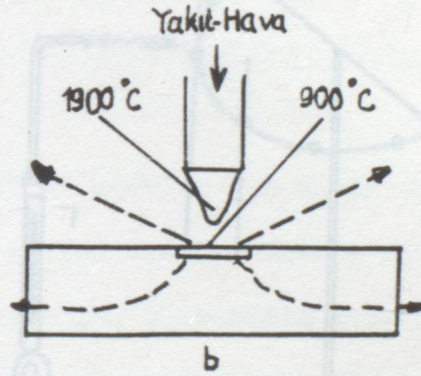
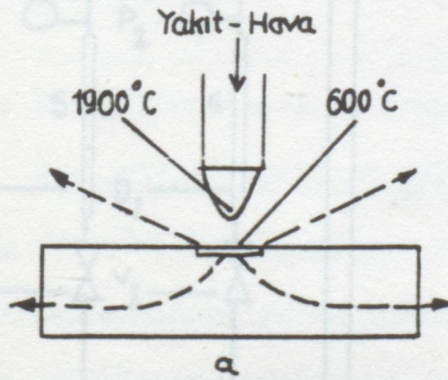
σ : Stephan-Boltzman sabiti ($\text{kal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$).

$$\sigma : 4,96 \times 10^{-8} \left(\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2\text{hK}^4} \right) \text{ veya } 5.67 \times 10^{-8} \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}^4} \right)$$

Çalışmalarımızda en önemli pay konveksiyona aittir. Radyasyonla ısı iletimi eğer alevde yanmamış katı parçacıklar varsa çok önemlidir. Gaz yakıt alevleri ise homojen ve katı partikül olmayan alevlerdir. Böyle alevlerde dalga boyunun fonksiyonu olarak ısıma sürekli değil kesiklidir. 3000°C 'de radyasyonla ısı iletimi % 8,5 civarındadır.

Isı transferi alevden metale özetle şu şekilde olur.

- Parçaya ısı geliri, parça ısınır.
- Gelen ısı giden ısıya eşitlenir sistem dengededir.
- Isı gelişi, ısı kaybından fazladır, malzeme erir.

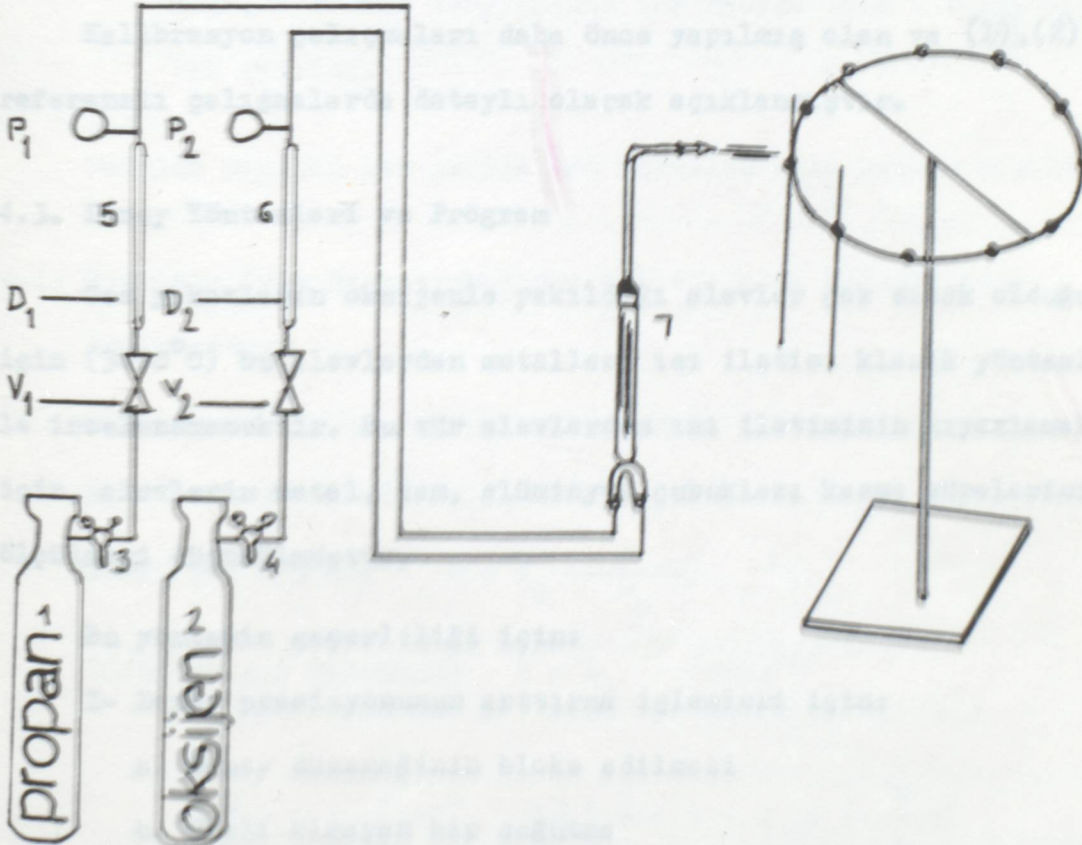


4. YÖNTEM VE DENEYSEL ÇALIŞMALAR

4.1. Deney Düzenegi:

Gaz yakıt-oksijen alevleri çok sıcak olduğundan bu tür alevlerden metallere ısı iletimini kıyaslamak için propan-oksijen alevlerinin metal ve cam çubuğu kesme sürelerinin ölçülmesi düşünülmüştür. Şekil (14) görüldüğü gibi tüplerden çıkan gazlar debisi debimetrelerle, basınçlarda manometrelerle ölçülmektedir. Alevin önüne yerleştirilen piring, alüminyum ya da cam çubuğun kesilme süresi farklı zenginliklerde ve farklı aralıklarda (alev ile metal veya cam çubuk arasında) kronometre ile ölçüldü. Hamlaç bir kılavuz üzerinde yatay ve dikey ekseninde hareket edebilecek şekilde dizayn edilmiştir.

Alevin iç koni yüksekliği katetometre yardımı ile ölçülmüştür.



Şekil 14, Deney Düzenegi

Deney düzeneğinde yer alan aletler.

1. Propan tüpü
2. Oksijen tüpü
3. Propan regülatörü
4. Oksijen regülatörü
- 5.6. Debimetreler (iğne vanalı, bilyalı)

7. Hamlaç

V_1, V_2 : Vanalar

P_1, P_2 : Manometreler

D_1, D_2 : Bilyeli debimetreler

4.2. Kalibrasyon Etüdü

Kalibrasyon çalışmaları daha önce yapılmış olan ve (1),(2) referanslı çalışmalarda detaylı olarak açıklanmıştır.

4.3. Deney Yöntemleri ve Program

Gaz yakıtların oksijenle yakıldığı alevler çok sıcak olduğu için (3000°C) bu alevlerden metallere ısı iletimi klasik yöntemlerle incelenememektedir. Bu tür alevlerden ısı iletiminin kıyaslanak için, alevlerin metal, cam, alüminyum çubukları kesme sürelerinin ölçülmesi düşünülmüştür.

Bu yöntemin geçerliliği için:

I- Deney presizyonunun arttırma işlemleri için:

- a. Deney düzeneğinin bloke edilmesi
- b. Hızlı olmayan bir soğutma
- c. Pozisyonun alev boyunun katotometre ile belirlenmesi

- d. Ağırlık asarak çalışma
- e. Üç değişik malzeme kullanımı (cam, Al, pirinç)
- f. Kalibrasyon çalışmaları.

II. Denemeler :

a. Kendini tekrarlama deneyleri

- 3 değişik malzeme, 3 değişik çapta hamlaç,
3 değişik zenginlik. Herbiriyle 10'ar deneme yapıldı.

b. Aks üzerinde ilerleme etkisi deneyleri:

- 1,3 h, 2h, 3h için 2 farklı malzeme ile 2 farklı zenginlikte her deney için 3 ölçüm alınarak yapıldı.

c. Kesme hızının zenginlikle değişiminin deneyleri.

- Üç farklı malzeme, 3 ayrı gaz debisinde, 2 farklı hamlaç kolu, 8 farklı zenginlikte her deneme için 2 değer alınarak yapıldı.

Verilen program hem propan hem asetilen gazı içinde yapıldı.

4.4. Gazların Debi Hesaplanmasında Kullanılacak Bağantıların Belirlenmesi

Gazların hamlaçtan çıkış basıncındaki debi ile kullanılan basınçtaki debi arasındaki bağıntıyı irdellemek için:

İdeal gaz konumunda $Q = Q_0 \left(\frac{P}{P_0} \right)$

Difüzyon gaz konumunda $Q = Q_0 \left(\frac{P}{P_0} \right)^{1/2}$

$$\frac{Q}{Q_0} = \left(\frac{P}{P_0} \right)^m \quad \ln \left(\frac{Q}{Q_0} \right) = m \ln \left(\frac{P}{P_0} \right)$$

$\ln Q/Q_0$ ile $\ln(P/P_0)$ arasında bir profil çizilirse eğriden m değeri 0,7 olarak bulunur. Böylece eşitlik

Bir deneyin $Q = Q_0 \left(-\frac{P}{P_0} \right)^{0,7}$ olarak belirlenir.

Propan ve oksijen gazlarının yanma denkleminde;



1 mol propanın tam yanması için 5 mol oksijen gerekli olduğu gözlenir.

Yakıtça zenginlik = $R = \frac{1 \text{ mol } C_3H_8 \text{ için stokiyometrik } O_2 \text{ miktarı}}{1 \text{ mol } C_3H_8 \text{ için kullanılan } O_2 \text{ miktarı}}$

$$R = \frac{5}{Q_{O_2}/Q_{C_3H_8}} = \frac{5 \cdot Q_{C_3H_8}}{Q_{O_2}}$$

Ancak basınç farklılığı nedeni ile $Q = Q_0 \left(-\frac{P}{P_0} \right)$ bağıntısından yararlanacağız:

Hesaplama örnekleri daha önce yapılmış olan(1),(2) referanslı tezlerde detaylı biçimde gösterilmiştir.

4.5. Deney Sonuçlarının İstatistiksel Metodlarla İncelenmesi

Bu bölümde yapılan deneysel çalışmaların doğruluk derecesinin istatistiksel metodlarla saptanmasıdır.

Hatalar genel olarak iki ana grupta toplanabilir.

a. Belirli hatalar: Belli bir referansa göre bulunur.

b. Belirsiz hatalar : Büyüklüğü bilinmeyen hatalardır. Bunlar kendi aralarında rastlantısal, sabit, yöntem hataları olarak üçe ayrılır.

Bu arada bazı ifadelerin tanımını yapmakta fayda vardır.

Ortalama :

Bir deneyin defalarca tekrarlanmış ve sonuçları X_1, X_2, X_3, X_4 ile belirli ise aritmetik ortalama

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

Varyans-Standard Sarma:

Bu ölçüler, bir deneysel ölçme sırasında meydana gelebilecek rastlantısal hataların tahmininde kullanılır. n elemanlı bir örnek için varyans bu değerlerin sapmalarının karelerinin ortalamasıdır. Bu tanımda ortalamadan pozitif ve negatif sapmaların ikiside gözönüne alınmıştır.

$$\text{Varyans : } \sigma^2 = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n}$$

Varyansın karekökü standart sapmadır (σ).

% Bağlı hata

$$\% B.H = \left| \frac{x - \bar{x}}{\bar{x}} \right| \cdot 100$$

% Aritmetik hata:

$$\% AH = \left(\frac{X_{\max} - X_{\min}}{X_{\max}} \right) 100$$

Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen sürelerin $\pm$ %3 gibi bir hata oranı ile değişim gösterdiği gözlenmiştir. Çizilen grafikler ise zaman ile yakıtça zenginlik arasında düzenlendiği için belirli bir hata payınında yakıtça zenginliği hesaplarken doğabileceği düşünülmüştür. Sistemin tekrar gözden geçirecek olursak: Bilindiği gibi hem yakıtın hemde oksijenin, yakıtça zenginliği hesaplarken, hem debimetreleri okunmakta, hemde manometreleri okunmaktadır. Hesap için gerekli sayıları okurken göz yanılması yanında getirdiği hata hesabına yer verilmiştir. Şöyleki, her iki gazı birbirinden bağımsız olarak irdelersek:

Propan gazı sistemi sabit debide aktarılmıştır. Bunun için debimetresinin ve manometresinin aynı olmasına dikkat edilmiştir. Böylece propan gazından gelebilecek hatayı sabit olarak düşünebiliriz. Hesapları : (Aşağıda yer verilen hesaplar 3 nolu hamaç ve 7,3 yakıt debisi değerleri alınarak yapılmıştır.

Debimetre değeri	P_{gr}	Q_{gr}	P_{man}	Q_{Hesap}
7,25	0,046	0,0073	0,00375	0,007227
7,3	0,0465	0,0074	0,05	0,007384
7,35	0,047	0,0075	0,0625	0,007543

Esasta debimetre 7,3'ü, manometre 0,05'i gösterirken, bu sayılar hem debimetrenin hemde manometrenin skalasına bağlı olarak bir artış ve bir azalma değerlerine sahip olurlar. Propan için debimetre skalasında h_{gr} 0,0125 değerlerindedir. Elde edilen yeni debimetre, manometre değerleri ile hesaplanacak olan Q değerleri bizlere alt ve üst sınırı verecektir. Bundan hata payını hesaplamak mümkün olacaktır,

$$Q_{C_3H_8} = Q_{gr} \left(\frac{P_{atm} + P_{man}}{P_{C_3H_8} + P_{gr}} \right)^{0,7} \text{ formülünden (1),(2).}$$

$$P_{atm} = 1,01192 \text{ bar}$$

$$P_k = 1,01858 \text{ bar}$$

$$C_3H_8$$

$$Q_1 = 0,0073 \left(\frac{1,01192+0,0375}{1,01858+0,046} \right)^{0,7}$$

$$Q_1 = 0,007227 \text{ lt/sn}$$

$$Q_2 = 0,0075 \left(\frac{1,01192+0,0625}{1,01858+0,047} \right)^{0,7}$$

$$Q_2 = 0,007543 \text{ lt/sn}$$

$$\% \text{ Hata} = \left(\frac{Q_2 - Q_1}{Q_2} \right) \cdot 100$$

$$\% \text{ Hata} = \left(\frac{0,007543 - 0,007227}{0,007543} \right) \times 100$$

$$\% \text{ hata} = \% 4$$

Aynı işlemi açıklamak amacı ile oksijen içinde uygularsak

Debimetre değeri	P_{gr}	Q_{gr}	P_{man}	Q_{hesap}
6,875	0,23	0,0245	0,195	0,0238
7	0,24	0,025	0,22	0,0245
7,125	0,245	0,0255	0,245	0,0253

Oksijen için debimetre 7'yi, manometre 0,22'yi gösterirken propanda olduğu gibi skalalara bağlı olarak bir artma ve bir azalma gösterirler. Oksijen için debimetrede yanılma payı $\pm 0,125$, manometrede $\pm 0,025$ 'dir. Aynı şekilde yeni elde edilen debimetre ve manometre değerleri ile Q 'lar hesaplanırsa

$$Q_1 = 0,0245 \left(\frac{1,01192+0,195}{1,0239 + 0,23} \right)^{0,7} \quad P_{O_2} = 1,0239 \text{ bar}$$

$$Q_1 = 0,0238 \text{ lt/sn}$$

$$Q_2 = 0,0255 \left(\frac{1,01192+0,245}{1,0239+0,245} \right)^{0,7}$$

$$Q_2 = 0,0253 \text{ lt/sn. bulunur.}$$

Buradan

$$\% \text{ Hata} = \left(\frac{Q_2 - Q_1}{Q_2} \right) 100$$

$$\% \text{ Hata} = \left(\frac{0,0253 - 0,0238}{0,0253} \right) \times 100$$

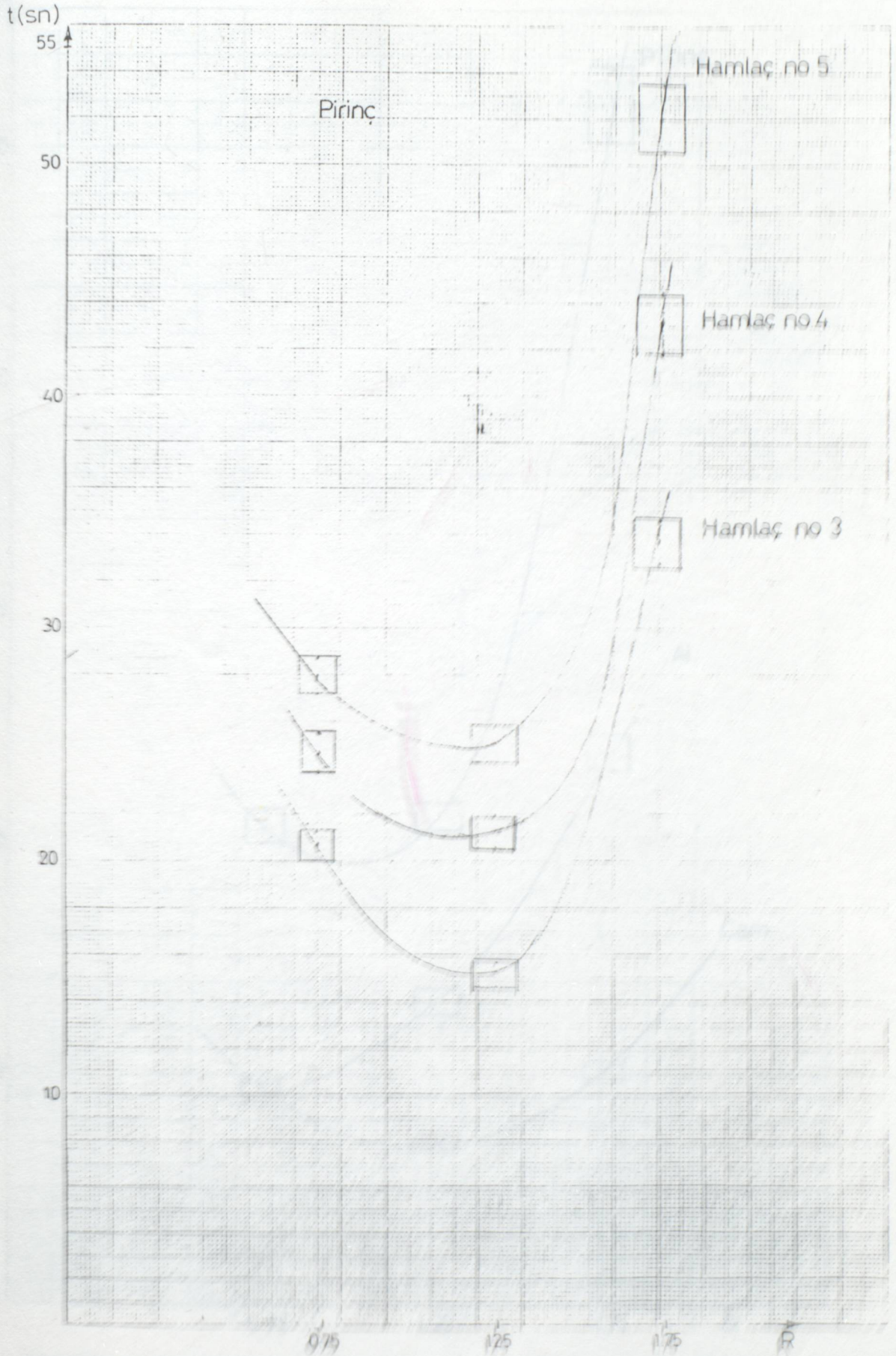
$$\% \text{ Hata} = \% 6$$

Hem propandan, hemde oksijenden gelen toplam hata $\% 10$ 'dur ($\% 6 + \% 4$). Bu hata payı yakıtın zenginliği $\pm \% 5$ dolayında değişmektedir.

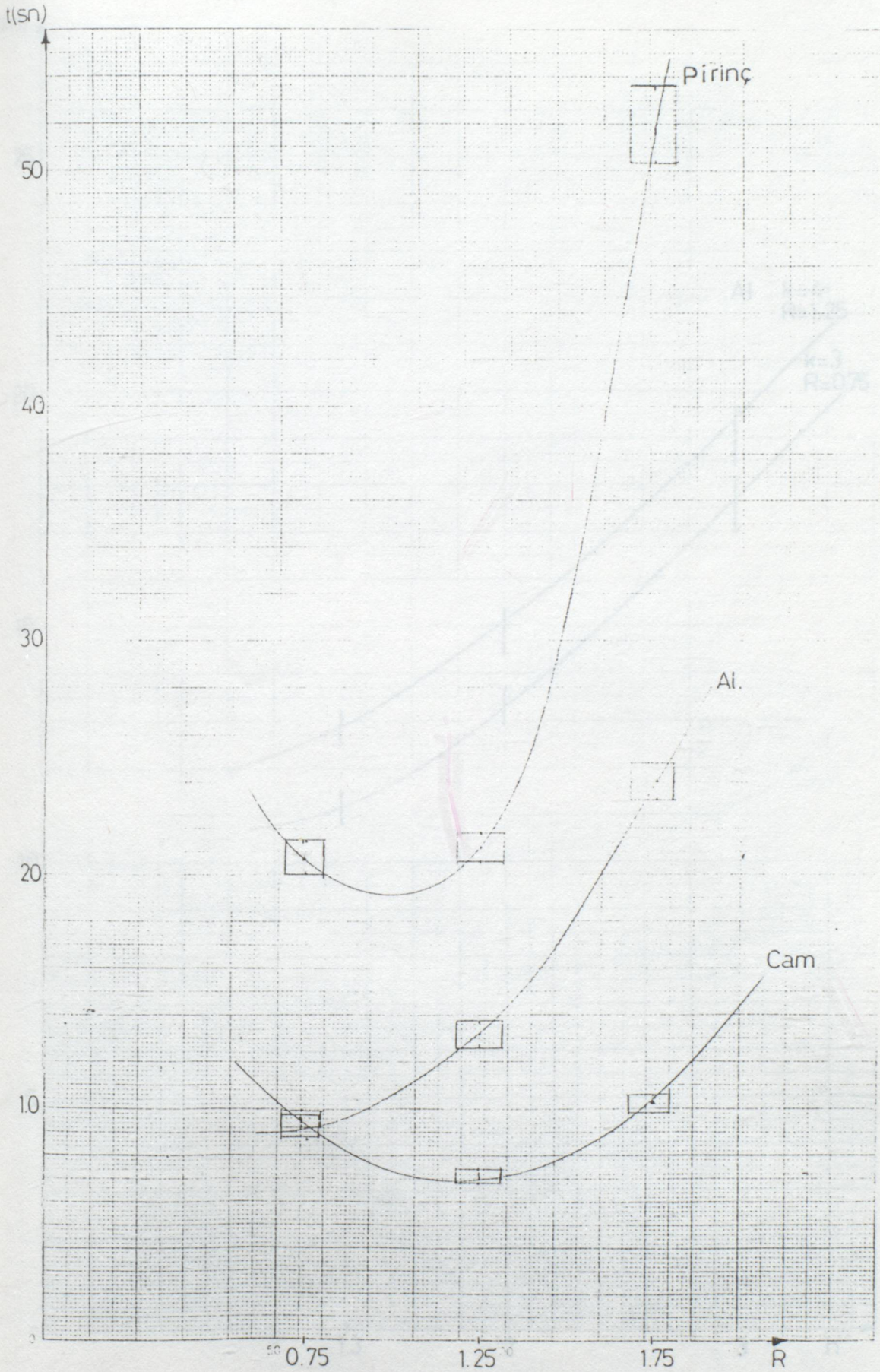
Aşağıda Oksijen için diğer debimetre, manometre göstergeleri için hesaplanan yüzde hatalar verilmiştir.

<u>Debimetre göstergesi</u>	<u>Manometre göstergesi</u>	<u>Q % hata</u>
6,4	0,2	6
7,4	0,27	7
7,9	0,32	8
8,4	0,41	5
9,1	0,5	6
9,8	0,7	6
10,3	0,77	6

4.6. Yer verilen tüm grafiklerde yakıtça zenginlik değişimi $\pm$ % 5, süre ise $\pm$ % 3 aralığındadır.

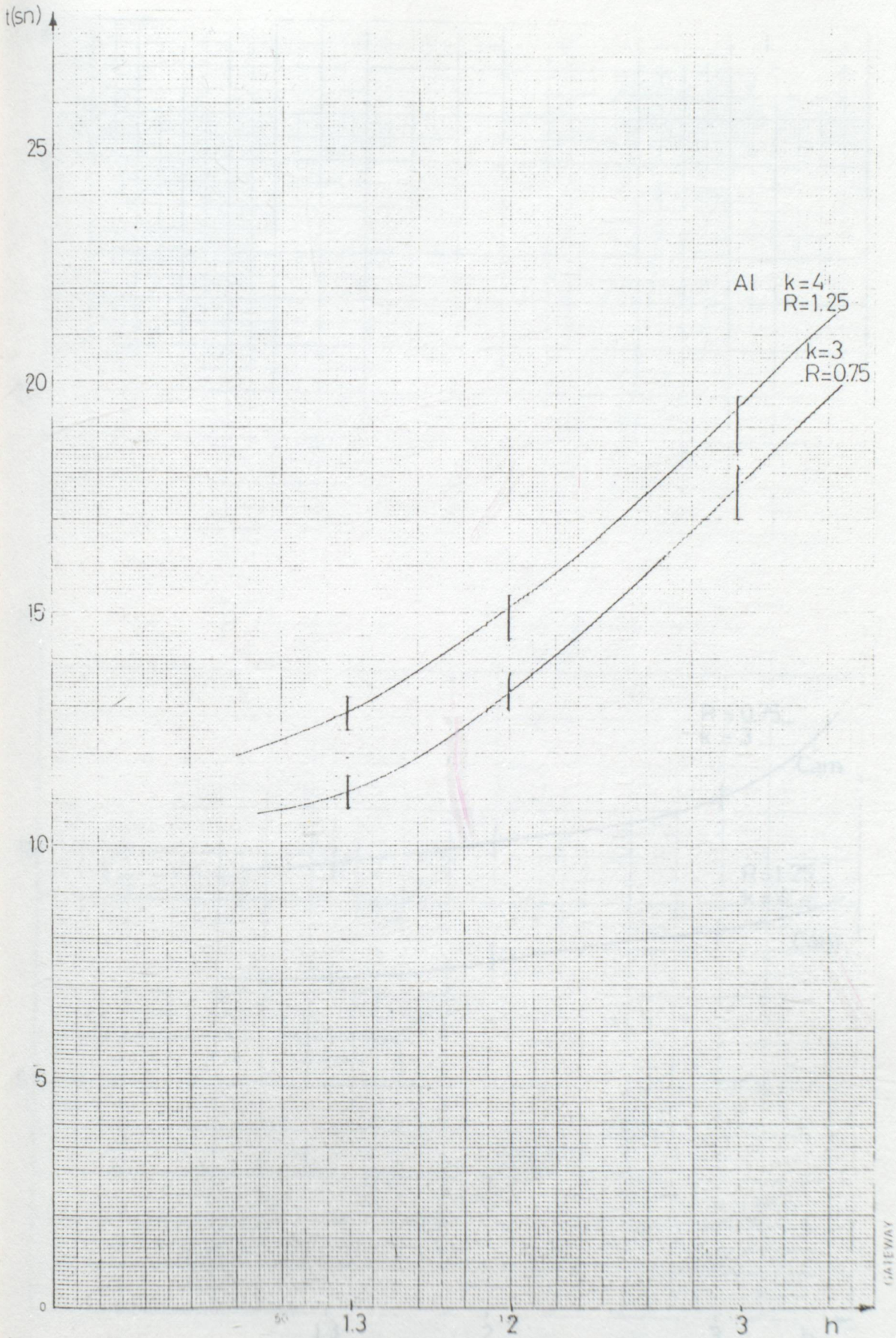


Grafik 1. Piring için 3 farklı Kol ile 3 Ayar Yakıt Zenginliğinin

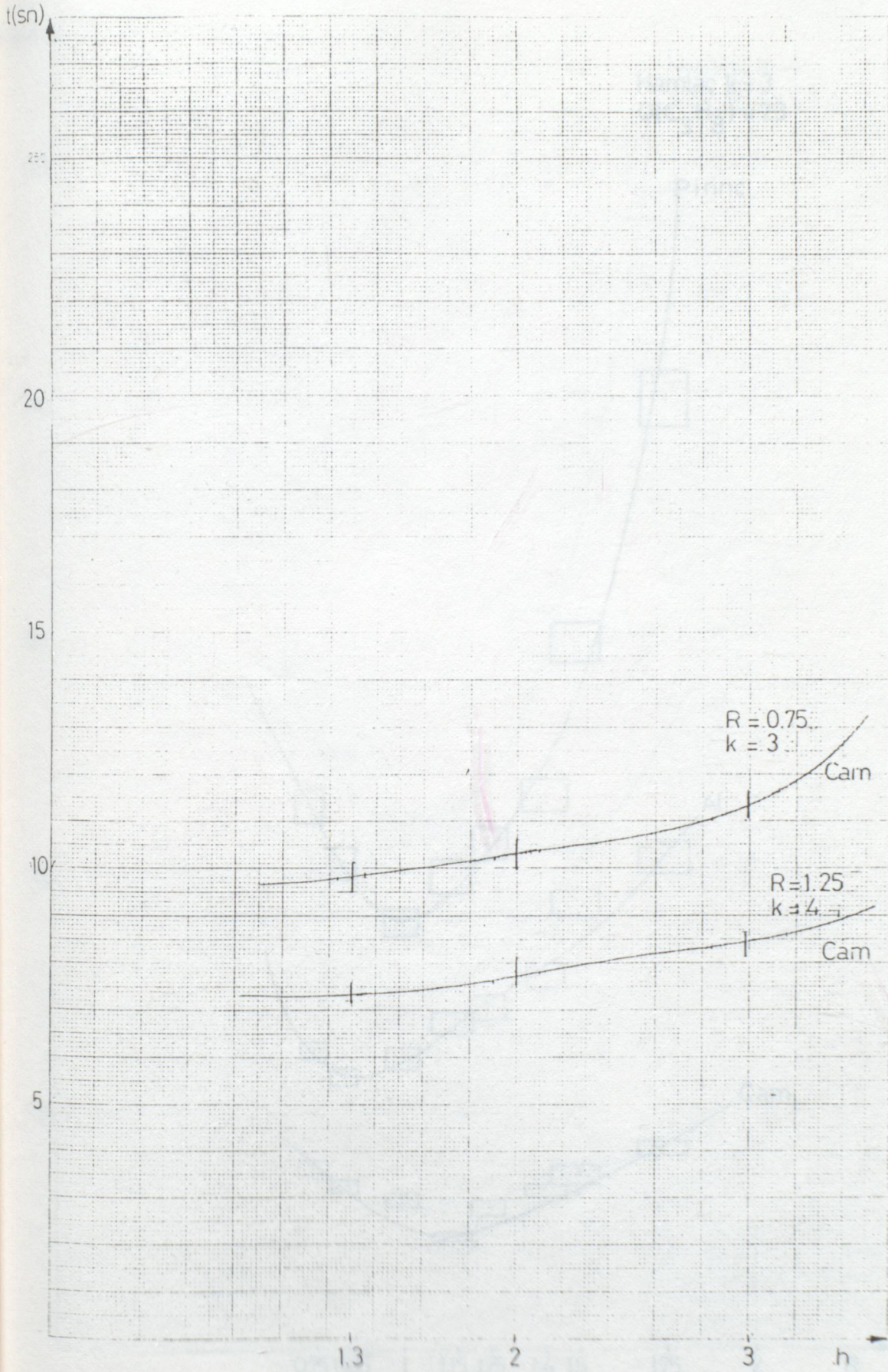


Grafik 2. 3 Farklı Malzeme ile 3 Farklı Kolda, 3 Ayrı Yakıt

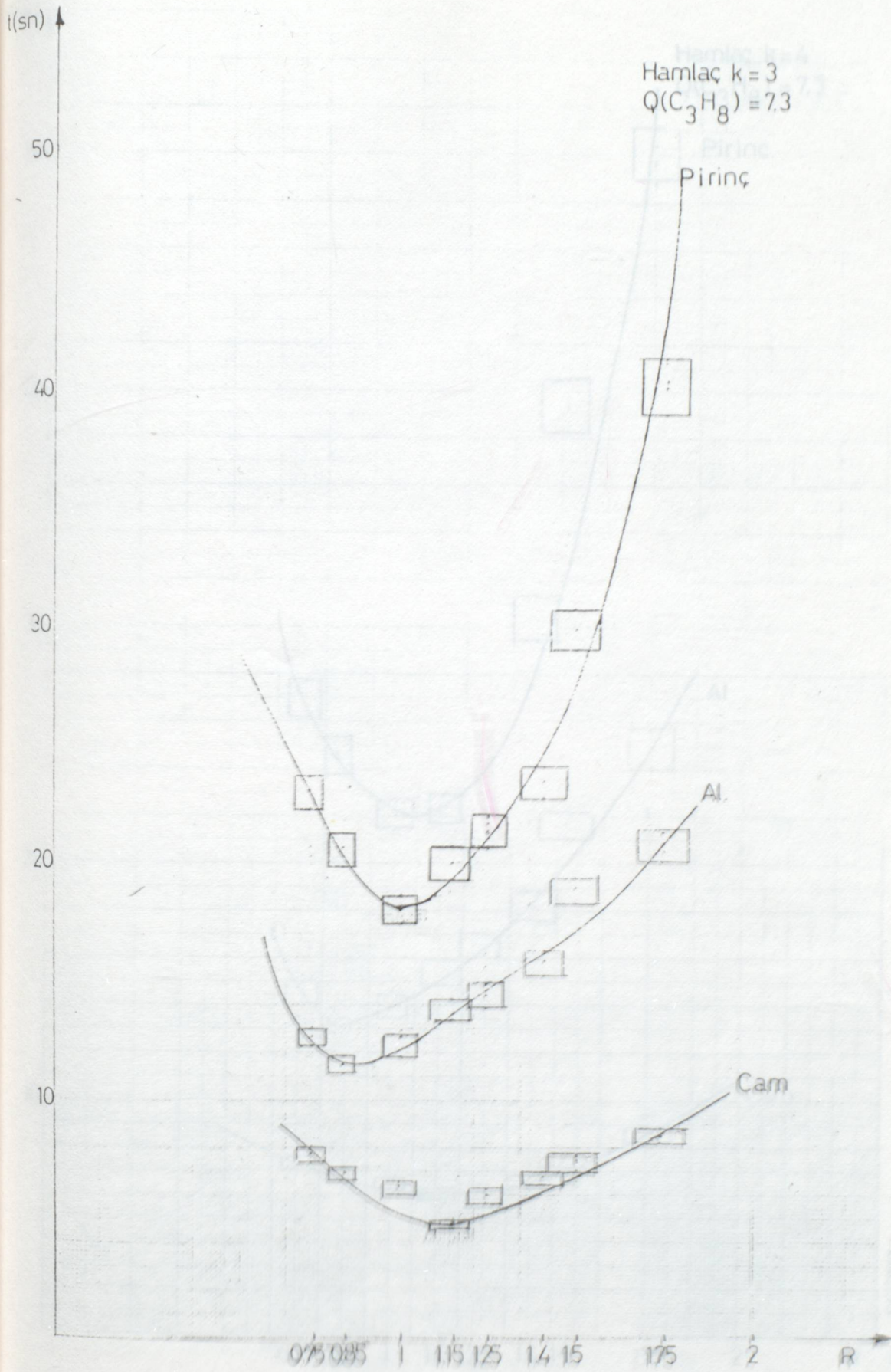
Zenginliğin Kesme Süreleriyle Değişimi ($R=0,75$ ---



Grafik 3. Alüminyum İçin Hamlaç Ucu-Çubuk Arası Uzaklığın 1,3 h, 2h,3h Olduğu Durumda Kesme Süresinin Değişimi

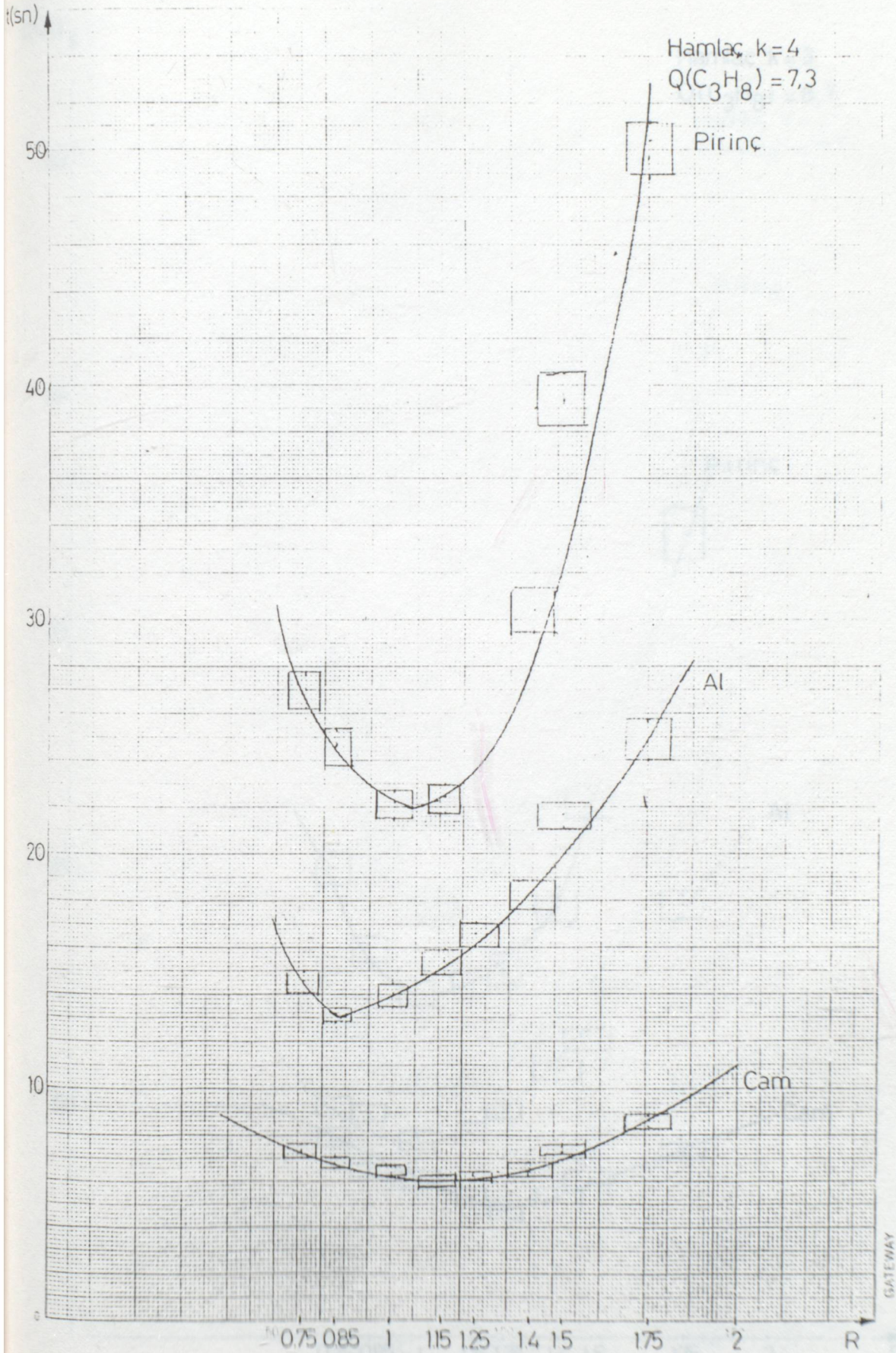


Grafik 4. Cam İçin Hamlaç Ucu-Çubuk Arası Uzaklığın 1,3 h, 2h,3h Olduğu Durumda Kesme Süresinin Değişimi



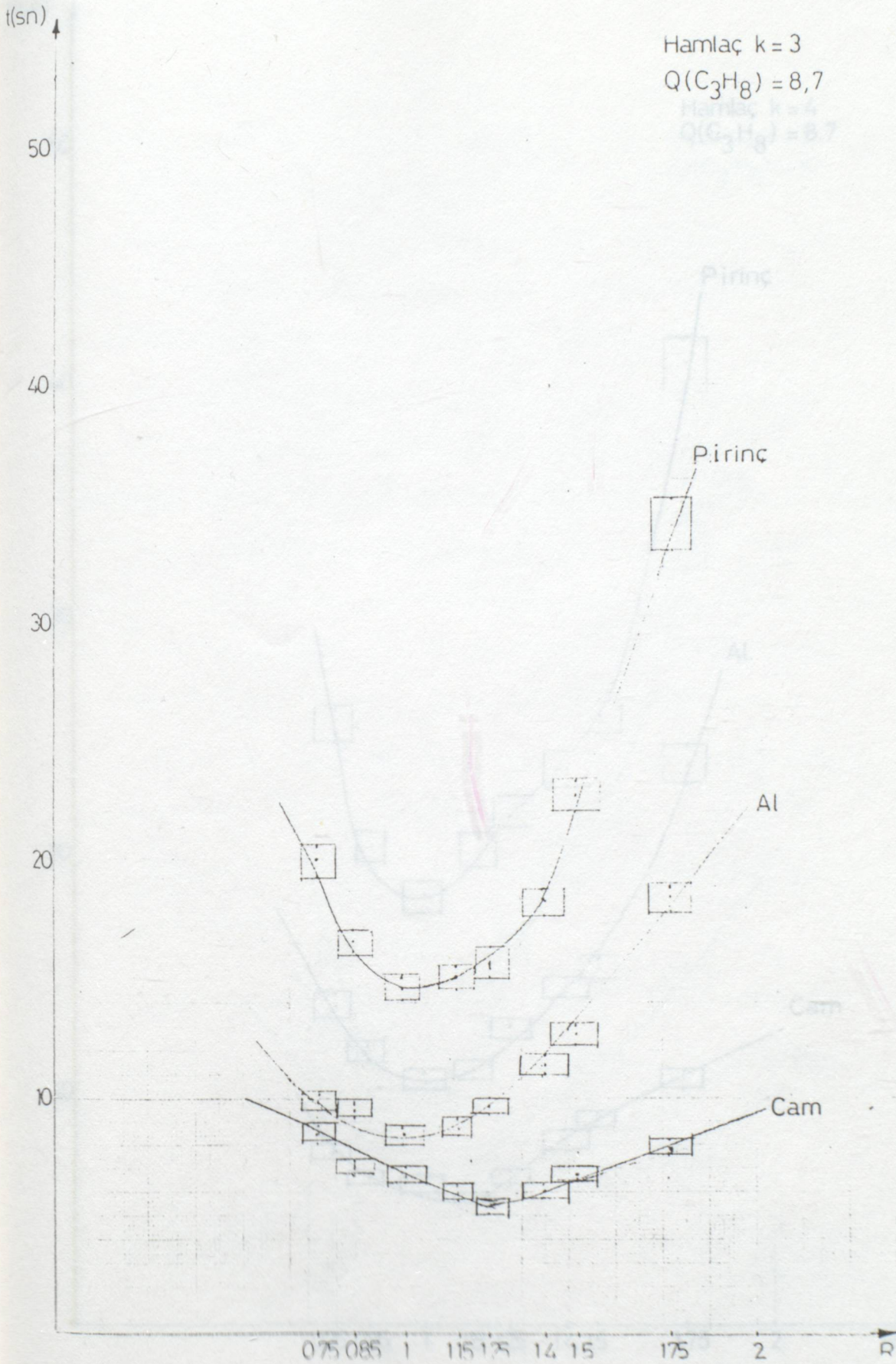
Grafik 5. 3 Farklı Malzeme ile, 8 Ayrık Yakıt Zenginliğinin Kesme

sureci ile Değişimi (0.75 - 2.0 R, 7.3 K.3)



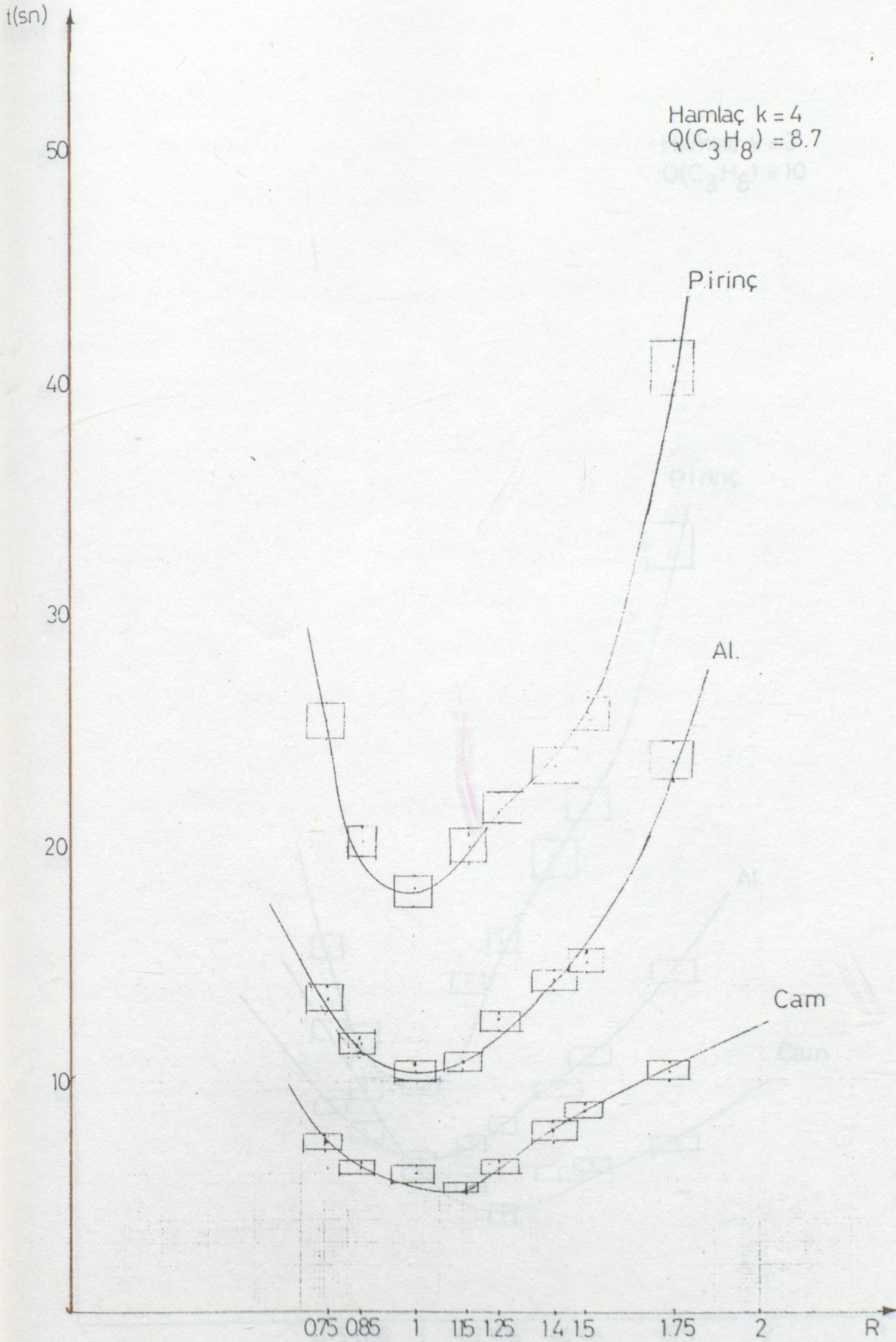
Grafik 6. 3 Farklı Malzeme ile, 8 Ayır Yakıt Zenginliğinin Kesme

Süresi ile Değişimi ($Q_{C_3H_8}=7,3; K=4$)

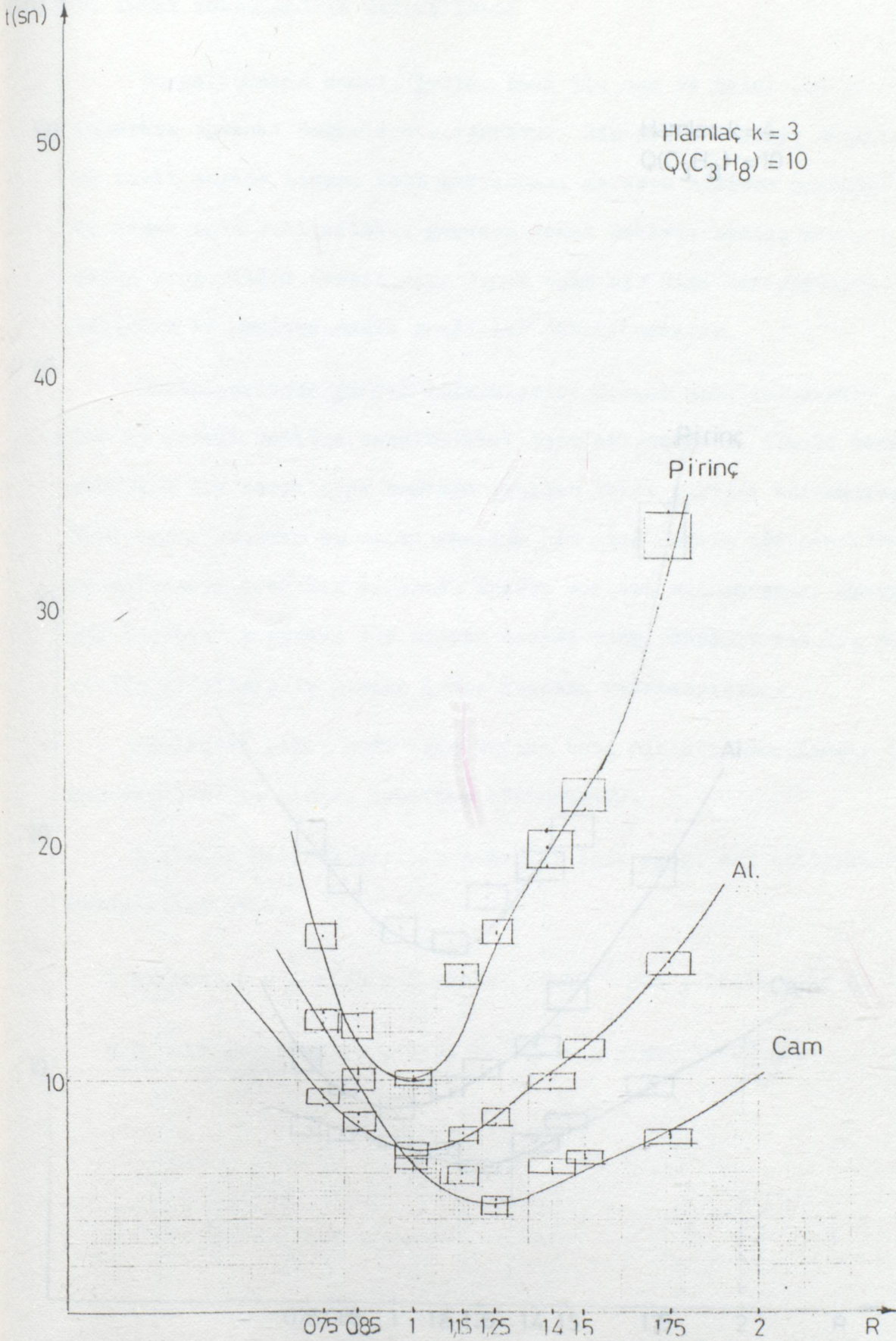


Grafik 7. 3 Farklı Malzeme ile, 3 Ayra Yakıt Zenginliğinin Kesme

Süresi ile Değişimi (Q = 8.7; K=3)



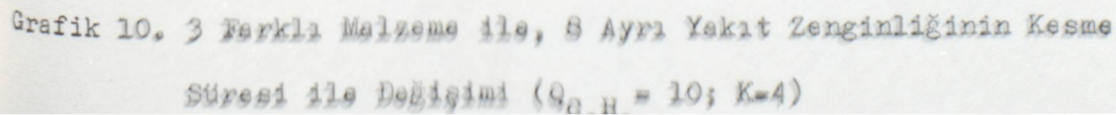
Grafik 8. 3 Farklı Malzeme ile, 8 Ayır Yakıt Zenginliğinin Kesme Süresi ile Değişimi ($Q_{C H} = 8,7$; $K=4$)



Grafik 9. 3 Farklı Malzeme ile, 8 Ayra Yakıt Zenginliğinin Kesme

Süresi ile Değişimi ($Q_{\text{C}_3\text{H}_8} = 10$; $K=3$)

Hamlaç $k = 4$
 $Q(C_3H_8) = 10$



5. DENey SONUÇLARININ TARTIŞILMASI

Bu çalışmanın amacı, propan gazı ile cam ve metal çubukları keserken optimal değerlere ulaşmaktır. Bir başka deyişle malzemeyi en hızlı sürede kesmek için harcanması gereken minimum enerjiyi elde etmek için kullanılması gereken yakıt debisi, hamlaç kolu, yakıtça zenginliğin tespitidir. Bunun için bir dizi hesaplamalar, tablolar ve bunlara bağlı grafikler düzenlenmiştir.

Hesaplamalarda şu yol izlenmiştir: Propan debileri farklı kollar ve farklı yakıtça zenginlikler için bulunmuştur, ilgili kesme süreleri ile çarpılarak hacimce yakılan yakıt miktarı bulunmuştur. Daha sonra bulunan bu değer yakıtın alt ısı değeri ile çarpılmış ve malzemeyi keserken harcanan enerji miktarı bulunmuştur. Spesifik güç hesabını yaparken ise propan debisi yine propanın alt ısı değeri ile çarpılmış ve hamlaç çıkış kesitine oranlanmıştır.

Hamlaçtan çıkış hızı için toplam debi miktarı hesaplanmış (propan+oksijen) ve hamlaç kesitine bölünmüştür.

Tablolar halinde verilen değerler için aşağıdaki eşitliklerden faydalanılmıştır.

$$1 \text{ lt/sn} \times 3,6 = 1 \text{ m}^3/\text{h} ; 1 \text{ kcal} = 1,16 \times 10^{-3} \text{ kwh} ; 1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}.$$

$$\text{C}_3\text{H}_8 \text{ alt ısı değeri} = 25,4 \left(\frac{\text{kwh}}{\text{m}^3} \right) = 21896,5 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{m}^3} \right)$$

Tablo 5. Piring Malzeme İçin Hesaplar Debi C_3H_8 7,3, K=3

R	$Q_{C_3H_8} (m^3/h)$	t(h)	$V_{C_3H_8} (m^3)$	Enerji (kcal)	$Q_{O_2} (m^3/h)$	$Q_T (m^3/h)$	V(m/sn)	$P_s (kcal/m^2 h)$
0,75	0,026	6,38 .10 ³	1.65.10 ⁻⁴	3,612	0,1692	0,1952	21,34	2.24x10 ⁸
1,25	0,026	5.87.10 ³	1,52x10 ⁻⁴	3,34	0,1044	0,1304	14,26	2.24x10 ⁸
1,75	0,026	0,011	2,86x10 ⁻⁴	6,26	0,076	0,102	11,23	2.24x10 ⁸

Tablo 6. Piring Malzeme İçin Hesaplar Debi $C_3H_8 = 7,3$, $K=4$

R	$Q_{C_3H_8} (m^3/h)$	t(h)	$V_{C_3H_8} (m^3)$	Enerji (kcal)	$Q_{O_2} (m^3/h)$	$Q_T (m^3/h)$	V(m ³ /sn)	$P_S (kcal/m^2h)$
0,75	0,026	$7,7 \times 10^{-3}$	$2,02 \times 10^{-4}$	4,42	0,1728	0,1988	18,53	$1,91 \times 10^8$
1,25	0,026	$7,61 \times 10^{-3}$	$1,97 \times 10^{-4}$	4,33	0,105	0,131	12,22	$1,91 \times 10^8$
1,75	0,026	0,014	$3,64 \times 10^{-4}$	7,97	0,0748	0,1	9,403	$1,91 \times 10^8$

Tablo 7. Piring Malzeme için Hesaplar debi $C_3H_8 = 8,7$, $K=3$

R	$Q_{C_3H_8} (m^3/h)$	t(h)	$V_{C_3H_8} (m^3)$	Enerji (kcal)	$Q_{O_2} (m^3/h)$	$Q_T (m^3/h)$	V(m/sn)	$P_s (kcal/m^2h)$
0,75	0,028	$5,62 \times 10^{-4}$	$1,57 \times 10^{-4}$	3,44	0,2178	0,2458	26,88	$2,41 \times 10^8$
1,25	0,028	$4,43 \times 10^{-3}$	$1,24 \times 10^{-4}$	2,716	0,1296	0,1576	17,23	$2,41 \times 10^8$
1,75	0,028	$9,45 \times 10^{-3}$	$2,64 \times 10^{-4}$	5,793	0,09	0,118	12,9	$2,41 \times 10^8$

Tablo 8. Piring Malzeme İçin Hesaplar Debi $C_3H_8 = 8,7$, $K=4$

R	$Q_{C_3H_8}$ (m^3/h)	t(h)	$V_{C_3H_8}$ (m^3)	Enerji (kcal)	Q_{O_2} (m^3/h)	Q_T (m^3/h)	V(m/sn)	P_S (kcal/ m^2h)
0,75	0,028	$7,07 \times 10^{-3}$	$1,979 \times 10^{-4}$	4,33	0,2124	0,2404	22,4	$2,05 \times 10^8$
1,25	0,028	$6,02 \times 10^{-4}$	$1,68 \times 10^{-4}$	3,67	0,1224	0,1504	14,01	$2,05 \times 10^8$
1,75	0,028	0,011	$3,08 \times 10^{-4}$	6,74	0,0864	0,1144	10,66	$2,05 \times 10^8$

Tablo 9. Piring Malzeme için Hesaplar Debi $C_3H_8 = 10$, $K= 3$

R	$Q_{C_3H_8} (m^3/h)$	t(h)	$V_{C_3H_8} (m^3)$	Enerji (kcal)	$Q_{O_2} (m^3/h)$	$Q_T (m^3/h)$	V(m/sn)	$P_s (kcal/m^2h)$
0,75	0,037	$4,53 \times 10^{-3}$	$1,67 \times 10^{-4}$	3,67	0,2448	0,2818	30,81	$3,19 \times 10^8$
1,25	0,037	$4,49 \times 10^{-3}$	$4,49 \times 10^{-3}$	3,64	0,1476	0,1846	20,188	$3,19 \times 10^8$
1,75	0,037	$9,2 \times 10^{-3}$	$3,4 \times 10^{-4}$	7,45	0,1044	0,1414	15,46	$3,19 \times 10^8$

Tablo 10. Piring Malzeme için Hesaplar, Debi $C_3H_8 = 10$, $K=4$

R	$Q_{C_3H_8} (m^3/h)$	t(h)	$V_{C_3H_8} (m^3)$	Enerji (kcal)	$Q_{O_2} (m^3/h)$	$Q_T (m^3/h)$	V(m/sn)	$P_s (kcal/m^2 h)$
0,75	0,037	$5,58 \times 10^{-3}$	$2,06 \times 10^{-4}$	4,52	0,252	0,285	26,97	$2,71 \times 10^8$
1,25	0,037	$4,89 \times 10^{-3}$	$1,8 \times 10^{-4}$	3,96	0,1548	0,1918	17,87	$2,71 \times 10^8$
1,75	0,037	$9,24 \times 10^{-3}$	$3,41 \times 10^{-4}$	7,48	0,1044	0,1414	13,18	$2,71 \times 10^8$

Tablo 11. Cam Malzeme İçin Hesaplar debi $C_3H_8 = 7,3$, $K=3$

R	$Q_{C_3H_8} (m^3/h)$	t(h)	$V_{C_3H_8} (m^3)$	Enerji (kcal)	$Q_{O_2} (m^3/h)$	$Q_T (m^3/h)$	V(m/sn)	$P_s (kcal/m^2 h)$
1,15	0,025	$1,6 \times 10^{-3}$	$4,025 \times 10^{-5}$	0,881	0,1116	0,1366	14,93	$2,15 \times 10^8$
1,25	0,025	$1,68 \times 10^{-3}$	$4,2 \times 10^{-5}$	0,919	0,1044	0,1294	14,15	$2,15 \times 10^8$

Tablo 12. Cam Malzeme İçin Hesaplar debi $C_3H_8 = 7,3$, $K=4$

R	$Q_{C_3H_8} (m^3/h)$	t(h)	$V_{C_3H_8} (m^3)$	Enerji (kcal)	$Q_{O_2} (m^3/h)$	$Q_T (m^3/h)$	V(m/sn)	$P_s (kcal/m^2 h)$
1,15	0,025	$1,67 \times 10^{-3}$	$4,175 \times 10^{-5}$	0,914	0,1152	0,1402	13,06	$1,83 \times 10^8$
1,25	0,025	$1,72 \times 10^{-3}$	$4,3 \times 10^{-5}$	0,941	0,1051	0,1301	12,12	$1,83 \times 10^8$

Tablo 13. Cam Malzeme için Hesaplar Debi $C_3H_8 = 8,7$, $K = 3$

R	$Q_{C_3H_8} (m^3/h)$	t(h)	$V_{C_3H_8} (m^3)$	Enerji (kcal)	$Q_{O_2} (m^3/h)$	$Q_T (m^3/h)$	V(m/sn)	$P_S (kcal/m^2h)$
1,15	0,028	$1,68 \times 10^{-3}$	$4,7 \times 10^{-5}$	1,03	0,144	0,172	18,81	$2,41 \times 10^8$
1,25	0,028	$1,54 \times 10^{-3}$	$4,3 \times 10^{-5}$	0,94	0,1296	0,1576	17,23	$2,41 \times 10^8$

Tablo 14. Cam Malzeme için Hesaplar Debi $C_3H_8 = 8,7$, $K = 4$

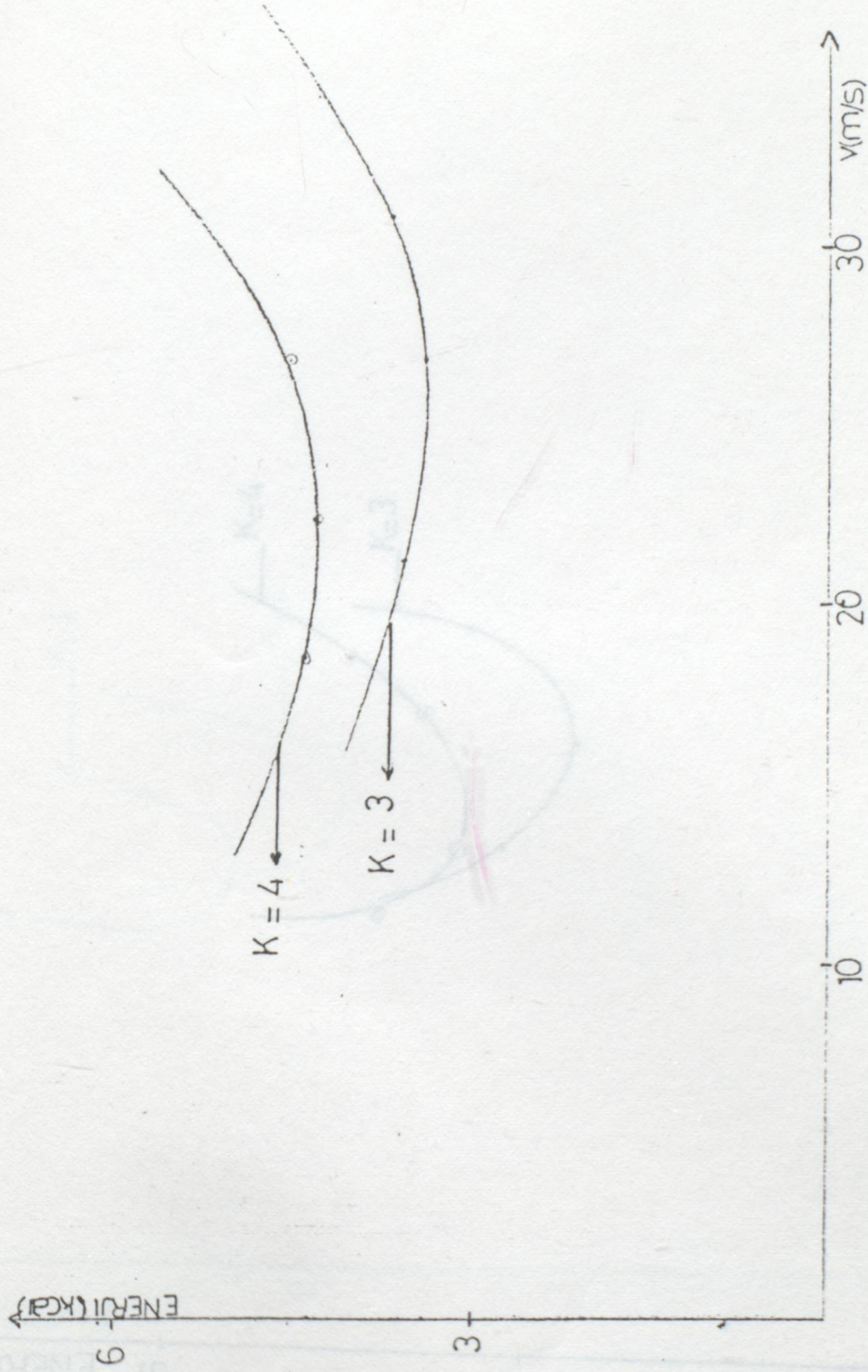
R	$Q_{C_3H_8} (m^3/h)$	t(h)	$V_{C_3H_8} (m^3)$	Enerji (kcal)	$Q_{O_2} (m^3/h)$	$Q_T (m^3/h)$	V(m/sn)	$P_S (kcal/m^2h)$
1,15	0,028	$1,51 \times 10^{-3}$	$4,2 \times 10^{-5}$	0,925	0,1404	0,1684	15,69	$2,05 \times 10^8$
1,25	0,028	$1,76 \times 10^{-3}$	$4,92 \times 10^{-5}$	1,079	0,1224	0,1504	14,01	$2,05 \times 10^8$

Tablo 15. Cam Malzeme İçin Hesaplar Debi $C_3H_8 = 10$ K=3

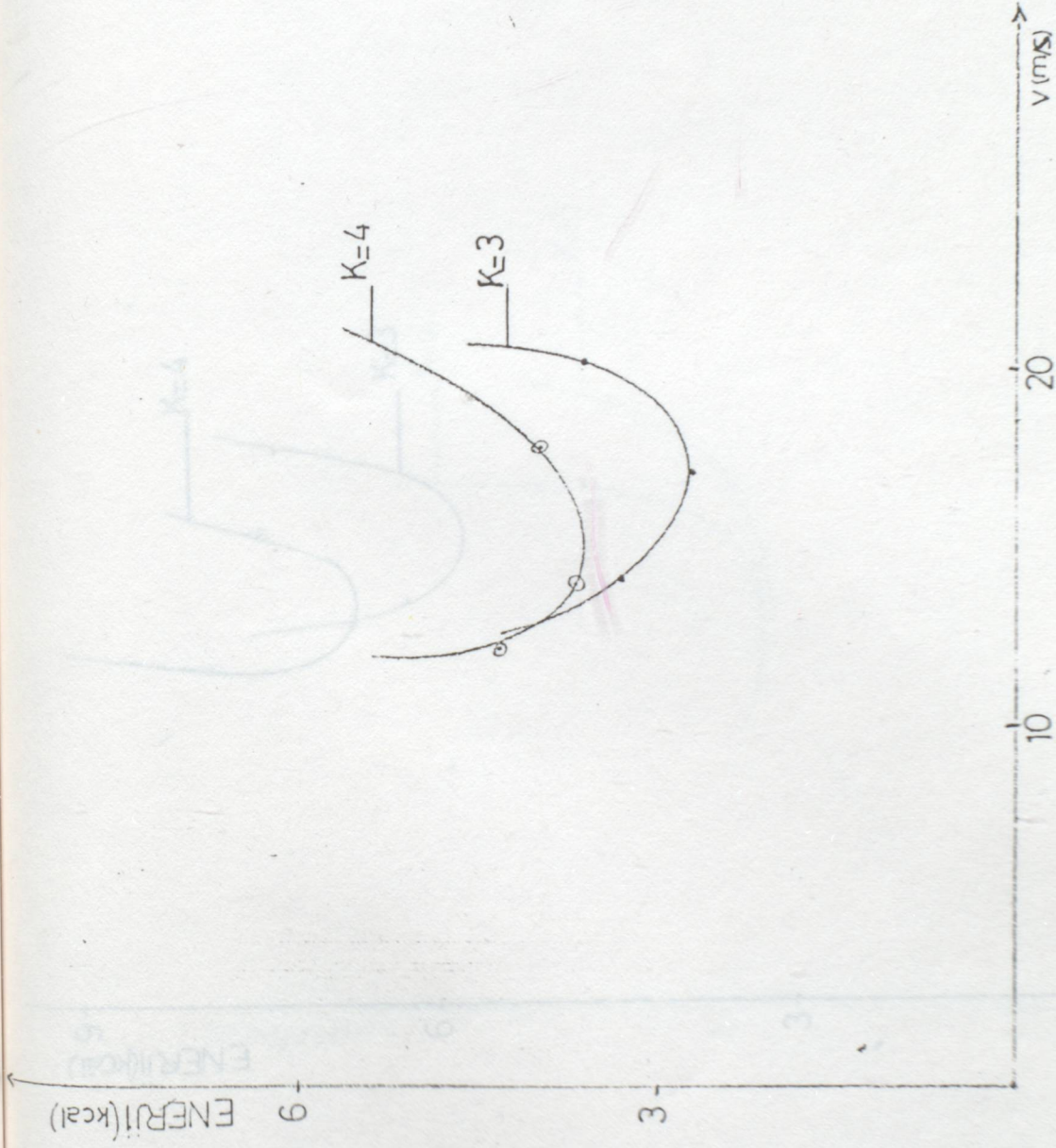
R	$Q_{C_3H_8}$ (m^3/h)	t(h)	$V_{C_3H_8}$ (m^3)	Enerji (kcal)	Q_{O_2} (m^3/h)	Q_T (m^3/h)	V(m/sn)	P_s (kcal/ m^2h)
1,15	0,037	$1,67 \times 10^{-5}$	$6,18 \times 10^{-5}$	1,352	0,1548	0,1918	20,97	$3,19 \times 10^8$
1,25	0,037	$5,77 \times 10^{-5}$	$5,77 \times 10^{-5}$	1,263	0,1476	0,1846	20,18	$3,19 \times 10^8$

Tablo 16. Camın Malzeme İçin Hesaplar Debi $C_3H_8 = 10$, K=4

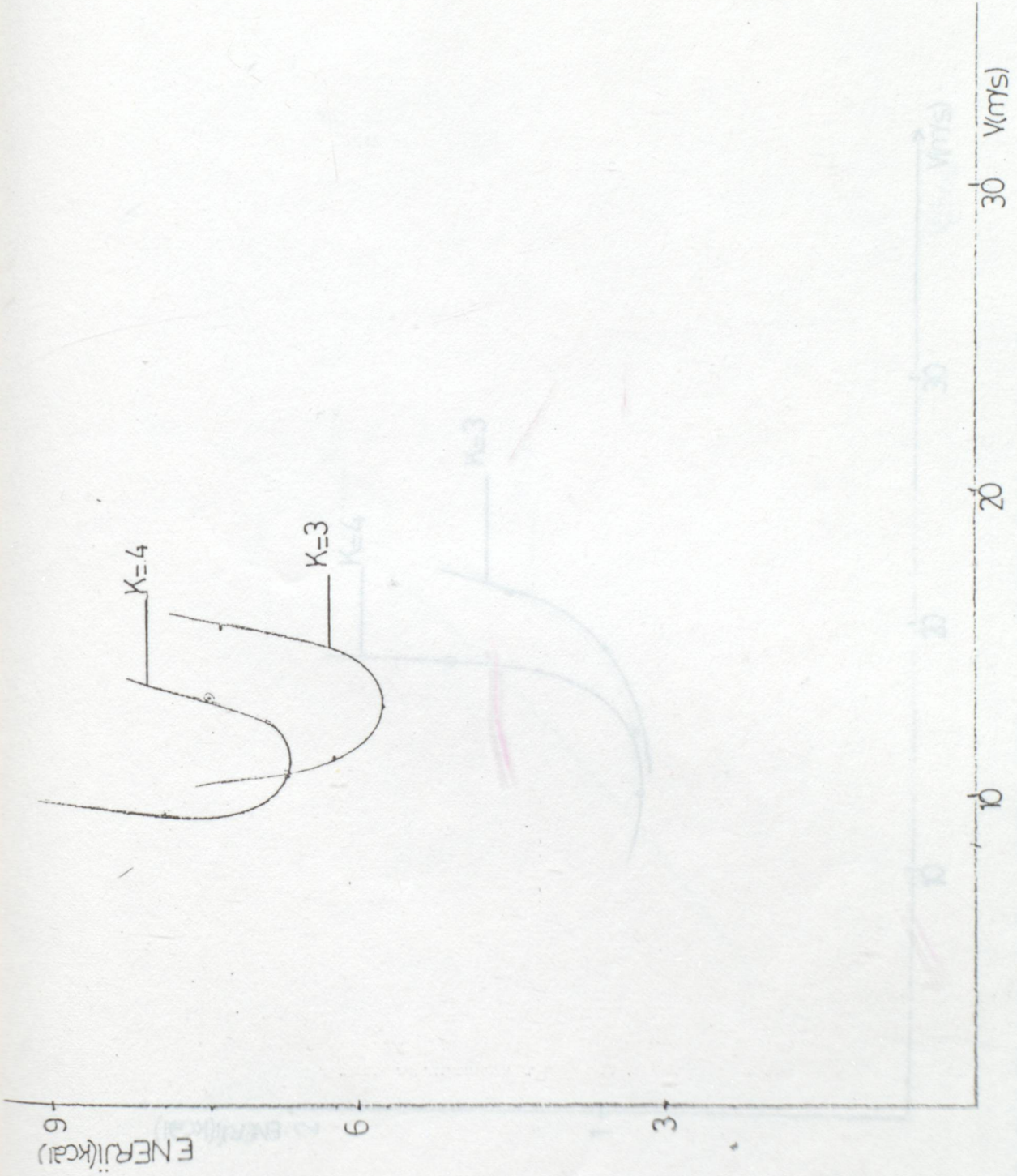
R	$Q_{C_3H_8}$ (m^3/h)	t(h)	$V_{C_3H_8}$ (m^3)	Enerji (kcal)	Q_{O_2} (m^3/h)	Q_T (m^3/h)	V(m/sn)	P_s (kcal/ m^2h)
1,15	0,037	$1,89 \times 10^{-3}$	$6,99 \times 10^{-5}$	1,531	0,1584	0,1954	18,21	$2,71 \times 10^8$
1,25	0,037	$1,67 \times 10^{-3}$	$6,179 \times 10^{-5}$	1,353	0,1548	0,1918	17,87	$2,71 \times 10^8$



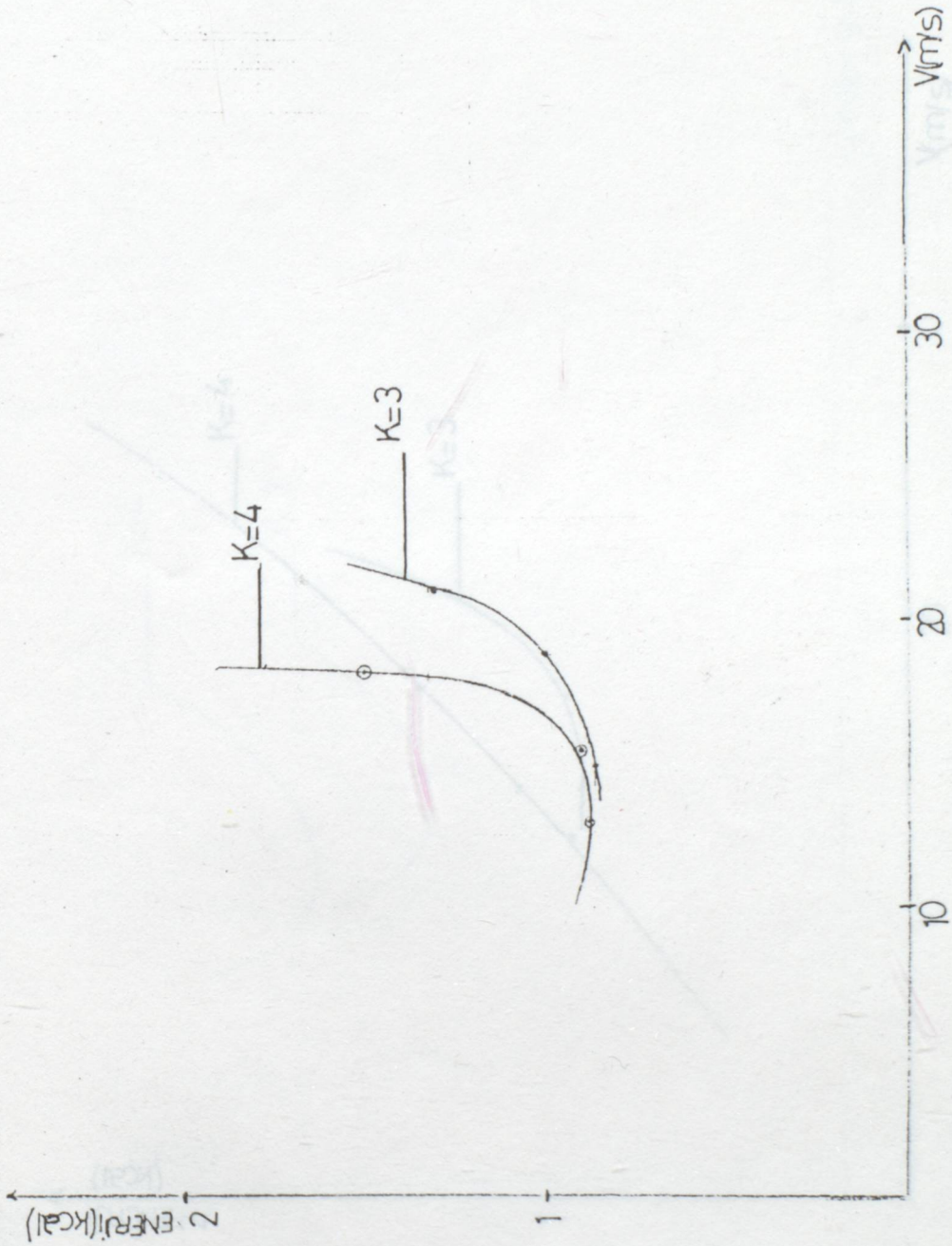
Grafik 11. Piring ile $R=0,75$ için 3 Farklı Debi, 2 Farklı Kolda Çıkış Hızlarının , Enerjiyle Değişimi



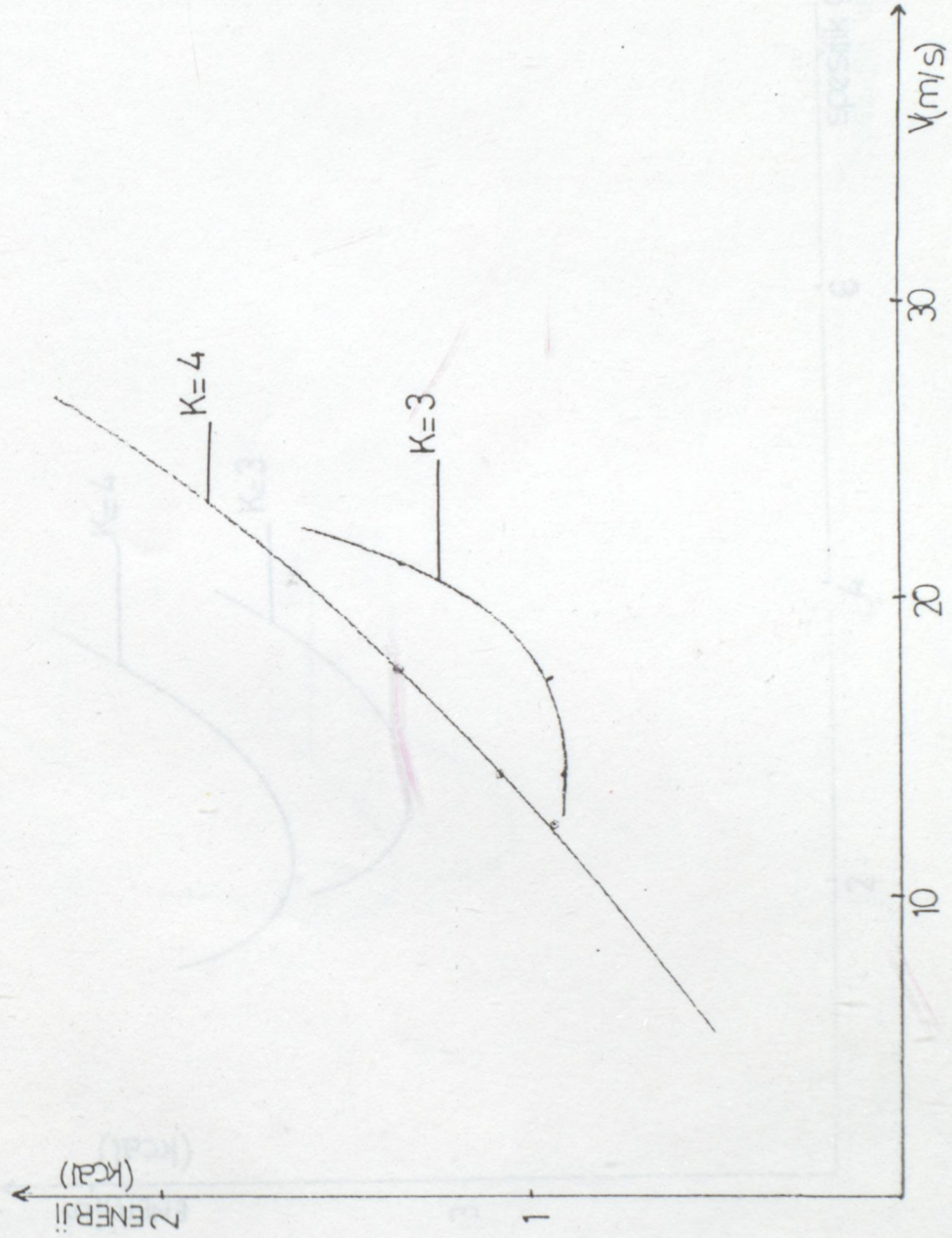
Grafik 12. Piring ile $R=1,25$ için 3 Farklı Dehide, 2 Farklı Hızlarında Enerjiyle Değişimi



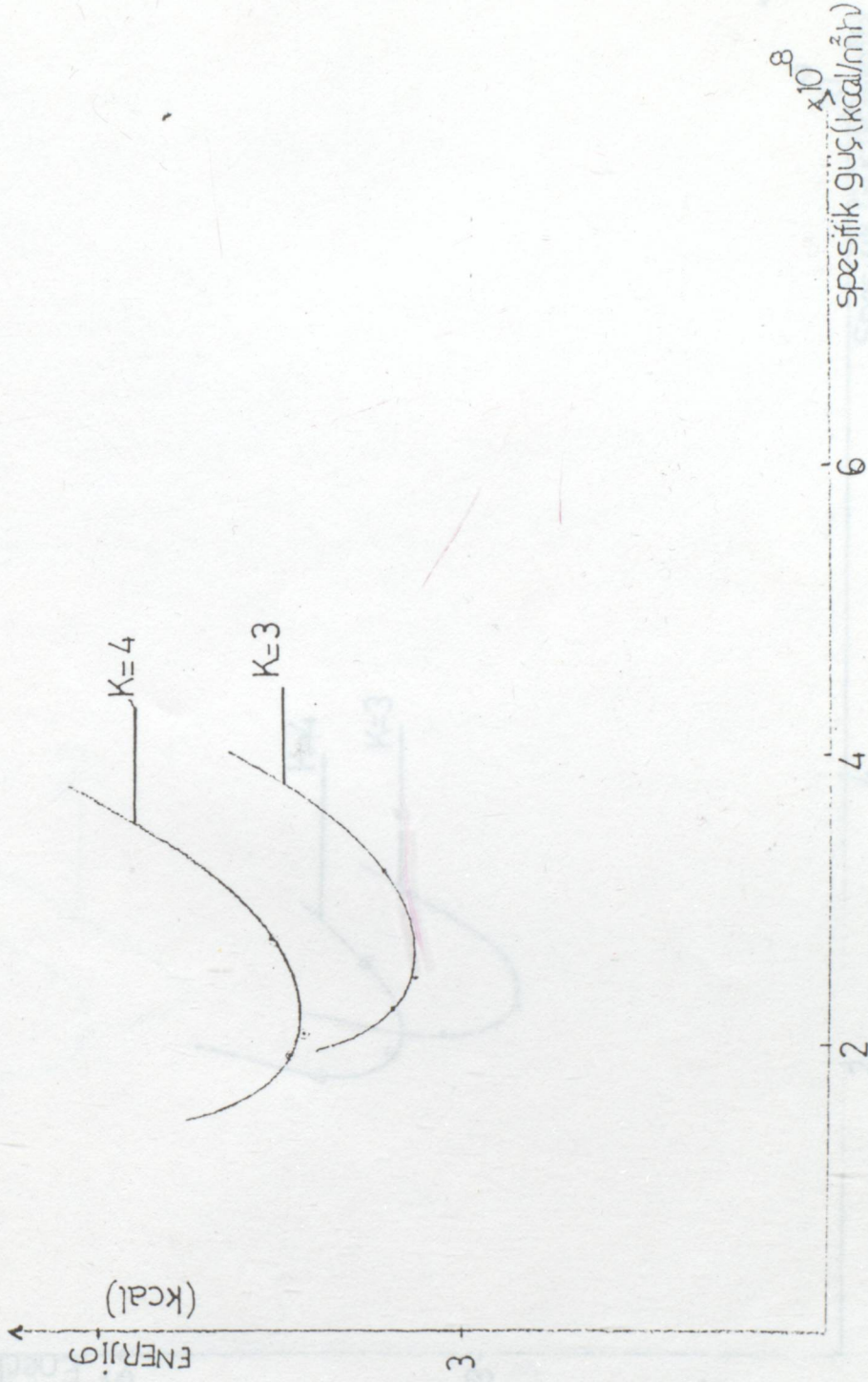
Grafik 13. Piring ile $R=1,75$ için 3 Farklı Debide, 2 Farklı Kolda Çıkış Hızlarının Enerjiyle Değişimi



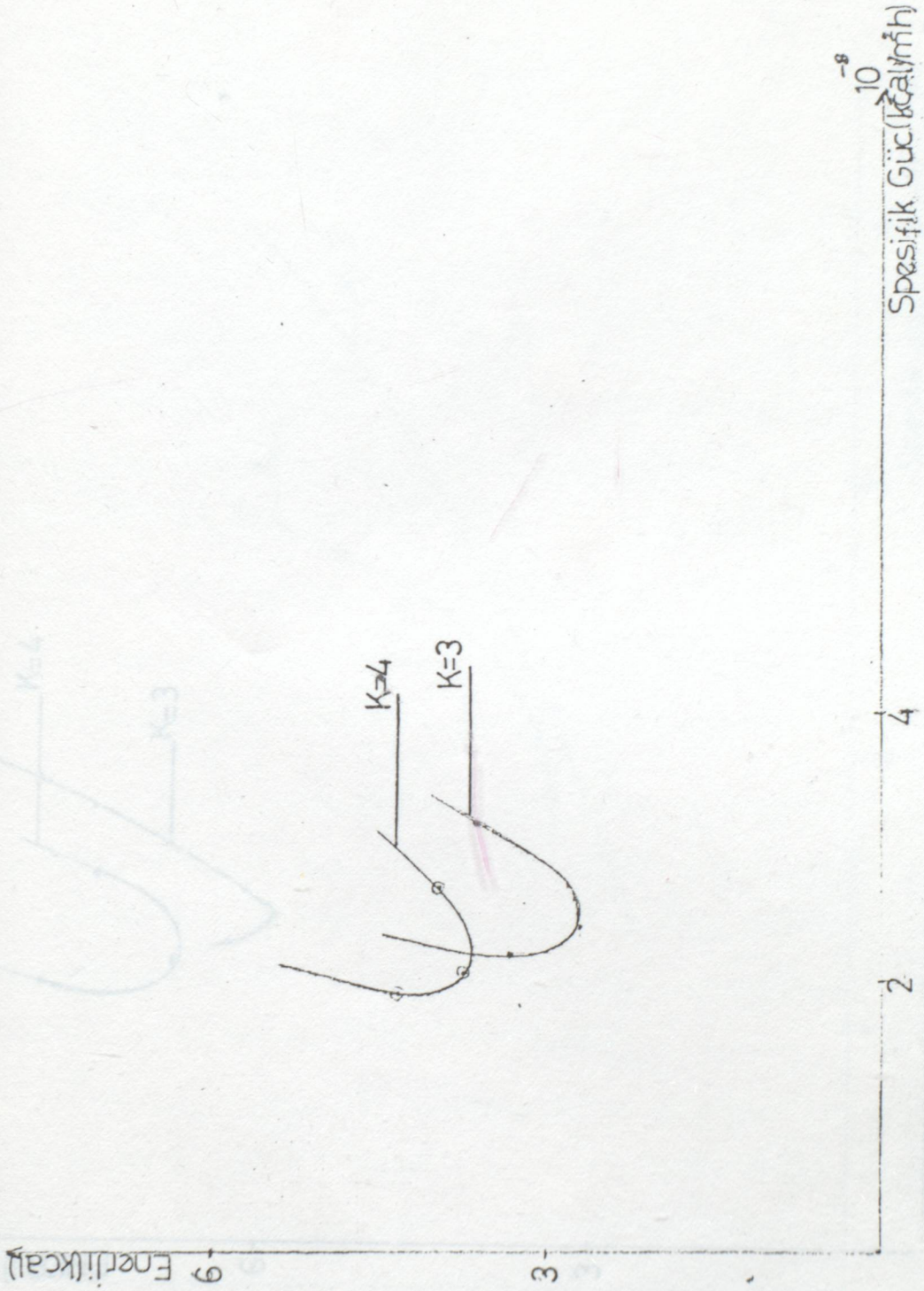
Grafik 14. Cam ile R=1,15 için 3 Farklı Debide, 2 Farklı Kolda Çıkış Hızlarının Enerjiyle Değişimi



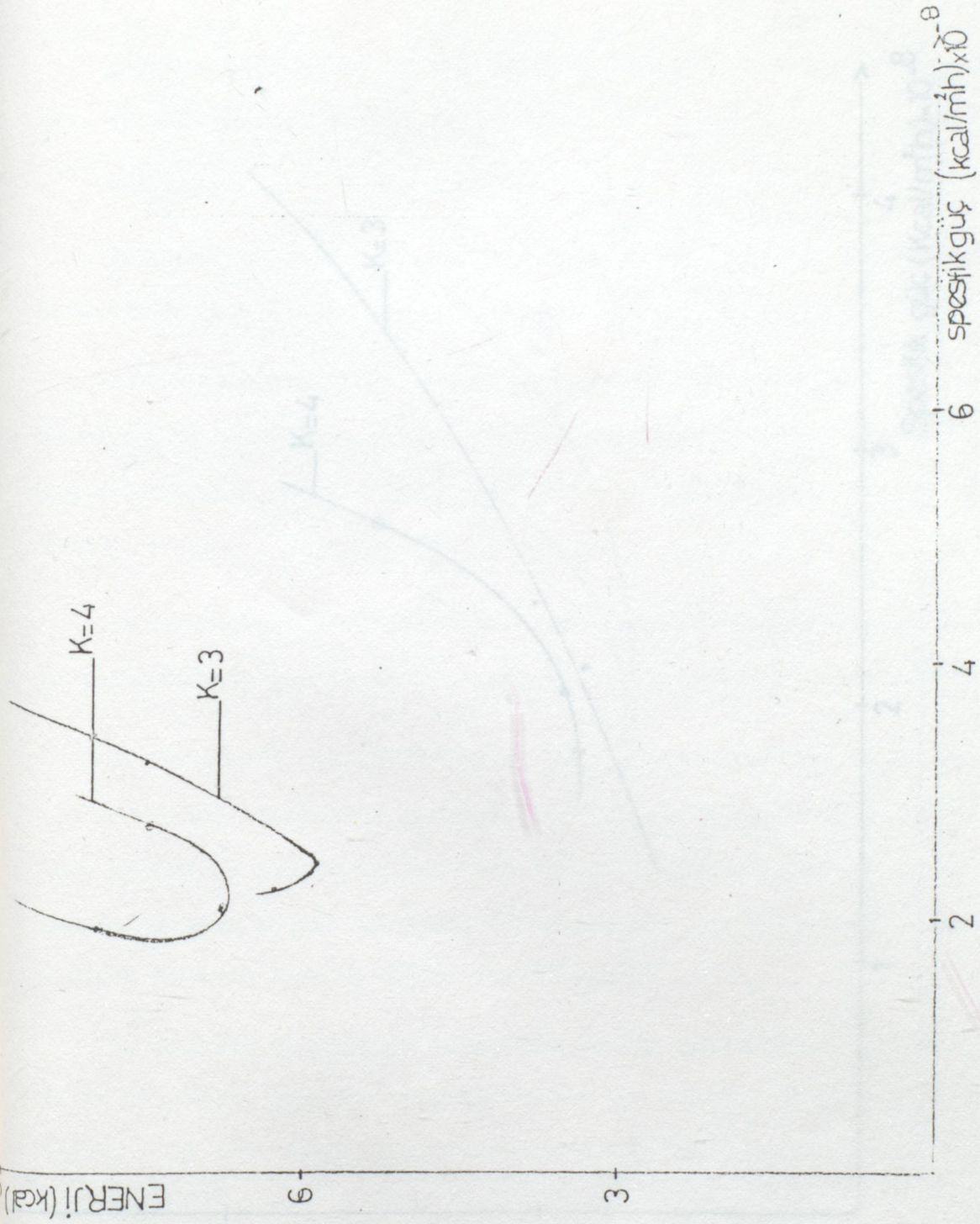
Grafik 15. Cam ile $R=1,25$ için 3 Farklı Debi, 2 Farklı Kolda, Çıkış Hızlarının Enerji ile Değişimi



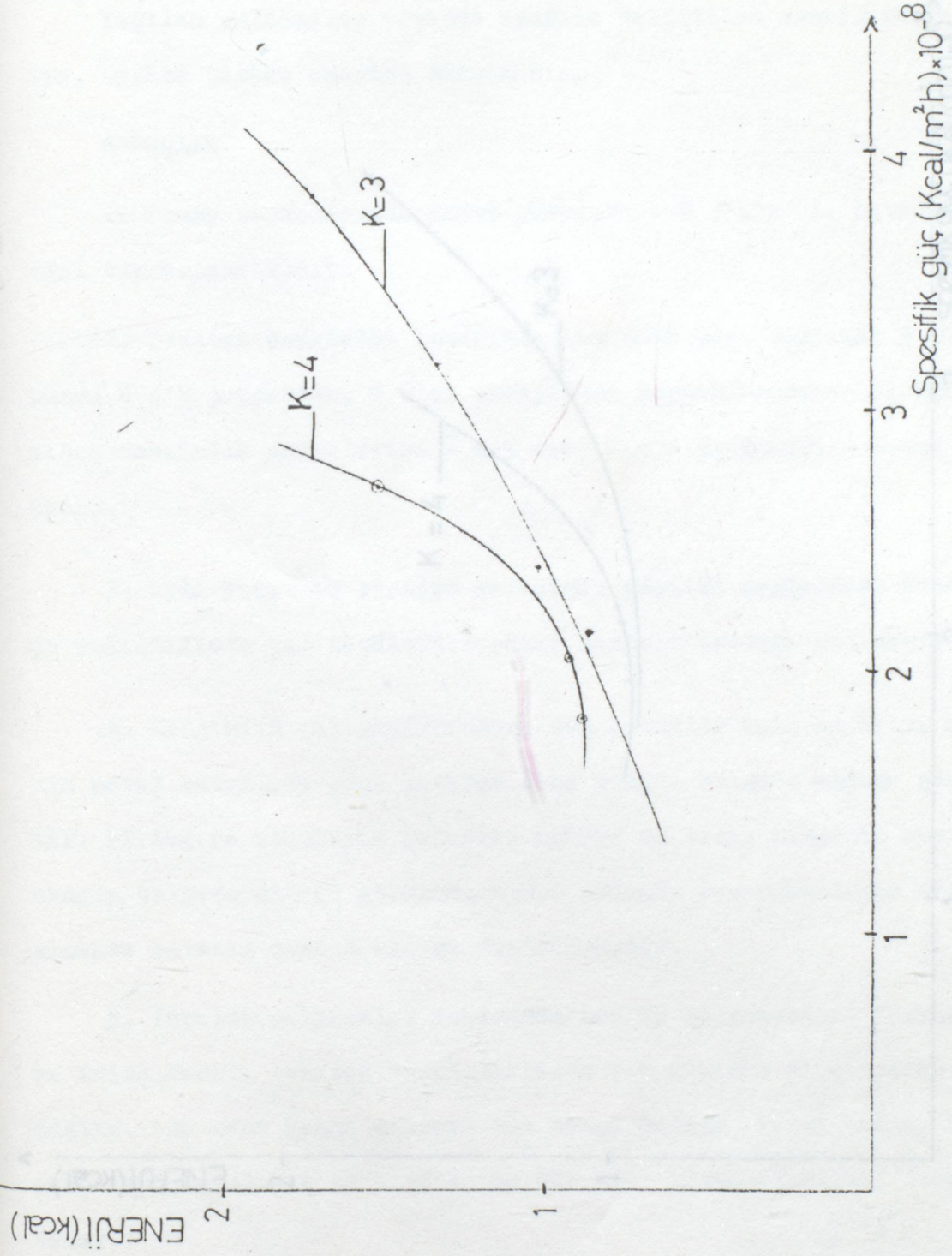
Grafik 16. Piring ile $R=0,75$ için 3 Farklı Debi, 2 Farklı Kolda Spesifik Gücün, Enerji ile Değişimi



Grafik 17. Piring ile R=1,25 için 3 Farklı Debiye 2 Farklı Kolda Spesifik Gücün Enerji ile Değişimi



Grafik 18. Piring ile $R=1,75$ için 3 Farklı Değide, 2 Farklı Kolda Spesifik Gücün Enerji ile Değişimi



Grafik 19. Cam ile $R=1,15$ için 3 Değişik Debi de 2 Farklı Kolda, Spesifik Gücün Enerjiyle Değişimi

VI. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmalar sonunda aşağıda belirtilen sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca birkaç öneride sunulmaktadır.

SONUÇLAR

1. Deney sonuçlarının yama eğrileri $\pm 5\%$ kadar bir hatayı içermektedir.

2. Yakıtın zenginlik oranının 1.25 ile 1.5 arasında değiştiğinde 5% kadar bir hatayı içermektedir. Bununla birlikte 4.4 propan, 5% kadar bir hatayı içermektedir. Yakıtın zenginlik oranının 1.25 ile 1.5 arasında değiştiğinde 5% kadar bir hatayı içermektedir.

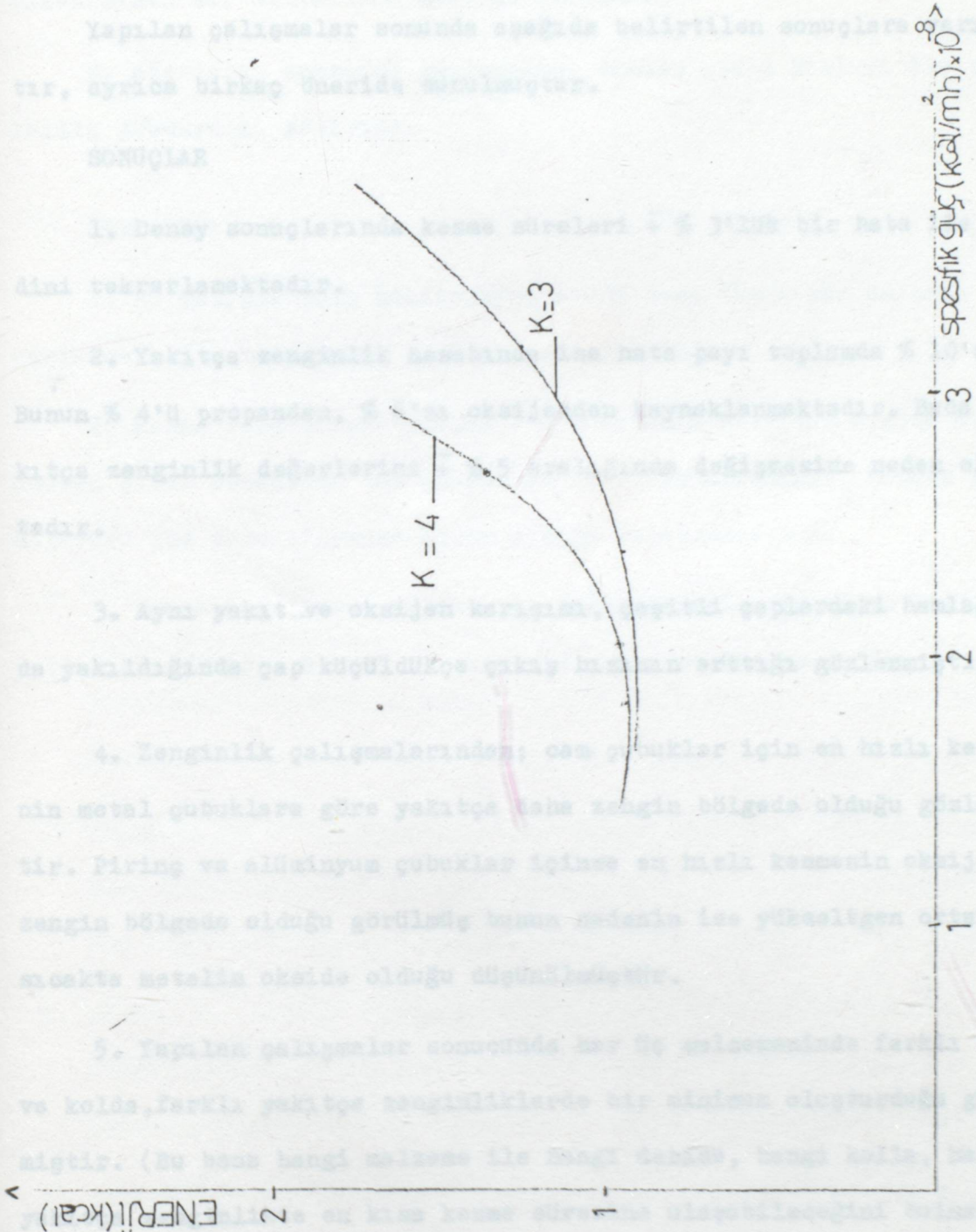
3. Aynı yakıt ve oksijen karışım oranında farklı yakıt türleri kullanıldığında yakıtın zenginlik oranının 1.25 ile 1.5 arasında değiştiğinde 5% kadar bir hatayı içermektedir.

4. Zenginlik oranlarında, cam çubuklar için en iyi sonuçlar elde edilmiştir. Piring ve alüminyum çubuklar için en iyi sonuçlar elde edilmiştir. Zenginlik oranlarında, cam çubuklar için en iyi sonuçlar elde edilmiştir. Piring ve alüminyum çubuklar için en iyi sonuçlar elde edilmiştir.

5. Yapılan çalışmalar sonunda 5% kadar bir hatayı içermektedir. Bu sonuçlar, cam çubuklar için en iyi sonuçlar elde edilmiştir. Piring ve alüminyum çubuklar için en iyi sonuçlar elde edilmiştir.

6. Her deney için, her yakıt için enerji miktarı, yakıtın zenginlik oranı ve yakıtın zenginlik oranı belirlenmiştir.

7. Beklenen en iyi sonuçlar, cam çubuklar için en iyi sonuçlar elde edilmiştir.



Grafik 20. Cam ile R=1,25 için 3 Değişik Debi 2 Farklı Kolda Spesifik Gücün Enerjiyle Değişimi

VI. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmalar sonunda aşağıda belirtilen sonuçlara varılmıştır, ayrıca birkaç öneride sunulmuştur.

SONUÇLAR

1. Deney sonuçlarında kesme süreleri $\pm$ % 3'lük bir hata ile kendini tekrarlamaktadır.
2. Yakıtça zenginlik hesabında ise hata payı toplamda % 10'dur. Bunun % 4'ü propandan, % 6'sı oksijenden kaynaklanmaktadır. Buda yakıtça zenginlik değerlerini $\pm$ % 5 aralığında değişmesine neden olmaktadır.
3. Aynı yakıt ve oksijen karışımı, çeşitli çaplardaki hamlaçlarda yakıldığında çap küçüldükçe çıkış hızının arttığı gözlenmiştir.
4. Zenginlik çalışmalarından; cam çubuklar için en hızlı kesmenin metal çubuklara göre yakıtça daha zengin bölgede olduğu gözlenmiştir. Piring ve alüminyum çubuklar içinse en hızlı kesmenin oksijence zengin bölgede olduğu görülmüş bunun nedeninin ise yükseltgen ortamda ve sıcakta metalin okside olduğu düşünülmüştür.
5. Yapılan çalışmalar sonucunda her üç malzemeninde farklı debide ve kolda, farklı yakıtça zenginliklerde bir minimum oluşturduğu gözlenmiştir. (Bu bana hangi malzeme ile hangi debide, hangi kolla, hangi yakıtça zenginlikte en kısa kesme süresine ulaşabileceğini bulmama yaradı).
6. Her hamlaç için, her malzeme için enerji açısından en verimli debi ve yakıtça zenginlikler bulundu.
7. Beklenenin aksine enerji açısından en verimli halin en hızlı

durumda olmadığı ve belli debilerde, belli çıkış hızları için enerji tüketiminin bir minimumdan geçtiği gözlemlendi.

8. Alevlerin spesifik güçlerinin, hamaç çıkış hızları ile paralellik gösterdiği gözlemlendi.

ÖNERİLER:

1. Bu çalışma için kalibrasyon etüdü daha büyük bir balonla tekrarlanması ile hata oranı dahada azaltılabilir.

2. Kesme sürelerinde oluşan $\pm$ % 3 hatanın bazı durumlarda alev ucunun çubuk merkezine tam oturmamasından kaynaklandığı, burada hamaç kılavuzu ile düzeltilememesinden olduğu belirlenmiştir.

3. Bu çalışma bütün yakıtlarla tekrarlanmalı, yakıt ve oksijen fiyatlarını gözönüne alarak en ekonomik kesme belirlenmelidir.

KAYNAKLAR

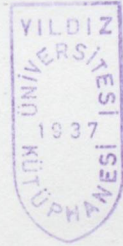
1. SARAÇ, A., "Değişik Alevlerden Metallere Isı İletiminin Kıyaslanması için Alevin Cam ve Metal Çubukları Kesme Sürelerine Dayalı Bir Yöntem", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Üniv, İstanbul (1990).
2. KOCABIYIK S., "Gaz Yakıt-Oksijen Ön Karışımli Alevlerinin Yanma Hızlarını Ölçmek için Bir Yöntem Geliştirilmesi" Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Üniv, İstanbul (1990).
3. KADIRGAN, M.A.N., "Oksijen-Gaz Yakıt Alevlerinde Kimyasal Denge" İ.T.Ü. İkinci Yanma Sempozyumu Bildirisi, Özet Kitabı, 3, İstanbul 18-20 Eylül (1989).
4. GÜLEN, J., SARAÇ, A., KADIRGAN, M.A.N., "Gaz Yakıt-Oksijen Alevlerinin Metal Çubukları Kesme Sürelerini Ölçerek Bu Alevlerden Isı İletiminin Kıyaslanması", KİMYA 89, VI Kimya ve Kimya Mühendisliği Sempozyumu Bildirisi, 50,51, Kuşadası, (9-14 Ekim 1989).
5. GENÇELİ, O., "Doğal Gaza İlişkin Genel Bilgiler" Makina Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, Doğal Gaz Tesisatı ve Doğal Gaza Dönüşüm Seminer Notları, İstanbul, (9-13 Ocak 1989).
6. GÜLEN, J., SARAÇ, A., KADIRGAN, M.A.N., "Gaz Yakıt-Oksijen Alevlerinden Metallere Isı İletiminin Ölçülmesi İçin Bir Yöntem " İ.T.Ü. İkinci Yanma Sempozyumu Bildirimi, 26, İstanbul (18-20 Eylül 1989).
7. Collection des Techniques Gazières., "La Combustion des gaz et les Flammes" Societe du Joufnal des Usines a Gaz Paris-France.
8. W.A. GRAY., J.K.KILHAM., R.MÜLLER., "Heat Transfer From Flames" Elek Science , LONDON (1976).
9. J. FRANÇOIS SACADURA., "Initiation Aux transferts Thermiques" Technique et Documentation Paris (1978).

10. KADIRGAN, M.A.N., "Doğal Gazın Yanma Özellikleri, Yanma Ürünleri ve Hava Kirliliği", Kimya Müh. Odası Doğal Gaz Okulu Notları, 221-221-225, 227-232 İstanbul 1990).
11. GAZ DE FRANCE., "Combustion Des Gaz "Centre De Formation De LYON-GERLAND, LYON (1989).
12. GAZ DE FRANCE., "Elements D'utilisation Des Gaz" Ecole Nationale De Metiers, Nantes. MONTLUC (1989).
13. GAZ De FRANCE., "Combustibles Gazeux et Principes De La Combustion" PARIS (1984).
14. G. DUBOZ., "Caracteristiques Des flammes" Soudage et Techniques Connexes-OCAK (1979).
15. M. GEORGES ZAMLOUTİ., "Etude Theorique Sur Le Transfer De Chaleur A Partir Des Flammes De Combustible Gazeux" Rapport De D.E.A Universite De Poitiers, POITIERS (1978).
16. A.D. HEWITT., "Technology of Oxy-Fuel Gas Processes" Comparative Combustion Properties of Fuel Gases 40(11), 382-389, (1971).
17. A.D. HEWITT., "Technology of oxy-Fuel Gas Processes The Choice of Suitable Fuel Gases" Welding and Metal Fabrication, 40(12), 416-422, (1972).
18. A.D. HEWITT., "Technology of Oxy-Fuel Gas Processes, General Principles Involved", Welding and Metal Fabrication, 40(10), 347-350 (1972).
19. LEBEAU, P., "Les Hautes Temperatures et Leurs Utilisations en Chimie", Masson et cie, 11-16, 70-72, (1950).
20. George JASPOR., "Gas Service Technology" Second Edition British Gas, Great Britain (1990).

21. GRANT.LEAVENWORTH., "Statistical Quality Control", 15-74

Mc Graw Hill (1972).

1960 yılında İstanbul'a göçmü. İlk öğrenimini Erciyes'te ilköğretimde, orta ve lise öğrenimini ise Saint-Joseph Fransız Lisesinde tamamladı. 1984 yılında girdiği Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği bölümünde 1989'da öğrenimini bitirdi. Aynı yılın bahar döneminde bölümünde Yüksek Lisans öğrenimine başladı. 1989 mart ayında girdiği olduğu İTÜ'de (İstanbul Sanayi Enstitüsü) bu anda Anadolu Bölgesi devreye alınmış öğrencisi olarak çalışmaktadır. Fransızca ve İngilizce biliyorur.



ÖZGEÇMİŞ

1965 yılında İstanbulda doğdum. İlk öğrenimimi Kozyatağı İlkokulunda, orta ve lise öğrenimimi ise Saint-Joseph Fransız Lisesinde tamamladım. 1984 yılında girdiğim Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği bölümünü 1989 güz döneminde bitirdim. Aynı senenin bahar döneminde bölümümde Yüksek lisans öğrenimime başladım. 1989 mart ayında girmiş olduğum İGDAŞ'da (İstanbul Gaz Dağıtım A.Ş) Şu anda Anadolu Bölgesi devreye alma mühendisi olarak çalışmaktayım. Fransızca ve İngilizce biliyorum.

